

JB 本四高速の活動

近赤外線カメラを用いた塗膜劣化評価に関する研究

本四高速では、神戸大学大学院工学研究科機械工学専攻の阪上隆英教授との共同研究において、近赤外線カメラを用いた塗膜劣化評価法の研究を進めています。

本州四国連絡橋は、厳しい腐食環境に位置していることから、鋼部材を腐食から守るため、重防食塗装が施されています。重防食塗装は、鋼材表面の電気的な防食作用をもつ厚膜型無機ジンクリッチペイント、下塗と中塗のエポキシ樹脂塗料、上塗の耐候性の高い塗料で構成されています(図1)。

維持管理においては、下塗が露出する前に、中塗及び上塗を塗り替える予防保全を基本としています。本州四国連絡橋の塗装面積は、約 400 万 m² と膨大であることから、効果的な塗替え計画策定のためには、上塗の塗膜残存厚と中塗の露出を効率的に調査することが必要ですが、上塗の塗膜損耗速度は日射量、風の強弱などの環境条件で大きく異なること、上塗と中塗の塗色の類似などから、目視による調査では困難です。

本研究では、近赤外線領域での上塗と中塗の分光特性の違いに着目し、実橋において近赤外線カメラ [InGaAs センサ, 感度波長帯 0.9~1.7μm] による測定を行いました。図2に代表例として大三島橋の近赤外線画像[測定波長帯 1.4~1.7μm(Longwave-Pass フィルター(LP)透過後)]を示しますが、同橋で使用している塗料では、中塗が露出している部分の輝度が高く、上塗が厚いほど輝度が低くなる傾向が確認されました。

今後は、様々な塗料ごとの分光特性の違い、上塗塗膜残存厚と輝度値との関係に着目し、近赤外線カメラを用いた、面計測かつ遠方計測可能な塗膜劣化評価法の開発を進めます。

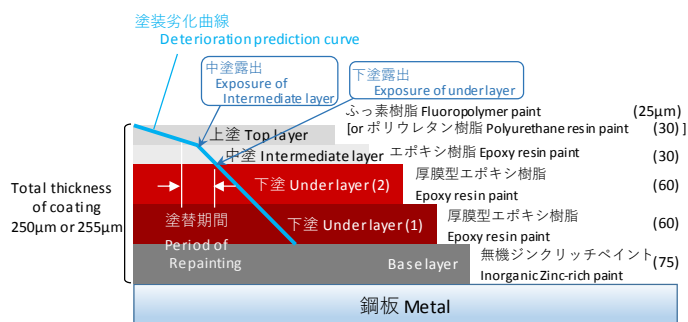


図-1 塗装仕様と塗膜劣化曲線
Fig.1 High durability coating system and Deterioration prediction curve

Activity of HSBE

A study on the quantitative deterioration evaluation of the coating system on steel bridges using the near-infrared camera

A collaborative study on the quantitative deterioration evaluation of the coating system on steel bridges using the near-infrared camera are conducted with Prof. Sakagami at Graduate School of Engineering, Kobe University.

High durability coating system is applied for the coating of Honshu-Shikoku Bridges to protect steel members from severe corrosive environment. This coating system consists of base layer of zinc-rich paint that has a strong corrosion protection performance, under and intermediate layers of epoxy resin paint, and top layer of highly weather-resistant paint (Fig.1).

In the repainting works of Honshu-Shikoku Bridges, only top and intermediate layers are repainted before under layers are exposed based on the preventive maintenance policy. In order to make more effective repainting schedule, we need the investigation on the residual thickness of top layer and the exposure of intermediate layer, which is difficult by visual observation.

In this study, investigations focused on the difference of the spectral characteristics in the near-infrared area between the top layer and the intermediate layer were made using the near-infrared camera [InGaAs-sensor, Spectral Range 0.9-1.7μm]. As shown in a representative image [Spectral Range 1.4-1.7μm (through Longwave-Pass filter (LP))] of a member of Ohmishima Bridge (Fig.2), it was found that the luminance is brighter at the exposed intermediate layer, and the thicker the top layer is, the darker the luminance is.

For the further study, experiments focused on the difference of the spectral characteristics among various kinds of paints and so on are going to be conducted with the aim of developing quantitative deterioration evaluation method of the coating system.



可視画像
Visible image



赤外線画像(LP)
Near-infrared image(LP)

図-2 大三島橋アーチリブ撮影画像
Fig.2 Images of an arch-rib of Ohmishima Bridge

JB 本四高速の活動

Activity of HSBE

櫃石島高架橋(トラス部)の耐震補強工事

Seismic Retrofit Work of truss portion of Hitsuishijima Viaduct

道路鉄道併用橋である瀬戸大橋の耐震補強工事は、2014年から順次実施しています。その1つである海峡部斜張橋と島しょ部高架橋の接続部に位置する櫃石島高架橋(トラス部)(橋長101m、鋼単純トラス橋)の耐震補強工事が、2018年11月に完了しました。

Seismic retrofit work of the Seto-Ohashi Bridges, highway-railway combined bridges, started in 2014. The truss portion of the Hitsuishijima Viaduct is single-span steel truss bridge with a total length of 101m and adjacent to the Hitsuishijima Bridge and the prestressed concrete viaduct portion. The seismic retrofit work of this truss bridge was completed in November, 2018.

耐震補強工法は、併設する鉄道等への影響を踏まえ、現地施工を最小限にできるトラス桁支承の免震化及び一部道路桁の支承交換による全体系補強工法を採用しました(図-3)。なお、道路鉄道併用橋における支承交換工事としては過去最大のものです。

As the seismic retrofit method of this bridge, the replacement of truss girder bearings by isolation bearings and replacement of some road deck bearings were selected in order to minimize work over the rail lines (Fig.3). The scale of the replace work of bearings in highway-railway combined bridge is the largest ever.

施工はジャッキアップ用の部材補強後に、トラス桁支承全4基を、可動側(HB1P)2基、固定側(HVa30P)2基の順でトラス桁をジャッキアップし支承交換しました。また、固定側の施工時には併せて道路桁支承の交換も行いました(写真-1~4、表-1)。

After some members of the truss girder were reinforced for jack up, current four truss girder bearings were replaced with isolation bearings (Photo 1, 2, 3). In addition, eight road deck bearings above HVa30P were replaced (Photo 4).

瀬戸大橋全体の耐震補強工事は、2020年度末の完成を目指し引き続き実施していきます。

Seismic retrofit works of the Seto-Ohashi Bridges will be finished by March, 2021.

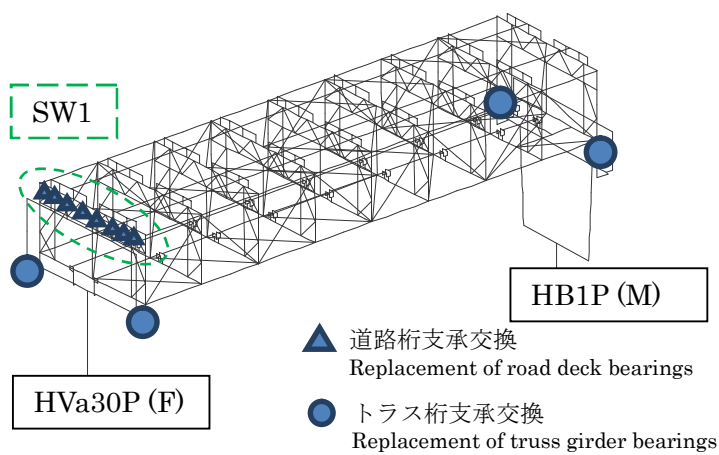


表-1 免震支承設計条件(HVa30P)

Table-1 Design Condition of isolation Bearing (HVa30P)

全反力 Total Reaction Force	16,550 kN
死荷重反力 Dead Load	10,320 kN
橋軸方向水平力 (L1~L2地震動) Horizontal Force in Longitudinal Direction	4,911 ~ 7,643 kN
橋軸直角方向水平力 (L1~L2地震動) Horizontal Force in Transverse Direction	2,000 ~ 3,348 kN
最大変位量 (橋軸直角方向地震時) Maximum Displacement in Transverse Direction	± 41 mm
等価剛性 Equivalent Stiffness	14.27 kN/mm
等価減衰定数 Equivalent Damping Ratio	22.5 %

図-3 補強工法の概要

Fig. 3 Outline of Seismic Retrofit



写真-1 トラス桁支承(交換前)・HVa30P
Photo 1 Truss Girder Bearing
Before Replacing (HVa30P)

写真-2 トラス桁支承(交換中)・HB1P
Photo 2 Truss Girder Bearing
in Replacing (HB1P)

写真-3 トラス桁支承(交換後)・HVa30P
Photo 3 Truss Girder Bearing
After Replacing (HVa30P)

写真-4 道路桁支承(交換後)・SW1
Photo 4 Road Deck Bearing
After Replacing (SW1)

海外プロジェクト

Overseas Project

マタディ橋 ケーブル送気乾燥システムの導入、及びその技術移転

Introduction of Cable Dehumidification System to Matadi Bridge and Its Technology Transfer

マタディ橋は、アフリカ・コンゴ民主共和国を流れるコンゴ河の下流域にあたるマタディ市に、日本の有償資金協力により 1983 年に完成した橋長 722m の 3 径間連続補剛吊橋で、それ以降に最盛期を迎えた本四架橋等の日本の吊橋建設技術の向上に大きく寄与した橋梁です。

本橋は、完成から長期にわたって現地の橋梁管理組織であるバナナ・キンシャサ交通公団 (OEBK) による丁寧なメンテナンスが継続して行われていたため、非常に良好な状態を保っています。しかしながら、完成後 30 年以上が経過し、特に主ケーブル内部の腐食による素線破断が危惧され、主ケーブル内の相対湿度を抑えて吊橋全体の長寿命化を図ることを目的に、日本の無償資金協力として、主ケーブル、及びアンカレイジ内部への送気乾燥システムを導入し、2017 年 3 月に完成しました。

ケーブル送気乾燥システムは、各主塔の下部水平材内部に設置された乾燥空気発生装置からパイプを通して、主ケーブル上に設置された各 8 箇所の吸気ユニットから乾燥空気を主ケーブル内部へ送り込みます。一方、アンカレイジ送気乾燥システムは、アンカレイジ内に乾燥空気発生装置を設置してアンカレイジ室内全体の相対湿度を下げる方法としています。

今回のシステム導入にあたり、現地 OEBK スタッフに対して新しいケーブル送気乾燥システムの運転、管理方法などの技術移転も大きなテーマでした。現地では日本人指導員による実地教育を約 3 ヶ月間実施しましたが、彼らは橋梁メンテナンスに精通していたため理解度が高く、順調に新システムの運用が開始されたことが特筆されます。

この OEBK の世代を超えて技術を伝承する姿勢が高く評価され、マタディ橋は 2016 年に開催された TICAD 6 において、日本の ODA 事業の成功例として広く紹介されました。
(株)IHI インフラシステムより情報提供していただきました)



写真-5 マタディ橋全景
Photo 5 Matadi Bridge

The Matadi Bridge is a stiffened truss girder suspension bridge with three continuous spans with total length of 722m completed in 1983 by Japanese ODA (official development assistance) loan at Matadi located in the lower Congo River, Democratic Republic of the Congo. Construction of the bridge greatly contributed to the development of the construction technology required for the Japanese suspension bridges such as Honshu-Shikoku Bridges.

Because the bridge has been maintained carefully by the Organization for Equipment of Banana-Kinshasa (OEBK) since the opening, condition of the bridge is fare. However, after 30 years of service, breakage of the main cable wires by corrosion was concerned. In order to prolong its service life by reducing the relative humidity inside of the main cable, dehumidification system for the main cables and anchorages were introduced as Japanese ODA grant. The system was completed in March 2017.

In the system for the main cable, dry air is generated by the dry air generation units located in the lower horizontal struts of the main tower, sent through the pipes, and injected into main cables through eight injection units installed on the cables. On the other hand, in the system for the anchorage, dry air generation units are installed inside of anchorage and the whole anchorage chambers are dehumidified.

Technology transfer such as operation and maintenance of the system to the OEBK staff was a part of the project. Training by Japanese instructors was conducted for three months on site. Since the staff were familiar with the maintenance of the bridge, they understood the procedure easily and the operation of the new system started smoothly.

Transmission of the technology over generations in OEBK was highly appreciated. The project of the bridge was showcased as a success case of Japanese ODA in TICAD6 in 2016.

(This information is provided by IHI Infrastructure Systems Co., Ltd.)

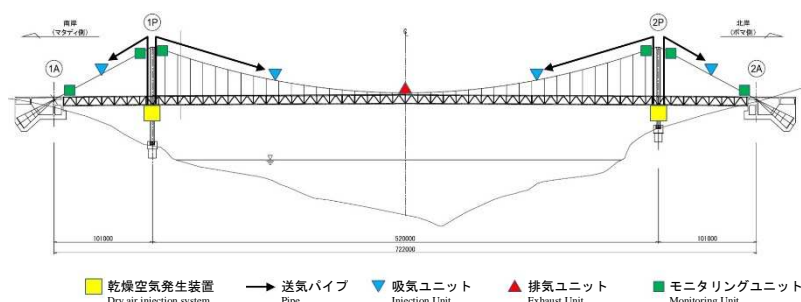


図-4 ケーブル乾燥送気システム概要図
Fig. 4 Cable dehumidification system

国際会議

第40回 IABSE シンポジウム

第40回国際構造工学会 (IABSE) シンポジウムが2018年9月19日から21日の日程でフランスのナントにおいて開催されました。今回の会議では「将来の鋼構造物」をテーマに、約300編の論文が発表されました。

国際鋼構造工学会は1929年にスイス民法により設立された学会です。

本四高速からは、長大橋技術センター防食・耐風グループの町田が「瀬戸大橋の耐風安定性の再評価」と題して、維持管理性向上のために道路床版グレーチング部を閉塞させた場合について、三次元フラッター解析手法を用いて検討した瀬戸大橋吊橋の耐風安定性評価の発表を行いました。

第10回国際吊構造橋梁管理者会議 (ICSBOC2018)

第10回国際吊構造橋梁管理者会議 (ICSBOC) が、2018年10月17日から19日に、中国の南通で開催されました。この会議は、1991年に第1回の会議が開催されてから、これまでにアメリカ、日本、デンマーク、中国、イギリス、カナダで開催されています。

今回の会議には、11カ国から約200名の橋梁エンジニアが参加し、約40件の発表があり、アセットマネジメント、点検技術、モニタリングなどの幅広いテーマについて活発な議論がなされました。

本四高速からは、しまなみ尾道管理センター機械課の進藤より「本州四国連絡橋の補剛桁の接近設備の改善」、坂出管理センター橋梁維持第一課の香川より「瀬戸大橋吊構造橋梁の耐震補強設計及び補強工事」、長大橋技術センター防食・耐風グループの本郷より「瀬戸大橋における塗替塗装のコスト縮減に向けた取組」と題して論文発表を行いました。

また、会議中には、蘇通長江公路大橋および展示館を見学するテクニカルツアーが開催されました。

次回の会議は、2020年にアメリカで開催される予定です。



写真-6 IABSE での本四高速の発表
Photo 6 Presentation from HSBE at IABSE

International Conference

40th IABSE Symposium

The 40th International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE) Symposium was held in Nantes, France, from September 19th to 21st, 2018. In this symposium, about 300 papers themed on “Tomorrow’s megastructures” were presented.

The IABSE was established in 1929 in accordance with the Swiss Civil Law.

Mr. Machida, Long-span Bridge Engineering Center from HSBE, made a presentation on “Re-evaluation on aerodynamic stability of Seto-Ohashi Bridges”. Evaluation result of the aerodynamic stability of the bridges with the closed gratings on the road deck by three-dimensional flutter analysis in order to improve the maintainability of the bridges was presented in the presentation.

10th International Cable Supported Bridge Operators’ conference (ICSBOC2018)

The 10th International Cable Supported Bridge Operators’ Conference was held in Nantong, China on October 17-19, 2018. The Conference has been held in U.S.A., Japan, Denmark, China, UK and Canada starting with the first conference in 1991.

Approximately 200 operators and engineers from 11 countries participated in this conference, and approximately 40 presentations were made. Many topics, such as asset management, inspection technique, monitoring etc., were discussed.

Mr. Shindo, Shimanami Onomichi operation center, Mr. Kagawa, Sakaide operation center, and Mr. Hongo, Long-span Bridge Engineering Center from HSBE presented “Improvement of access equipment on girders of Honshu Shikoku Bridges”, “Seismic Retrofit Design and Work of Cable Supported Bridges in the Seto-Ohashi Bridges”, and “Progress of Repainting and Efforts for Cost Reduction of Seto-Ohashi Bridges”, respectively.

Technical tour was held at Sutong Bridge and its exhibition hall during the conference.

The next conference will be held in USA, 2020.



写真-7 ICSBOC での本四高速の発表
Photo 7 Presentation from HSBE at ICSBOC

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