

JB 本四高速の活動

省工程型塗料規格の制定

本州四国連絡橋の防食には、建設時より高い防食性能と長期の耐候性が期待できる重防食塗装が採用されています（図-1）。そして、その塗替塗装は、防食下地の無機ジंकリッチペイントを長期にわたり維持することを目的として、これを保護する下塗り層が露出する前に中塗りと上塗りを塗り替えることを基本としています。本四高速では塗替対象である上塗りと中塗りの2層を1層（55 μ m）で塗れる塗料（省工程型塗料（表-1））を、2019年度に本四高速の塗料規格として制定する予定です。省工程型塗料を適用することにより、塗り手間の省力化が図れるとともに、耐候性の高い塗料のみで厚い膜厚の施工が可能となり、塗替サイクルの長期化による本州四国連絡橋のライフサイクルコストの削減が期待できます。

省工程型塗料の規格化にあたっては、実橋での試験施工により、施工性等（厚塗り性、仕上がり性、付着性など）を確認するとともに、従来の2層塗り（上塗り＋中塗り）に比べて作業の省力化が期待できることを確認しました。また、省工程型塗料は、従来の中塗りを省略することから、旧塗膜との付着性が確保されるかが懸念されました。そのため、試験施工5年後まで付着力試験を実施し、所要の付着力を有していることを確認しました。なお、耐候性については、従来のふっ素樹脂塗料よりも高い耐候性を有する塗料として2010年に開発した高耐久性ふっ素樹脂塗料^{[1][2]}と同等の性能（（一財）日本ウェザリングテストセンター宮古島での光沢保持率が暴露期間3年で50%以上）を要求することとしました。

今後、省工程型塗料を用いて本四連絡橋の塗替塗装に着手し、実橋施工塗膜や暴露試験体による塗膜性能の検証を継続的に実施していく予定です。

[1] 長大橋ニューズレター No.29

[2] 長大橋ニューズレター No.45

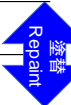
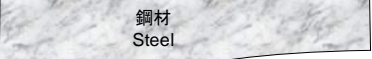
| | | |
|---|---|---|
| 上塗： 　　ふっ素（ポリウレタン）樹脂塗料（25 μm） Top layer: 　Fluoropolymer paint (25μm) | 優れた耐候性（劣化しにくい） Superior weatherability |  |
| 中塗： 　　エポキシ樹脂塗料（30 μm） Third layer: 　Epoxy resin paint (30μm) | 上塗りと下塗りの接着剤の役割 Adhesion between top and third layers | |
| 下塗： 　　エポキシ樹脂塗料（120 μm） Second layer: Epoxy resin paint (25μm) | 耐水性等により犠牲防食層を保護 Protecting base layer by water resistant | |
| 犠牲防食層： 無機ジंकリッチペイント（75 μm） Base layer: 　Inorganic zinc rich paint (75μm) | 電気的な防食作用による優れた防食性 Galvanically protect steel | |
|  鋼材 Steel | | |

図-1 重防食塗装仕様

Fig. 1 Specification of Heavy duty coating

Activity of HSBE

Establishing the standard of simplified application process paint

The heavy-duty coating is applied to prevent the steel members of Honshu-Shikoku Bridges (HSBs), which consist of 17 long span bridges, from corrosion (Fig. 1). The top layer, polyurethane resin paint or fluoropolymer paint, and the third layer, epoxy resin paint, are repainted before exposure of the second layer which protect inorganic zinc rich paint. HSBE will establish the standard of “simplified application process paint (SAPP)” in 2019. By SAPP, top layer (25 μ m) and third layer (30 μ m) can be repainted by one thick paint layer (55 μ m) (Table-1). SAPP makes thick layer by highly-durable paint material by only one process, therefore we can shorten the time of repainting and reduce the life cycle cost because of the reduction the frequency of repainting.

Test application of SAPP was conducted to check thickness, finishing quality and adhesion. According to the test, it was found that the paint could shorten the time of repainting. It was concerned whether SAPP has enough adhesion to the existing paint film since it has no third layer. The adhesion test had been conducted for 5 years and it was found the coating has enough adhesion. The standard requires wheatherability equal to or higher than that of “highly durable fluoropolymer paint”^{[1][2]} whose standard was established in 2010. Gross retention of more than 50% after three years exposure test at Miyakojima Island in Okinawa, Japan.

SAPP will be used for the repainting of the HSBs and performance of coatings will be tested continuously.

[1] Long-Span Bridge Newsletter No. 29

[2] Long-Span Bridge Newsletter No. 45

表-1 省工程型塗料を用いた塗替塗装の仕様
Table-1 Standard of Repainting with SAPP

| 仕様 Standard | 措置調整 Surface preparation | 第1層 First layer | 第2層 Top layer | 備考 Tools |
|------------------|---|--|---|------------------|
| 現行仕様 Usual | 4 種 Removal of deteriorated layer at surface | エポキシ樹脂塗料中塗（30） Epoxy resin paint (30 μ m) | ふっ素樹脂塗料上塗（25） Fluoropolymer paint (25 μ m) | はけ塗り Brush |
| 省工程型塗料 Latest | 4 種 Removal of deteriorated layer at surface | 省工程型塗料（55） SAPP (55 μ m) | — | ローラー塗り Roller |

※（ ）内の数字は基準とする乾燥塗膜厚（ μ m）

JB 本四高速の活動

明石海峡大橋主塔点検ロボットによる主塔点検

本州四国連絡橋は、その多くが海上の高所に建設され、またその規模も大きいことから、効率的な点検手法の開発が必要となります。今回、長大橋の主塔点検用として、簡易に近接カメラで壁面の状況を撮影可能な主塔点検ロボットを開発しました。

主塔点検ロボットは磁石車輪、撮影カメラ、リチウムイオン電池を装備しており、機体寸法は 590(W) × 420(H) × 940(L)、機体質量は 85kg です。ロボットの昇降は、3 輪の磁石車輪（駆動装置内蔵）により鋼壁面に吸着し平均走行速度 4m/分 で自走できます。このため、世界最大の明石海峡大橋の主塔では約 280m の高さがあるため、1 往復に約 140 分かかります。

ロボットの操作は、主塔基礎からの目視及びロボット前方に設置しているカメラによりロボットの位置と走行状況を確認して行います。

ロボットには次の 2 つの安全装置を装備しています。まず、ロボット本体上部には落下防止対策として、保安ロープを設置し、ロボットの移動に合わせて巻取機で巻き取っています。次に、ロボット本体下部には高所での故障に備え、ロボットと操作部との通信ケーブルにアラミド繊維で補強した光複合ケーブルを採用することで下方に牽引できるようにしています。

主塔壁面の塗膜の変状は、ロボット後部のカメラボールの先端に取り付けられたカメラで常時観測でき、その映像を塔基部の記録装置で記録します。この記録映像を元に、塗膜の変状位置や大きさを判定し、点検範囲における変状マップを作成しています。

今後は、ロボットによる点検が近接目視と同等であるか、効率的な点検手法であるか等の検証を進めていく予定です。

Activity of HSBE

Inspection of Akashi-Kaikyo Bridge Main Towers with Inspection Robot

Most of the Honshu-Shikoku Bridges are located at a high level above water, and the physical dimensions of the bridges are massive. Therefore, it is necessary to develop an efficient inspection procedure for the bridges. An inspection robot has been newly developed which enables close proximity video imaging of the outer surface of the main towers.

The robot has three magnetic wheels, cameras, and a lithium-ion battery and is 600mm wide, 420mm high, and 1000mm long and weighs 85kg. The magnetic wheels adhere to the steel members and the robot runs with an average velocity of 4m/minute. It therefore takes about 140 minutes for a round trip to the full 280m height of the tower of the Akashi-Kaikyo Bridge.

The robot is operated by monitoring its location and running condition through visual observation from the foundation of the main tower and a camera mounted on the robot itself.

The robot has two safety features. First, for fall prevention, the cable which is attached to the top of the robot is reeled in by a winch to synchronize with the robot movement. In addition, the optical communications cable attached to the lower part of the robot is reinforced with aramid fibers, and this can be used to recover the robot if it has a defect and becomes immobile at high level.

The delamination or detachment of coating films of the main tower is checked with a camera which is mounted on a pole attached to the lower part of the robot. The videos are recorded by a recorder at the base of the tower. Based on the recorded videos, the location and dimensions of the deteriorated areas of the coatings are identified and defect mapping of the main tower coatings is generated.

It will be verified whether the results of these remote inspection is equivalent to the one of close visual inspection and whether this inspection is efficient.

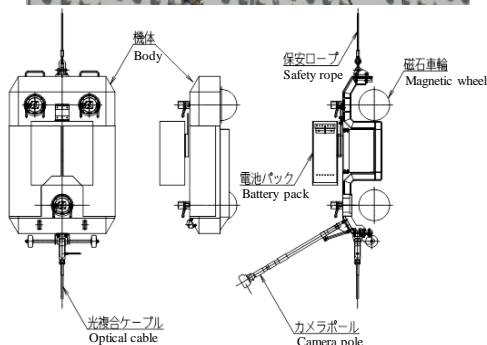
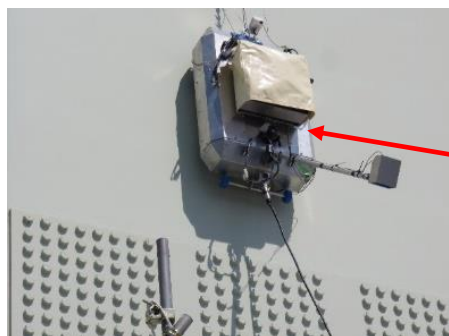


写真-1 主塔点検ロボット
Photo-1 Inspection robot
for main tower

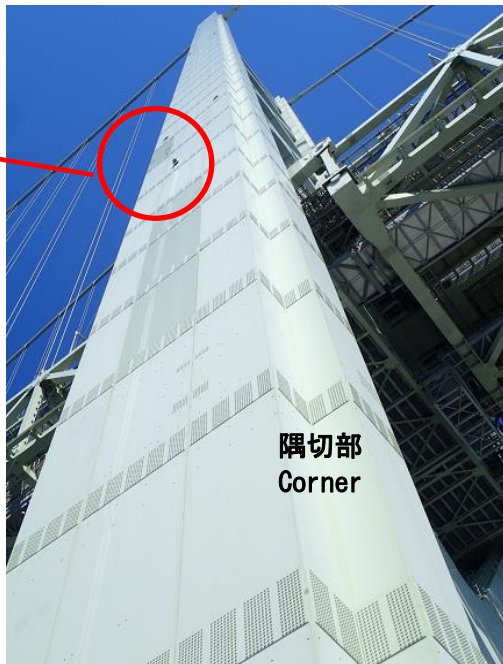


写真-2 ロボットの点検状況
Photo-2 Inspection by robot



写真-3 主塔壁面カメラ画像
Photo-3 Camera image of surface
of main tower



写真-4 主塔隅切部カメラ画像
Photo-4 Camera image of corner
of main tower

国内プロジェクト

大島架橋事業(気仙沼大島大橋)について

宮城県気仙沼市の本土と離島である大島に架かる気仙沼大島大橋(愛称: 鶴亀大橋)について紹介します。

気仙沼大島大橋は本誌第 54 号に掲載されたとおり、全長 356m、アーチ支間長 297m の東北では最大の「鋼中路式アーチ橋」です。架設地点となる大島瀬戸は船舶航路であり、水深が深く海底岩礁が急峻で多数のベントを設置することが困難であることから起重機船による架設工法を採用しました。起重機船による一括架設にあたり、学識者、許認可権者、漁業関係者、海上利用者などによる船舶航行安全委員会を開催し、岸壁での吊り上げから架設までの安全性について配慮したため、架設は航路閉鎖の措置を執り夜間施工(23 時から 6 時)に制限して実施しました。

橋梁本体の架設は、側径間のアーチリブと補剛桁、中央径間の 5 つのブロックで架設し、中央径間の吊り上げ重量が約 2,700t となったことから動揺力の影響も考慮し吊り上げ能力 3,000t の起重機船を採用しました。また、架設後の支点支持状態と吊り上げ時とは主構造に生じる応力性状が異なることから、吊り上げ曳航時はアーチリブと補剛桁間を構造解析により決定した、最も主構造への負荷が小さくなる組み合わせを構造解析により決定し V 字の補強材で連結しました。

平成 27 年 3 月から製作を開始し、平成 29 年 3 月に 5 回の架設作業を行い、同年 3 月 29 日に大島と本土がつながる歴史的な瞬間を迎えることが出来ました。

宮城県の復興のシンボルである気仙沼大島大橋は、住民の日常生活における利便性の向上、緊急医療など安全・安心の確保はもとより観光振興にも寄与するものであり、大島島民の悲願であった夢の架け橋が現実のものとなります。

(宮城県より情報を提供して頂きました。)

Project in Japan

About Oshima Bridge project (Kesennuma Oshima Bridge)

The Kesennuma Oshima Bridge connects the mainland to Oshima Island in Kesennuma City, Miyagi Prefecture.

This bridge is the largest steel half-through arch bridge in the Tohoku region. The total length of the structure is 356m and the arch span length is 297m. The bridge crosses the Oshimaseto Strait – a shipping channel with steep seafloors and very deep water. It was consequently very difficult to erect the main span using temporary supports, and therefore a floating crane was utilized. In preparing for this activity, a safety committee was convened including ship navigation experts, regulators, fishing industry representatives and other stakeholders. For safety reasons, the committee decided that the sea route should be shut and that the bridge erection should take place at night.

The side spans and the center span were erected separately. A 3000t capacity floating crane was used to lift the center span weighing 2,700t. Structural analysis showed that stress conditions during the lift would be different from those after erection, and therefore V-shaped temporary stiffeners were installed connecting the arch rib and the girder to reduce loadings on the main structure.

The construction of the bridge was started in March 2015, and the large block erection was conducted by five stages in March 2017. On March 29th, 2017, mainland and Oshima Island were connected for the first time.

Kesennuma Oshima Bridge is a symbol of the revival of Miyagi Prefecture. The bridge improves opportunities and convenience in the daily lives of inhabitants, improves access for safety and emergency purposes and contributes to the revival of tourism. Having a bridge to the mainland has been the earnest wish of Oshima islanders for a long time. (This information is provided by Miyagi Prefecture.)



写真-5 中央径間の架設
Photo-5 Erection of center span



写真-6 本体完成 (左側が気仙沼市大島)
Photo-6 Completed bridge (Left side is Oshima Island)

海外プロジェクト

ナイル川源流橋開通

ウガンダ東部とカンパラ中央地域を結ぶ、ウガンダ初となる斜張橋が2018年10月17日開通しました。本橋は、ケニア、ウガンダ、ルワンダ、ブルンジおよび南スーダンといった東アフリカ諸国を結ぶ主要高速道路を構成しています。全長525m、逆Y字型の主塔2基からなり、タンザニアのキガンボニ大橋に次いで東アフリカで2番目に長い橋です。

ナイル川源流橋は、同橋の下流側に位置する老朽化が進んだナルバーレダム橋に替わる橋として建設されました。

2006年に事前調査を行い、ウガンダ政府は道路の交通および輸送を確保し、東アフリカ諸国の貿易量を拡大するため、国際協力機構の援助を受けてナイル川を横断する新橋の建設を決定しました。その後、ウガンダ国道公社を通じて、2009年と2010年にオリエンタルコンサルタンツおよびエイト日本技術開発からなる共同企業体によって、実現可能性の調査および詳細設計を実施しました。

2013年5月に日本のオリエンタルコンサルタンツ、エイト日本技術開発および韓国の平和技術コンサルタントの共同企業体が、ウガンダ国道公社から施工管理を請け負いました。

2013年11月、日本の銭高組/韓国の現代建設株式会社の共同企業体とウガンダ政府との間で、ウガンダ国道公社を橋建設の事業者とする工事契約を締結しました。そして、2018年10月17日に、ウガンダのヨウェリ・カグタ・ムセベニ大統領によってナイル川源流橋の供用が開始されました。

本橋が、インド洋（ケニア-モンバサ）と太平洋（コンゴ民主共和国-キンシャサ、マタディ）を繋ぐ東アフリカ回廊の一部となることは、国民および東アフリカにとって大きな意義があります。さらには、ケニアとルワンダ、ブルンジ、ウガンダ、南スーダンを繋ぎ、東アフリカ地域を横断する貿易の支援となることが期待されています。

（ウガンダ国道公社より情報提供していただきました。）

表-2 構造概要
Table-2 Technical details

| | |
|-----------------------|---|
| 橋長 Bridge Length | 525.0m (支間長(Span Length) 135.0m + 209.0m + 100.0m) |
| 取付道路 Access Roads | 785.0m (カンパラ側(Kampala Side)) 1,044.0m (ジンジャ側(Jinja Side)) |
| 桁幅 Deck Width | 22.9m (2 × [7.0m 車道(carriageway) + 2.2m 歩道(walkway)]) |
| 上部工 Superstructure | コンクリート連続箱桁 Concrete Multi-Box Girder |
| 吊形式 Stay Cables | セミファンタイプの一面吊り Semi Fan-type Single Plane Stay Cable System |
| 主塔 Pier and Pylon | 逆Y字型主塔 69.0m High Inverted Y-Shaped Pylons |
| 基礎 Foundation | Φ2.0m 埋め込み杭 Bored Piles φ2.0m for the pylons |

Overseas Project

The Source of the Nile Bridge Opened to Traffic

Uganda's first Cable Stay bridge was officially opened to traffic on October 17th, 2018, connecting the Eastern part of the country to the central region Kampala. The bridge also lies on the major highway connecting the East African Countries of Kenya, Uganda, Rwanda, Burundi and South Sudan. The 525m bridge has two inverted y-shaped pylons and it's the second of its kind in East Africa after Tanzania's Kigamboni Bridge.

The bridge now replaces the old Nalubaale Dam Bridge, located downstream of the Source of the Nile Bridge which had already started showing signs of deterioration.

Following a pre-investment Study in 2006, the Government of Uganda decided to build a new bridge across the Nile to secure traffic and transport along the route and enhance trade volumes within the East African countries with the help of Japan International Cooperation Agency. This was followed by a feasibility Study and a Detailed Engineering Design in 2009 and 2010 by Oriental Consultants and Eight Japan Engineering Joint Venture of Japan through Uganda National Roads Authority.

In May 2013, Uganda National Roads Authority awarded a Construction Supervision Contract to the Joint Venture of Oriental Consultants Company / Eight-Japan Engineering Consultants Inc. both of Japan and Pyung Hwa Engineering Consultants Limited of South Korea.

In November 2013 a Construction contract was signed between the Joint Venture of The Zenitaka Corporation of Japan / Hyundai Engineering and Construction Company Limited of South Korea and Uganda government through Uganda National Roads Authority as the Employer for the construction of the bridge. The bridge was commissioned on 17 October 2018 by the President of Uganda Yoweri Kaguta Museveni.

The bridge is of National and East African significance being part of the East African Corridor linking the Indian Ocean at Mombasa, Kenya to the Atlantic Ocean through Kinshasa and Matadi in the Democratic republic of Congo. The bridge has also been expected to aid trade across the East African region through linking Kenya with Rwanda, Burundi, Uganda and South Sudan. (This information is provided by Uganda National Roads.)



写真-7 ナイル源流橋
Photo-7 Source of the Nile 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