

JB 本四高速情報

近赤外線ハイパースペクトルイメージングによる 上塗塗膜の損耗状況の計測

本四高速が管理する長大橋梁は腐食環境の厳しい海峡部に位置するため、建設当時より防食下地に犠牲防食作用の高い厚膜型無機ジンクリッチペイントを使用した重防食塗装を実施しています。上塗りには耐候性の高い塗料を使用していますが、中塗りや下塗りに使用しているエポキシ樹脂塗料は上塗りに比べ損耗速度が早く、防食下地である無機ジンクリッチペイントを保護するように、下塗りが露出する前に塗替塗装を実施する予防保全を行っています（図-1）。塗替塗装の時期を適切に判断するためには、上塗塗膜が損耗し、中塗が露出する時期を把握する必要があります。

現在神戸大学との共同研究では、近赤外線を活用した重防食塗装の劣化検知について取り組んでいます。これは、塗膜に使用される材料によって近赤外領域における分光特性が異なることを利用して上塗りの損耗や中塗りの露出状況の検出を遠隔・非破壊で行うものです。昨年度は、分光特性が未知である実橋の塗膜に対してハイパースペクトルイメージングシステムによる現地計測を行いました。このシステムによる計測の結果、現場で分光計測をすることができ、中塗り露出を検出するための最適な計測波長を現場で把握することがわかりました（写真-1、図-2）。

今年度は、上塗塗装仕様、塗替の有無、施工時期の異なる塗膜に対して分光特性を把握することを目的としてハイパースペクトルイメージングシステムによる現地計測を実施する予定です。

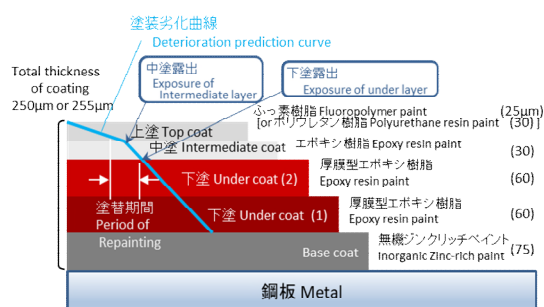


図-1 塗装仕様と塗膜劣化曲線
Fig.1 Heavy-duty anticorrosion coating system and deterioration prediction curve

Activity of HSBE

Deterioration detection of the coating system on steel bridges using near-infrared hyperspectral imaging

The long span bridges operated by the Honshu-Shikoku Expressway are located in straits with severe corrosive environments. For this reason, these bridges have been coated with a heavy-duty anticorrosion coating using inorganic zinc-rich paint, which has high sacrificial corrosion protection performance, as the base coat since their construction. Although the top coat is made of highly weather-resistant paint, the epoxy resin paint used for the intermediate and under coats wears out faster than the top coat. Therefore, preventive maintenance is performed to protect the inorganic zinc-rich paint by repainting before the base coat is exposed (Fig.1). In order to determine an appropriate time for repainting, it is necessary to identify the timing when the top coat is worn away and the intermediate coat is exposed.

HSBE is currently working on a joint research project with Kobe University to detect the deterioration of heavy-duty anticorrosion coatings using near-infrared measurement. This is to detect the deterioration of the top coat and the exposure of the intermediate coat non-destructively and remotely by utilizing the different spectral characteristics of materials in the near-infrared region. In the last year, measurements using a hyperspectral imaging system are conducted on coatings whose spectral characteristics were unknown on actual bridges. The results of measurements with this system show that spectral measurements can be made, and the optimum measurement wavelength to detect the exposure of the intermediate coat can be found on site. (Photo 1, Fig.2)

This year, on-site measurements using the hyperspectral imaging system are planned to obtain the spectral characteristics of coatings with different topcoat specifications, repainting histories, and ages.

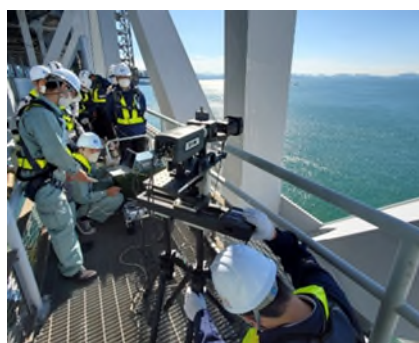


写真-1 ハイパースペクトルイメージングシステムでの計測状況
Photo 1 Measurement by hyperspectral imaging system

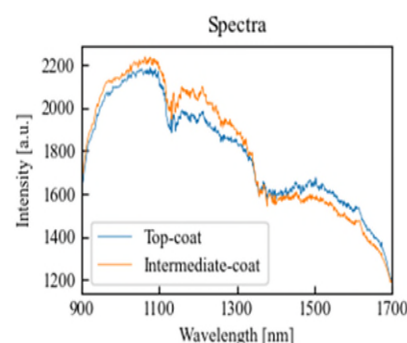


図-2 実橋で計測した上塗と中塗のスペクトル
Fig.2 Spectra obtained for top and intermediate coat

JB 本四高速情報

明石海峡大橋主塔下部水平材連絡用マンホール拡大工事

明石海峡大橋では、主塔エレベータ更新による部材搬入のため、主塔下部水平材連絡用マンホール（以下、「MH」という。）の拡大工事を実施致しました。エレベータ設置後 30 年が経過しており、補修部品の調達が困難な状況となっています。今後のエレベータ更新も考慮し、最も経済的な、更新部材を下部水平材から塔柱に搬入する方法を採用しております。

工事に先立ち、MH 拡大に伴う補強構造及び施工時の安全性の解析的検討を行いました。本検討では、過年度に行った耐震性能照査時の 3 次元モデルを活用し、弾塑性有限変位解析による構造全体での照査を行いました。MH 拡大に伴う断面欠損を補う補強構造は、FEM 解析により検討しており、MH 拡大部及びその周辺部材については、FEM シェル要素によりモデル化することで、MH 拡大前後の Von Mises 応力変動が、MH 周辺のみであり、吊橋主塔設計要領・同解説に示される降伏点強度の 0.8 倍以内であることを確認しました。また、MH 拡大後の主塔全体への影響照査のため、前述の補強構造モデルに対して活荷重条件と風荷重条件で荷重漸増による耐力解析を行い、両荷重条件において、施工前後で耐力曲線に差はなく、詳細設計時の解析結果とほぼ一致することを確認しました。さらに、解析結果の妥当性を確認するため、6 分の 1 縮小模型供試体による耐力試験を行い、得られた結果を用いて実橋施工パネル部の耐力検証を解析的に行った結果、MH 拡大による耐力の低下は見られないことを確認しました。施工箇所は、主塔内部の狭隘な空間であることから、原寸大模型を作成し、補強部材の建て起こしや溶接時の予熱方法等の施工性についても確認しています。

実施工では、施工箇所周辺にひずみゲージを設置し、施工期間を通じて許容応力度以下であることを確認し、令和 5 年 1 月無事竣工しました。本工事では、MH 拡大が、本体構造へ影響がないことを事前に確認し、品質の良い施工を行うことができました。本報告が、今後の同種工事における施工の一助になれば幸いです。

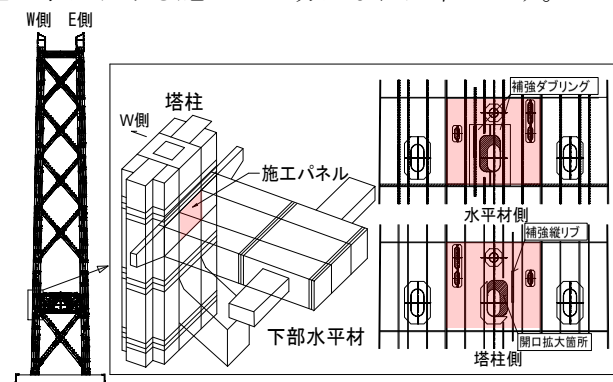


図-3 施工位置図
Fig.3 Location of manhole

Activity of HSBE

Enlargement of manholes between tower shafts and lower horizontal struts of Akashi Kaikyo Bridge

In the Akashi Kaikyo Bridge, in order to renew main tower elevators, the work to enlarge manholes was carried out. It has been 30 years since the elevator was installed, and it is difficult to procure repair parts. This work was required because the way to bring in renewal parts from the lower horizontal member to the tower shaft is the most economical in the long term.

The analytic study was carried out to check the reinforced structure for the enlargement manhole and the safety during the work. In this study, the strength of the entire structure was checked by the elasto-plastic and finite displacement analysis using 3D model created in the past study. The reinforced structure for the reduced sectional area was considered by FEM analysis. The enlarged manhole section was modelled by the FEM shell element and, it was found that the Von Mises stress was changed only around the manhole and was within 0.8 times the yield strength before and after the enlargement work. In order to check the effect of the enlargement work on the main tower, the ultimate strength analysis with load incremental method under the live and wind load conditions was carried out using the FEM shell model. As a result, it was found that no difference in the ultimate strength curves before and after work, and that the strength after work was about the same as the previous detailed design. It was checked the result of the analysis was valid from the ultimate strength test using one-sixth scaled model, and there was no decrease in strength due to work from the ultimate strength analysis of the full-scaled panel using the result of one-sixth scaled model test. Because the inside of the tower is very narrow, the workability was considered, in which the member for reinforcing were brought and set, and in which the enlarged manhole section was preheated before welding.

During the work, it was checked by strain gauges that the stress around the manhole were below the allowable stress. This work was completed in January 2023.



写真-2 補強部材建て起こし状況
Photo 2 Installation of reinforcement

国内プロジェクト

川崎港臨港道路東扇島水江町線側径間工事でのピロン柱施工について

川崎港では、コンテナ貨物取扱量が顕著に増加し、日本随一の施設容量を誇る冷凍冷蔵倉庫群などのロジスティクス機能も充実してきています。これに伴い、慢性化する交通混雑の緩和や大規模災害時の緊急物資輸送ルートの多重化を図るため、総延長約3kmの橋梁形式による臨港道路の整備を実施しています。

本橋梁は建設地点の近隣にある東京国際空港の高度制限を受けること、及び京浜運河に関する条件（航路幅と桁下空間確保）という大きな2点の社会的条件から、斜張橋の主塔は通常の斜張橋に比較して約半分の高さの低主塔となる5径間連続複合斜張橋（支間長85m+85m+525m+85m+85m）という構造になっています。

このうち5径間連続複合斜張橋形式の中央径間部は鋼構造、側径間部はPC桁構造となっており、側径間部はカウンターウェイトとしての機能を担っています。側径間部は海上部であるため下から固定支保工で構築する方法は困難なことから、張出架設方法を採用しており架設中におけるPC桁の支保について、下からの支保は難しいことから橋脚上にピロン柱と呼ばれる仮設支柱を設置し、その両側に仮斜材を配置して張出しの保持をする架設方法を採用しています。複合斜張橋の側径間部を本工法で構築する方法は国内では本橋梁が初めてとなります。

このピロン柱及び仮斜材は完成時には不要となる仮設物ですが、中央径間部鋼桁の張出し架設と本斜材設置の施工を進める中で、適宜ピロン柱からの仮斜材の張力調整等を行う必要があり、撤去時においても施工管理が重要となります。現在、側径間部ではピロン柱と仮斜材を用いてPC桁の張出し施工しているところであり早期供用を目指して引き続き施工を進めていきます。

（国土交通省 関東地方整備局 京浜港湾事務所より情報提供して頂きました）

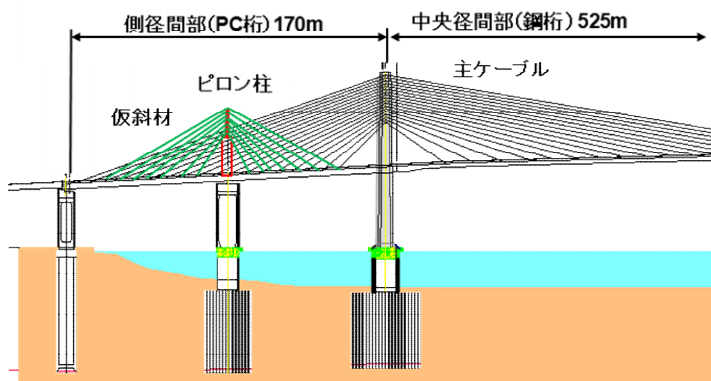


図-4 ピロン柱・仮斜材を用いた施工イメージ図
Fig. 4 Image of construction using temporary pylon and cables

Project in Japan

Construction of side span of cable-stayed bridge in Kawasaki Port Road with temporary pylon

At the Port of Kawasaki, containerized cargo handling volume has increased markedly, and logistics functions, such as the frozen and refrigerated warehouses, which boast the largest capacity in Japan, have been enhanced. In response, the Port of Kawasaki is constructing a 3-kilometer-long bridge-type port road to alleviate chronic traffic congestion and to provide multiple routes for transporting emergency supplies in the event of a major disaster.

Due to two major social conditions, the bridge is subject to the height restriction of the Tokyo International Airport located near the construction site and the conditions related to the Keihin Canal (width of the navigation channel and space under the girder), the main span of the cable-stayed bridge is a 5-span continuous composite cable-stayed bridge (span length 85m+85m+525m+85m+85m) with low towers of about half the height of a normal cable-stayed bridge. The center span of this 5-span continuous composite cable-stayed bridge has a steel structure, while the side spans have PC girder structures, serving as counterweights.

It was difficult to construct girders with supporting with staging since the side spans are offshore. For the side spans, a cantilever erection method with temporary cables and pylons was adopted. This adopted method is the first one for side spans of a composite cable-stayed bridge in Japan.

Although the temporary cables and pylons are not necessary at the completion of the bridge, adjustment of tensile force of the cables is necessary with the progress of the erection of steel girders in the central span and cable. In addition, execution management is also important in removing these temporary members. At present, PC girders are being expanded using these temporary cables and pylons, and construction will continue with the aim of early service. (This information was provided by Keihin Port office, Kanto Regional Development Bureau, MLIT.)



写真-3 ピロン柱・仮斜材を用いた張出施工状況（図-4イメージ図と反転）

Photo 3 Cantilever erection using temporary pylon and cables
(reversed from Fig. 4 image)

国内プロジェクト

荒川湾岸橋におけるロボット点検

荒川湾岸橋は、荒川を渡河する橋長 840m の 7 径間連続ゲルバートラス橋であり、供用から 45 年が経過しています。本橋は部材数が多くかつ複雑なトラス構造であることから、維持管理に手間を要することが課題です。そのため、点検の法令化以降、点検の信頼性や効率の向上を目的として、近接目視点検の範囲を大幅に向上させる点検技術の開発に取り組んでいます。

本橋は国道 357 号および JR 京葉線に近接しているため、道路上から橋梁点検車を用いて近接目視点検を行うことができません。これまでは、本橋の床版下中央に設置された点検通路からの近接および遠望目視点検ならびに船舶を用いた高架下からの遠望目視点検を主体として行い、異常発見時には特殊高所技術による臨時調査を併用してきました。しかし、点検通路から視認できる範囲に限られるため、死角となる箇所が多く、点検効率が悪いなどの課題がありました。

これらの課題を踏まえ、ロボットや全方位カメラなどを活用し、視点位置の自由度を向上させたことにより、死角が大幅に減少され、これまでに比べて点検の信頼性や効率が大きく向上しました。

① 上横構走行型ロボットなどによる点検

上横構の上面を走行することにより、点検通路から死角となる範囲の RC 床版をカメラで撮影できる点検ロボットを開発し、活用しています。ロボットは、リチウムイオンバッテリーを搭載した駆動部を内蔵し、上横構を自走します。ロボットが走行できないボルト添接箇所や上横構よりも外側の張出し床版部に対しては、ドローンによる点検を行っています。

② 全方位カメラ昇降点検システムによる点検

対傾構下弦材の格点部は、特殊高所技術でなければ接近できません。そこで、全方位カメラを任意の高さに昇降できる装置を開発し、対傾構下弦材格点部の点検に活用しています。この装置は、360°撮影のできるカメラを専用の滑車付き伸縮金具先端に取り付けたものであり、近接目視に代替えできる技術として開発したものです。

(首都高速道路より情報を提供いただきました。)

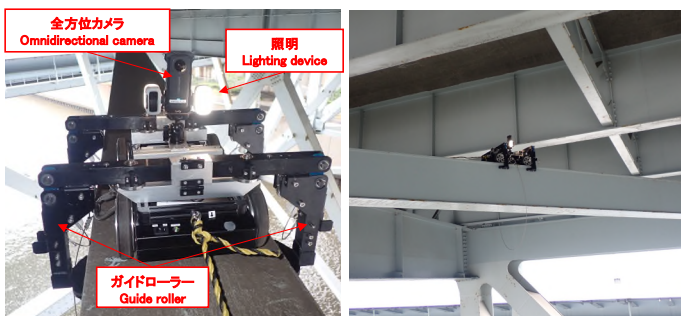


写真-4 上横構走行型ロボット

Photo 4 Robot that can travel over upper lateral bracing

Project in Japan

Inspection by Robot at Arakawa Bay Bridge

The Arakawa Bay Bridge is a 7 span continuous cantilever truss bridge with a length of 840 m that crosses the Arakawa River, and has been in service for 45 years. The bridge has a large number of members and a complex truss structure, which requires much time and effort for maintenance. Therefore, since the legalization of inspections, efforts have been made to develop inspection techniques that significantly improve the scope of close-up visual inspections with the aim of enhancing the reliability and efficiency of inspections.

Since this bridge is in close proximity to Route 357 and the JR Keiyo Line, it is not possible to conduct a close visual inspection using a bridge inspection vehicle from the road. Until now, the bridge has been inspected mainly by close or distant visual inspection from an inspection passage installed in the center under the bridge slab and by distant visual inspection from under the elevated bridge using a vessel. However, the limited range of visibility from the inspection passage meant that there were many blind spots, making inspections inefficient.

In response to these issues, the use of robots and omnidirectional cameras to increase the degree of freedom of viewpoint position has greatly reduced blind spots and greatly improved the reliability and efficiency of inspections compared to previous inspections.

1) Bridge inspection using a robot that can travel over upper lateral bracing

An inspection robot has been developed and utilized that can capture images of the RC slab in the blind spots from the inspection passage by traveling on the upper lateral bracing. The robot has a built-in drive unit with a lithium-ion battery, and it propels itself on the upper lateral bracing. When inspecting bolted joints where the robot cannot travel, or when inspecting overhanging slab sections outside of the upper structure, a drone is used to conduct bridge inspections.

2) Bridge inspection by omnidirectional camera elevation inspection system

The lattice points of the sway bracing lower chords can only be approached using special elevation techniques. Therefore, a device that allows the omnidirectional camera to be raised and lowered to any height was developed, and it is used to inspection of the lattice points of the lower string members of the sway bracing. This device consists of a 360° camera attached to the end of a telescopic metal fixture with a special pulley, and was developed as a technology that can replace the close-up visual inspection.

(This information was provided by Metropolitan Expressway)



写真-5 全方位カメラ昇降点検システム

Photo 5 Omnidirectional camera elevation inspection system

海外プロジェクト

ルーマニア・ブレイラ(ブライラ)橋 開通式典

ブレイラ橋（正式にはブライラですが、過去の記事との整合性から、ブレイラと表記します。）はルーマニア国東部に建設された吊橋です。No.73(平成 30 年 7 月)、No.83 (令和 3 年 1 月)、No.87 (令和 4 年 2 月) と紹介してきましたが、2018 年 12 月の工事着工から約 5 年、2023 年 7 月 6 日に吊橋部分を含む国道 11km 区間の開通式典が行われ、同日夕方一般交通開放されました。

式典には、ルーマニアの大統領・首相・運輸インフラ大臣、在ルーマニアの日本国大使、イタリア国土交通省副長官などが列席され、また、日本からも吉川ゆうみ外務大臣政務官が来羅、列席されました。

この道路の開通によって、ルーマニア東部のインフラが強化され、ドナウ川の両岸に対する緊急時のライフラインが確保されるとともに、物流強化による周辺地域の経済発展が期待されます。

なお交通開放に先立ち、2023 年 6 月には、ブレイラ橋で荷重載荷試験が行われ、その設計・施工の品質に対する確認が行われました。

現在は、残りの道路部 13km の施工と並行して、吊橋部のタワークレーンの撤去、仮設備の解体が行われており、2023 年末の完工が予定されています。吊橋部での施工に際しては、約 4 ヶ月間、平日夜間（21:00-6:00）全面通行止めを行い、安全に配慮して進められています。

((株)IHI インフラシステムより情報を提供いただきました。)



写真-6 吊橋全景
Photo 6 Bridge overview

Overseas Project

Opening ceremony for the suspension bridge over the Danube in Braila, Romania

Construction of the suspension bridge has now completed in Braila, in the eastern part of Romania. As previously introduced in Newsletter No. 73 (July 2018), No. 83 (January 2021) and No. 87 (February 2022), the construction of the bridge was started in December 2018, and 5 years later, on July 6th, 2023, the opening ceremony was held for 11 km long national road including the suspension bridge, and it was opened to traffic in the evening of the same day.

Many VIPs were invited for the opening ceremony such as the President, the Prime Minister and the Minister of Transport and Infrastructure of Romania, Ambassador Extraordinary and Plenipotentiary of Japan to Romania, Vice State Secretary of Infrastructure and Transport in Italy, as well as Parliamentary Vice-Minister for Foreign Affairs Yuumi Yoshikawa.

This road is expected to strengthen the infrastructure of eastern Romania, secure a lifeline in emergency on both sides of the Danube River, and improve the economic development of the surrounding region by strengthening logistics.

Prior to the opening to traffic, in June 2023, a series of the load tests was conducted on the bridge to confirm the appropriateness of the design and the construction.

Currently, construction of the remaining 13km of road is ongoing in parallel with dismantling of the tower cranes and the other temporary structures with targeted for the end of 2023. Considering safety of public, all the traffic on the bridge is closed on weekday nights (21:00-6:00) for about 4 months.

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



写真-7 開通式典
Photo 7 Opening ceremony

国際会議

第 11 回ニューヨーク市橋梁会議

2023 年 8 月 21 日から 22 日にかけて、第 11 回ニューヨーク市橋梁会議(New York City Bridge Conference)がアメリカのニューヨークで開催されました。

本会議では、橋梁に関わる技術者・管理者・設計者・研究者・請負業者が参加します。会議は基調講演・セッション発表で構成され、非常に活発な議論が交わされます。基調講演のテーマは、橋梁の維持管理手法・計画やリスク評価分析でした。

本四高速からは長大橋・技術部の坂本サブリーダーが「道路鉄道併用橋である瀬戸大橋の耐震補強」について技術発表を行いました。

会議前後にはブリッジツアーや橋梁管理者のワークショップも開催され、非常に充実した内容でした。

アジア・オーストラレーシア道路会議 2023 (インドネシア)

アジア・オーストラレーシア道路技術協会(Road Engineering Association of Asia and Australasia)主催のアジア・オーストラレーシア道路会議 2023 が 2023 年 8 月 23 日から 27 日までインドネシア・ラブハンバジョで開催されました。本会議では、道路技術セッション、ビジネスフォーラム及び展示会等が開催されました。また、本会議にあわせて、第 120 回評議委員会及び第 24 回若手技術者・専門家会議等が開催されました。

本四高速からは、長大橋・技術部の小林が「大鳴門橋 1A 上屋道路桁の電気防食による補修と維持管理」について道路技術セッションで発表を行いました。また、若手技術者・専門家会議に委員として出席しました。



写真-8 NYCBC での本四高速の発表
Photo 8 Presentation from HSBE at NYCBC

International Conference

11th New York City Bridge Conference

The 11th New York City Bridge Conference (NYCBC) was held in New York from August 21st to 22nd, 2023.

Engineers, operators, designers, researchers and contractors about bridges attended NYCBC. NYCBC consisted of keynote sessions and technical sessions. Themes of keynote sessions were about strategies for Bridge Maintenance and Risk-Based Analysis.

Mr. Sakamoto, Long-span Bridge Engineering Center, presented “Seismic retrofit of the Seto-Ohashi Bridges carrying highway and railway traffic”.

Before NYCBC, Bridge Tour was held. And after NYCBC, workshop of Bridge Operators was held. During NYCBC, members of HSBE attended NYCBC spent very worthwhile time.

Asia Australasia Road Conference 2023 (Indonesia)

Asia Australasia Road Conference 2023, hosted by The Road Engineering Association of Asia Australasia (REAAA), was held in Labuan Bajo, Indonesia from August 23rd to 27th, 2023. Activities such as Technical Session, Business Forum and Exhibition were conducted. Besides, alongside the conference, 120th REAAA Council Meeting and 24th Young Engineers and Professionals (YEP) Meeting were carried out.

A paper titled “Repair and Maintenance for Concrete slab of Anchorage of the Ohnaruto Bridge with Cathodic Protection” was presented by Mr. Kobayashi, Long-span Bridge Engineering Center, Honshu-Shikoku Bridge Expressway in technical session. He also attended to YEP meeting as a Japanese YEP member.



写真-9 アジア・オーストラレーシア道路会議 2023
Photo 9 Asia Australasia Road Conference 2023

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
<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) 1071