

JB 本四高速情報

大島大橋での主ケーブル外装点検システムの実証試験

海峡部長大橋である本四連絡橋は、代替路がない重要構造物であり、200年以上の供用を目指し、予防保全を基本として維持管理を進めています。JB 本四高速グループでは、これらの維持管理業務をより効率的に実施するため、新しい点検手法の技術開発に取り組んでいます。今回紹介する「主ケーブル外装点検システム」は、吊橋の主ケーブル外装の点検を簡便かつ効率的に実施することを目指して開発を行っているものです。

主ケーブルは、吊橋にとって非常に重要な部材の一つであり、ケーブル送気乾燥システムの導入により、健全性の確保に努めています。仮にケーブル外装に施している塗装に割れ等の損傷が生じると、乾燥空気の漏れや水分の侵入によって防食性能が低下することとなるため、点検による早期発見が必要となります。主ケーブルの点検には、通常、ケーブル作業車を用いて行いますが、それには車線規制を行い、ラフタークレーンを用いてケーブル作業車をケーブル上に架設する必要があります（写真1）。また、ケーブル作業車は、ケーブル補修工事で多くの日数を使用するため、点検で使用できる日数が限られています。これら課題の解決に向け、ケーブル作業車を必要とせず、ケーブル上に人力で設置が可能な主ケーブル外装点検装置の開発が求められました。主ケーブル外装点検装置は、小型軽量の台車上にカメラ制御PCと電源ユニットを設置し、台車からは門型に主ケーブルを囲む形でカメラを配置しました（写真2）。

2022年度に試作品での屋内試験を開始し、2023年度に大島大橋実橋にて、屋外で使用可能な試作品による実証試験を行いました。その結果、主ケーブルの傾斜が通常傾斜（8°未満）の場合、急傾斜（24°）の場合ともに、主ケーブル全周を7つのカメラで連続撮影し、その画像による点検が可能であることを確認しました（写真3）。

今後、2023年度の試験結果で課題となった急傾斜での登坂時の駆動力支援、降坂時の制動力強化及び画像処理効率化などに取り組む予定です。



写真-1 ケーブル作業車架設状況

Photo 1 Installation of cable maintenance vehicle



写真-2 大島大橋中央 傾斜角 8° 未満

Photo 2 Center of Ohshima Bridge: inclination less than 8 degrees



写真-3 大島大橋側径間 傾斜角 24°

Photo 3 Side span of Ohshima Bridge: inclination of 24 degrees

Activity of HSBE

Demonstration test of the main cable exterior inspection system in Ohshima Bridge

The Honshu-Shikoku Bridges, as long-span bridges over straits, are important structures with no alternative route, and is maintained and managed on the basis of preventive maintenance, aiming for a service life of more than 200 years. We are working on the development of new inspection techniques to make these maintenance and repair operations more efficient.

The "Main Cable Exterior Inspection System" introduced here is being developed to facilitate and efficiently inspect the main cable exterior of suspension bridges.

Main cables are one of the most important components of suspension bridges, and we strive to ensure their integrity through a dry-air injection system. If the coating on the cable exterior were to crack or otherwise be damaged, corrosion would occur due to leakage of dry air and moisture intrusion, which requires early detection through inspection.

Inspections of main cables are usually performed using cable maintenance vehicle, which must be mounted on the cables by means of lane restrictions and a crane (Photo 1). Since cable maintenance vehicles are extensively used for cable repair work, the number of days they can be used for inspections has been limited.

To solve these issues, the development of a main cable exterior inspection system that can be installed and operated manually on the cable without the need for a cable maintenance vehicle was required.

The main cable exterior inspection system consists of a camera control PC and power supply unit on a compact and lightweight cart, and cameras are aligned on a portal frame surrounding the main cable. (Photo 2)

In 2022 lab test with a prototype started, and in 2023 verification test with another prototype that can be used outdoors was conducted on the Ohshima Bridge. As a result, it was confirmed that the entire circumference of the main cable can be inspected using images taken continuously by seven cameras at both normal (< 8 degrees) and steep (24 degrees) inclinations of the main cable. (Photo 3)

In the future, issues identified in 2023 test results, such as power assist in climbing, breaking power improvement in descending and improvement of image process efficiency, will be addressed.

国内プロジェクト

平戸大橋における床組縦桁連続化の構造検討

平戸大橋は、長崎県が管理する単径間 2 ヒンジ補剛トラス吊橋(最大支間長 465.4m)です。本橋の床組は、単径間、3 径間、4 径間のブロックの組み合わせであり、ブロック間は掛違い部として横目地(伸縮装置)が存在しています。この横目地からの雨水の漏水や厳しい塩害環境下で支承の腐食が進行し部材厚が減少したため、路面に段差が生じ、段差部を大型車両が通過することで衝撃的な荷重载荷が繰返し作用したことから、縦桁支点上補剛材と横桁下フランジとの溶接部に亀裂が生じています。横目地部は構造上の弱点であるため、補修対策として、将来の維持管理性を考慮し、支承の取替と併せて構造上の弱点を解消するため、床組縦桁連続化の構造検討を実施しました。

床組縦桁を連続化するにあたり、既設の上支材では、レベル 2 地震動に対する橋軸方向水平力に抵抗できる床組延長が 14m しかないため、支承条件を可動とする改良案が考えられました。全支点可動とした場合、中立位置への復元ができないため、常時・レベル 1 地震動時は支間中央の不動点部の支承を固定とし、その他の全支承を可動とする構造としました。この構造は、レベル 2 地震動に対して上支材・上横構の耐荷力を確保できないことから、不動点前後の支承線のストッパーの設計地震力をレベル 1 地震動とし、それ以上の地震力が作用した場合はストッパーが損傷し可動支承化します。一方、可動支承部は移動可能量には上限を設け、レベル 2 地震動時はストッパーにより、全支点が一定範囲以上の移動を拘束する構造となります。

床組縦桁連続化の工事は、1 期施工、2 期施工に分けており、1 期施工は令和 6 年 7 月から令和 9 年 3 月までの予定となっています。

(長崎県より情報提供して頂きました。)

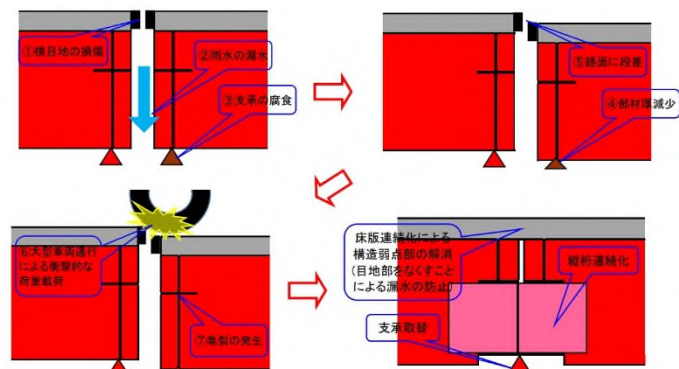


図-1 損傷発生および補修対策のイメージ図
Figure 1 Damages and repairs

Project in Japan

Structural Examination of Continuous Floor Framing Girders in the Hirado Bridge

The Hirado Bridge is a single-span, two-hinged stiffened truss suspension bridge with a maximum span length of 465.4 meters, managed by Nagasaki Prefecture. The bridge's floor system consists of a combination of single-span, three-span, and four-span blocks, with transverse joints (expansion devices) at the intersections between these blocks. Due to rainwater leakage from these joints and the progression of corrosion in the severe salt-damage environment, the thickness of the bearing members has decreased. This has resulted in unevenness on the road surface, leading to repeated impact loads when large vehicles pass over these sections. Consequently, cracks have developed in the welds between the vertical stiffeners and horizontal stiffeners. Since the transverse joints are structural weaknesses, we conducted a structural examination of continuous floor framing girders to address these weaknesses, along with the replacement of the bearings, considering future maintainability as part of the repairs.

To connect floor framing girders, the existing upper support structure can only resist horizontal forces in the longitudinal direction for up to 14 meters of the floor system under Level 2 seismic motion. Therefore, an improvement plan was considered to make the bearing conditions movable. If all supports were made movable, it would not be possible to restore to the neutral position. Therefore, under normal conditions and during Level 1 seismic motion, the bearings at the fixed points in the center of the span were fixed, while all other bearings were made movable. Since this structure cannot ensure the load-bearing capacity of the upper strut and upper lateral structure against Level 2 seismic motion, the design seismic force for the stoppers on the bearing lines in front and behind the fixed points was set to Level 1 seismic motion. If a greater seismic force is applied, the stoppers will be damaged, converting the bearings into movable ones. On the other hand, the movable bearings have an upper limit on their movement, and during Level 2 seismic motion, the stoppers will restrict all supports from moving beyond a certain range.

The construction for the continuous floor framing girders is divided into two phases. The first phase is scheduled from July 2024 to March 2027.

(This information was provided by Nagasaki Prefecture)

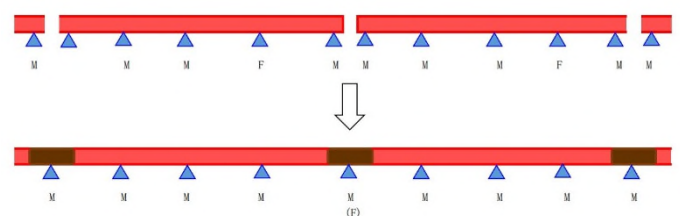


図-2 連続化イメージ図
Figure 2 Concept of continuous floor framing girder

国際会議

IABMAS2024 コペンハーゲン

2024年6月25日～27日の3日間、第12回橋梁の維持管理と安全性に関する国際会議（12th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management）がデンマークのコペンハーゲンで開催されました。

本会議は、1999年に設立された International Association for Bridge Maintenance and Safety（IABMAS）の協賛によって、2002年から概ね2年毎に開催されている会議です。今回で12回目の開催となり、過去には2004年に日本の京都で開催されています。

今回の会議テーマは、「橋梁の維持管理、安全性、マネジメント、デジタル化、持続可能性」であり、基調講演10件、査読が行われた計470件の論文が44ヶ国から投稿され、11の会議室で50を超えるセッションに分かれて口頭発表が行われ、各会場で活発な議論が交わされました。

本四高速からは、企画部企画課の本郷が「本州四国連絡橋の大型伸縮装置の維持管理」と題して、本四高速が管理する長大橋に設置されている大型伸縮装置のこれまでの維持管理の状況及び今後長期的に維持管理を行っていくうえでの課題等について発表をおこないました。多くの方に興味を持っていただくとともに、本四高速の長大橋の維持管理について情報発信を行うことができました。

次回の第13回となる国際会議は、2年後の2026年にアメリカのフロリダにて開催される予定です。



写真-4 基調講演の様子
Photo 4 Keynote lecture

International Conference

IABMAS2024 Copenhagen

12th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management (IABMAS2024) was held in Copenhagen, Denmark, from June 25th to 27th.

The conference is sponsored by the International Association for Bridge Maintenance and Safety (IABMAS), established in 1999, and has been held approximately every two years since 2002.

The theme of the conference was "Bridge Maintenance, Safety, Management, Digitalization, and Sustainability." Ten keynote speeches were given, and a total of 470 peer reviewed papers were submitted from 44 countries, and oral presentations were made in over 50 sessions in 11 conference rooms, where discussions were conducted actively.

Mr. Hongo of the Planning Division of Honshu-Shikoku Expressway made a presentation titled "Maintenance Management of Large Expansion Joint in Honshu-Shikoku Bridges" on the current status of maintenance management of large expansion devices installed on the long-span bridges managed by the company and issues to be addressed in the long-term maintenance management of these devices in the future. The presentation provided an opportunity to disseminate information on the maintenance and management of long-span bridges on the Honshu-Shikoku Bridge Expressway.

The next international conference, the 13th, will be held two years later in 2026 in Florida, United States.

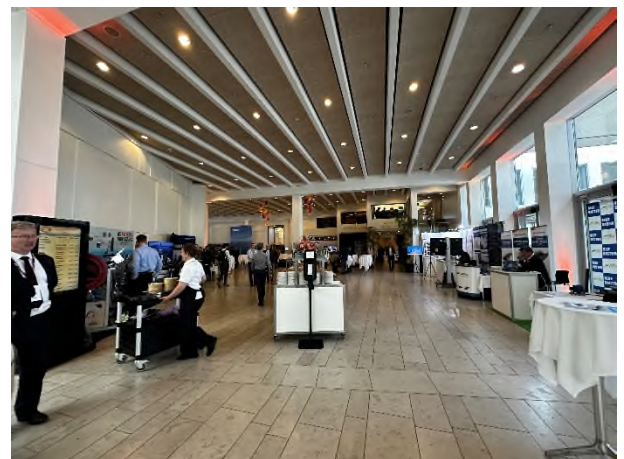


写真-5 会場の様子
Photo 5 Venue of IABMAS2024

国際会議

ノルマンディ橋・多々羅大橋 姉妹橋協定締結 25周年

ノルマンディ橋はフランスのセーヌ川河口に位置している、1995年に完成した中央支間長856mの斜張橋です。ノルマンディ橋と本四高速が管理している多々羅大橋(1999年完成)は姉妹橋協定を締結しており、今年で25年となります。

姉妹協定の締結25周年を祝うとともに、今後の技術協力関係を構築していくため、今年6月に本四高速から技術支援室長の林ら3名がノルマンディ橋と上流のタンカービル橋(吊橋、1959年完成)を管理しているセーヌ商工会議所を訪問し、お祝いの記念品を手渡すとともに技術交流を実施しました。

技術交流会(写真-6)では、セーヌ商工会議所より側径間部主桁にポストテンションとして設置したPCケーブルが破断したことに伴う補強として被覆ケーブルを追加設置していること、斜張橋ケーブル桁側定着部近傍の素線が雨水の侵入で腐食・破断したことに伴う斜張橋ケーブルの架け替え工について紹介いただきました。一方本四高速からは斜張橋ケーブル被覆の亀裂やケーブル素線の腐食状況を診断するロボットを開発中であること等を紹介しました。またノルマンディ橋では全てのケーブルで損傷部を検知する超音波探傷試験と常時破断音を検知する音響モニタリングを実施しており、全体の5%程度素線の破断を検知した段階でケーブルを交換するとの説明がありました。

また技術交流会後にノルマンディ橋の現場を案内していただき(写真-7)、現地の舗装工事、斜張橋ケーブルの音響モニタリング状況、主桁内の状況等を説明していただきました。今後さらに技術交流を行っていく予定です。



写真-6 セーヌ商工会議所との技術交流会
Photo 6 Technical presentation
with CCI Seine Estuaire

International Conference

25th Anniversary of the Sister Bridge Agreement of Normandie Bridge and Tatara Bridge

The Normandy Bridge is a cable-stayed bridge with a central span of 856m that was completed in 1995 and is located at the mouth of the Seine River in France. The Normandy Bridge and the Tatara Bridge (completed in 1999) managed by HSBE have concluded a sister bridge agreement, and this year marks the 25th anniversary of this relationship.

To celebrate the 25th anniversary of the sister bridge agreement and to build a relationship of technical cooperation in the future, in June this year, HSBE sent a team of three people, including Mr. Hayashi, Senior Director of Technical Service Center, to the Chambre de Commerce et d'Industrie (CCI Seine Estuaire), which manages the Normandy Bridge and the Tancarville Bridge (suspension bridge, completed in 1959). HSBE presented the celebratory gifts, and a technical exchange meeting was held.

At the technical exchange meeting (Photo 6), the CCI Seine Estuaire presented the installation of additional covered cables as reinforcement of post-tensioning PC cables on the main girders of the side spans, and the replacement work of the cable-stayed bridge cables which had corroded and broken by the infiltration of rainwater. Meanwhile, HSBE introduced the development of a robot to diagnose cracks in the cable coating or corrosion of the cable wires of cable-stayed bridges. CCI Seine Estuaire also explained that ultrasonic testing and acoustic monitoring is being carried out on all cables on the Normandy Bridge.

After the technical exchange meeting, we have visited the Normandy Bridge site (Photo 7). We plan to hold further technical exchanges in the future.



写真-7 ノルマンディ橋現場視察
Photo 7 Site visit to Normandy 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

長大橋技術部 (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：技術支援室 TEL 078 (291) 1337