

JB 本四高速の活動

デンマーク・グレートベルト・イースト橋との技術協力協定締結

JB 本四高速は、平成 30 年 7 月 30 日、デンマーク・ストアベルト社 (A/S Storebælt) との間で技術協力に関する協定を締結しました。ストアベルト社は、スンド・ベルト社の子会社で、デンマークのフン島とシェラン島との間を道路及び鉄道で結ぶグレートベルト・リンクと呼ばれる交通路を管理する会社です。グレートベルト・リンクは、2本の橋と1本のトンネルとで構成され、このうち、グレートベルト・イースト橋は明石海峡大橋と同じ1998年に開通し、中央支間長が1,624mと、現時点で世界第三位の長さを誇る吊橋です。また、明石海峡大橋とは姉妹橋の関係にあり、これまでも両社間で交流が行われておりましたが、両橋の開通20周年という節目の年に、今後の長大橋の維持管理等に関して、さらなる技術交流を行うことを目的に、今回の協定の締結が行われました。

技術協力協定の調印式は、橋の科学館(神戸市垂水区)でとり行われ、本州四国連絡高速道路株式会社の酒井孝志社長とストアベルト社のミッケル・ヘミンセン CEO(最高経営責任者)との間で協定文書への署名が行われました。技術協力の内容としては、有料道路及び長大橋の建設、維持管理及び研究開発等の分野において、情報の交換及び人的な交流の促進を行うというものです。

長大橋の長寿命化に向けた積極的な取組みが行われている同社との技術交流を進めることで、200年以上の長期にわたり利用される橋の実現を目指すうえで必要となる維持管理技術の向上が期待されます。



写真-1 グレートベルト・イースト橋
Photo 1 Great Belt East Bridge

Activity of HSBE

HSBE Concluded the MOU with A/S Storebælt

HSBE concluded the Memorandum of Understanding (MOU) for mutually beneficial relationship with A/S Storebælt on 30th July, 2018. A/S Storebælt, the subsidiary of Sund & Bælt Holding A/S, is responsible for the technical operations and maintenance of the road link and the maintenance of the rail link which connect the west and east parts of Denmark by two bridges, including Great Belt East Bridge, and a tunnel. The Great Belt East Bridge is the third longest suspension bridge with the center span length of 1,624m. The suspension bridge opened in 1998, and it has a sister bridge relationship with the Akashi-Kaikyo Bridge opened in the same year. The MOU was signed to implement further technical exchange in the memorable year of 20th anniversary of the bridges' opening.

Signing ceremony was held in the Akashi Kaikyo Bridge Exhibition Center, and Mr. Takashi Sakai, president of HSBE, and Mr. Mikkel Hemmingsen, CEO of A/S Storebælt, signed on the MOU. The fields of the mutual relationship cover all over toll-road and long-span bridge design, construction and maintenance. And the mutual consent also includes exchanges of technical information, mutual visits and holding technical meetings.

In order to extend the service life of the fixed link in Denmark, various kinds of technical challenges have been made by the A/S Storebælt. By furthering technical exchange with the operator of the fixed link, technological progress in the maintenance of large-scale infrastructure, which is essential for the realization of the bridges with the service life of more than 200 years, is expected.



写真-2 調印式の後、握手を交わす
酒井社長とヘミンセン CEO

Photo 2 Mr. Sakai, president of HSBE and
Mr. Hemmingsen, CEO of A/S Storebælt

国内プロジェクト

川崎港臨港道路東扇島水江町線橋脚基礎工事の概要

川崎港東扇島～水江町地区臨港道路整備事業は、東扇島地区と内陸部の円滑な接続による物流機能の強化、東扇島地区に整備されている基幹的広域防災拠点からの緊急物資輸送用ルート多重化を図ることによる防災機能の強化を目的とし整備するもので、主橋梁部の設計諸元は以下のとおりです。

橋梁形式：5径間連続複合（鋼・PC）斜張橋
 橋長：870.0m
 支間長：85.0m+85.0m+525.0m+85.0m+85.0m
 幅員：車道3.25m×4、歩道2.0m
 道路規格：第4種第1級（設計速度50km/h）

主橋梁部（5径間連続複合斜張橋）については、現在橋脚基礎工を施工中であり、そのうち水江町地区側の工事概要について紹介します。

基礎工の施工については、ニューマチックケーソン工法を採用しており、最終の刃口高がK.P. -60m以深と非常に深いため高気圧での施工となります。土質条件は、表層～中間層にかけて軟弱粘性土Ac1、Ac2層が25m以上堆積しており、土質試験の結果より変形によって極端に強度が低下する地質であることがわかり、当該土層での沈下掘削時におけるケーソンの傾斜防止・開口率の確保・過沈下の防止が課題でした。

対策としては、外周鋼矢板からの水平ジャッキ等による傾斜防止および付け刃口の設置により開口率を確保することで対応しており、この対策によりケーソンの傾斜を抑え対角高低差を1/600以内で施工しています。また、付け刃口の設置によって、開口率はAc1表層で当初計画の8割程度でしたが、Ac1中層以深では計画開口率と同等の開口率を確保し施工することができました。なお、施工にあたっては、各種計測を行い、ケーソン沈設に伴う傾向を把握し、掘削管理を行っています。

現在、各種対応により順調に沈下掘削を継続しており、2018年10月頃にケーソン基礎が設計深度に着底する予定です。

（国土交通省 関東地方整備局 京浜港湾事務所より情報を提供して頂きました）



図-1 完成イメージ

Fig.1 Conceptual drawing



写真-3 現場全景

Photo 3 Construction site



写真-4 水平ジャッキ設置状況

Photo 4 Horizontal jack

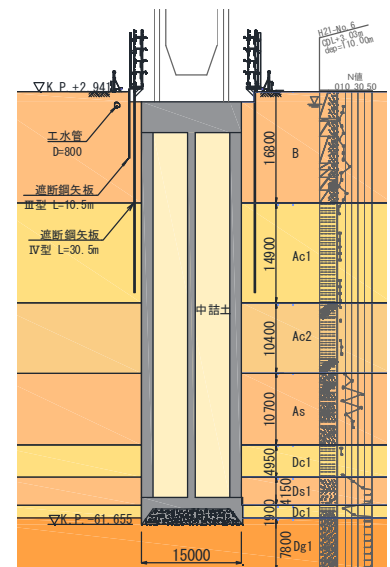


図-2 土質柱状図と構造断面図

Fig.2 Boring log and pneumatic caisson

Project in Japan

Bridge Pier Foundation Work of Kawasaki Port Road connecting Higashi-Ougishima and Mizue-Cho

Kawasaki Port Road Project is intended to strengthen logistics functions by connecting Higashi-Ougishima area and internal region, and enhance disaster preparation functions by ensuring multi-traffic routes for emergency transportation from the major disaster prevention base located in Higashi-Ougishima. Specification of the main bridge is as follows:

Bridge type: 5-span continuous composite (steel and concrete) cable-stayed bridge
 Length: 870.0m
 Spans: 85.0m + 85.0m + 525.0m + 85.0m + 85.0m
 Lane width: 3.25m x 4 for vehicles and 2.0m pedestrian
 Road classification: Type 4 Class 1 (design speed: 50km/h)

Foundation of the main bridge is under construction. In this article, the work at Mizue-Cho side is described.

Pneumatic caisson method is selected for the foundation work. Since the final depth of cutting edge is below 60m from sea surface, excavation work is conducted under high pressure. From surface to middle layers, soft cohesive soil is deposited more than 25m. Since it is known that the soil lose strength drastically by deformation from soil test, challenges are the prevention of tilt, securing of the opening ratio (= the excavated area against the bottom area of the caisson), and prevention of excessive sinking during excavation.

As countermeasures, tilt is prevented by horizontal jacking from outer steel sheet pile and the opening ratio is secured by additional cutting edge. By these countermeasures, tilt was suppressed within 1/600. Although the opening ratio is 80% of planned value in the surface layers, it reached almost 100% after the middle layers by additional cutting edge. Also, several measurements are conducted during installation.

Subsidence and excavation is on schedule. The foundation will reach design depth in October 2018. (The information is provided by the Keihin Port office, MLIT.)

海外プロジェクト

開通 20 周年を迎えた世界第三位の吊橋

2018年6月、グレートベルト橋は開通20周年を迎えました。また、同月、通行台数が2億台を突破しました。これは、本プロジェクトが大きな成功を収めたことを示すものです。これは、デンマークやヨーロッパの人々の移動を容易にただけではなく、デンマーク社会への堅実な投資であることを示しました。

グレートベルト・リンクは良好な状態で20周年を迎えました。まだ新しい橋梁ですが、多くのシステムの保守と運用を最優先事項としています。本橋を維持管理するスンド・ベルト社（S&B社）では、業務の一層の効率化を目的として、技術開発を進めています。ドローン（写真-5参照）などを使用し、近接が困難な箇所における点検技術を行うなど、管理のデジタル化を行っています。さらに、点検員による点検によらず、設備状態をよりよく監視するためのセンサー技術の開発を進めています。

S&B社では、資産管理システムを更新するとともに、点検やモニタリングの結果などの膨大なデータをそのシステムを使って処理しています。これは、保全活動のタイミングをより正確に把握するとともに、より少ない費用によって効率的な管理を実施することを目標に、維持管理全体をデータ中心型の体系とするものです。

今後の技術開発に向け、S&B社は、グレートベルト橋をプラットフォームとして活用しながら、外部の技術パートナーや専門家と協力していくことにしています。例えば、グレートベルト橋の姉妹橋である明石海峡大橋を管理する本州四国連絡高速道路株式会社などの管理者と知識や経験を共有することにしています。6月4日、本橋の20周年を祝う同社からの派遣者を迎え、ドローンによる点検訓練を実施しました（写真-6参照）。

グレートベルト橋は100年以上の長期供用を目指していますが、数多くの新技術を活用した維持管理により、200年に達する健全性の確保も可能と考えています。これは、デンマーク国民だけではなく、他のヨーロッパの人々にとっても有益なものとなるでしょう。

（スンド・ベルト社より情報提供いただきました。）

Overseas Project

Third Longest Suspension Bridge Celebrated 20th Anniversary

In June, 2018, the Great Belt Bridge celebrated its 20th anniversary. In the same month, the 200th million vehicle crossed the fixed link, underlining its enormous success. The Bridge has not only made it easier to be a traveler in Denmark and Europe, it has also proved to be a sound investment for Danish society.

The Great Belt fixed link has reached its 20th anniversary in good shape. Nevertheless, despite its young age, the operation and maintenance of its many systems remains a priority. Sund & Bælt Holding A/S has thus embarked on a technology leap to maintain its operational efficiency. Operations are being digitalized by deploying technology for inspection work at difficult-to-access places, supported by drones (refer to Photo-5), etc. In addition, Sund & Bælt is investing in sensor technology to better monitor the condition of its facilities without manual inspections.

Sund & Bælt Holding A/S processes the wealth of data received from inspections and monitoring through an asset management system, which is also being upgraded. The aim is to make the entire maintenance system data-driven in order to predict the exact need for maintenance and thus achieve more efficient operations at less cost.

The Great Belt Bridge is set to play a key role as a platform for a future technology leap at Sund & Bælt Holding A/S in partnership with external technology partners and other experts. The aim is to share relevant knowledge and experience with international bridge owners such as, for example, our sister company, Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited (HSBE) in Japan. The 20th anniversary was celebrated with delegates from HSBE at the bridge site to join demonstration of drone operation on June 4 (refer to Photo-6).

The Great Belt Bridge has a lifetime of at least 100 years, but with the many new technological maintenance possibilities, it is not impossible that the iconic Great Belt Bridge will also be in fine shape 200 years from now – for the benefit of the Danish people and the rest of Europe. (The information was provided by Sund & Bælt Holding A/S.)

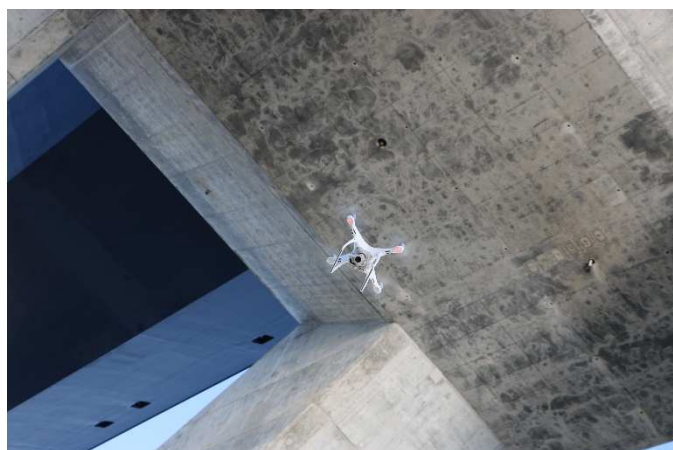


写真-5 ドローンによる点検訓練
Photo 5 Demonstration of drone operation

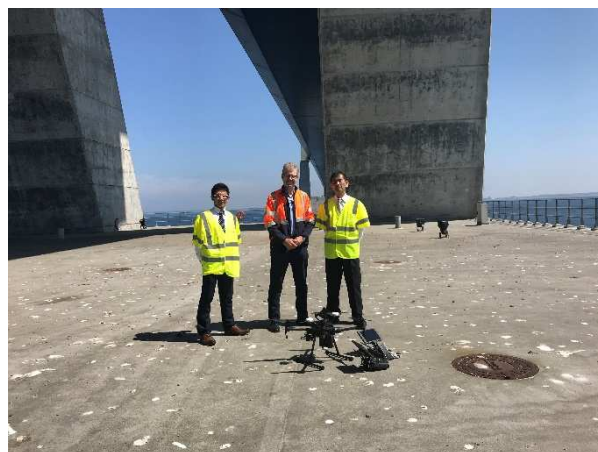


写真-6 本四高速社員とドローン
Photo 6 Japanese delegates with a drone

海外プロジェクト

シドニーハーバーブリッジの点検ロボット

シドニーハーバーブリッジは複雑な構造を有しており、部材によっては接近手段が限られていたり閉塞された構造であったりするため、特別な機材を用いないと点検できない箇所がある。このような閉塞空間の点検を目的として、自律型点検ロボットが開発された。自然界に発想を得たロボットは、シドニーハーバーブリッジの管理者であるニューサウスウェールズ州道路港湾局とシドニー工科大学が共同で開発したもので、実橋への適用性も高い。このような危険を伴う空間で点検員の行う業務をロボットが代行することにより、労働安全衛生面のリスクを無くすことが可能となる。

尺取虫の動きから発想を得た点検ロボットは、7自由度を有する柔軟な躯体を持つ。それぞれ3つの磁石を有する2本の脚、カメラとRGB-Dセンサー*によるセンサーシステムを有し、頭脳となる部分については周辺環境の認識、3Dマップの構築、移動計画、衝突回避、角部やリベットなどの回避、情報収集といった機能を持つ。第二世代の点検ロボットはシドニーハーバーブリッジで稼働しており、物理的に、あるいは安全衛生面から点検員が近接不可能な箇所での点検・評価を行っている。ロボットは、シドニーハーバーブリッジのアーチを構成する箱桁の内部でテストされ、現在は点検員の操作により実際に稼働している。操作が複雑化しないように設計されており、ロボット自体が構造物をスキャンし、小さな開口の通過など、移動ルートを計算する。開発に際しての要求性能として、0.6m×0.6mの閉塞空間での移動、直径0.3mのマンホールの通過などが求められている。操作者の安全にも配慮がされており、可動部分で指などを挟まないような防護や、ロボットを現場に運搬するための専用バックパックなども考えられている。

このロボットシステムは、危険な環境での作業といった作業員の労働環境の改善のみならず、閉塞環境での作業の効率化も実現している。

(ニューサウスウェールズ州道路港湾局より情報を提供して頂きました)

*RGB-Dセンサー：色情報に加え、カメラからの深度情報も取得可能なセンサー

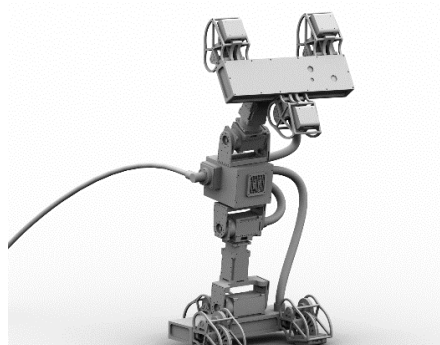


写真-7 点検ロボット
Photo 7 Inspection robot



写真-8 実橋での点検状況
Photo 8 Inspection on site



写真-9 シドニーハーバーブリッジ
Photo 9 Sydney Harbour Bridge

Overseas Project

Inspection robot for Sydney Harbour Bridge

The Sydney Harbour Bridge has complex structure. Some sections cannot be inspected without special equipment because of the difficulty of access and confined space restriction. A novel practically deployable bio-inspired autonomous robot, the first of its kind, has been developed by Roads and Maritime Services of NSW, an operator of the bridge, and the University of Technology Sydney, for inspection of the confined spaces of the bridge. The robot's job is to enter these hazardous places and perform the task of the human inspector, thereby eliminating an OH&S risk.

The climbing robot, inspired mechanically and kinematically from the inchworm, consists of a flexible body with 7 degrees of freedom; two feet each with three magnetic toes; a sensor package equipped with a camera and a RGB-D sensor; and a "brain" with intelligence for environmental and situation awareness, three-dimensional (3D) map building, motion planning and collision avoidance, negotiation with edges/corners/rivets, and information collection. The second generation climbing robot has been deployed in the Sydney Harbour Bridge for inspection and condition assessment of locations that human inspectors either cannot access, or are not allowed to access due to OH&S requirements. The robot was tested in the interiors of the box girders that form the arch of the Sydney Harbour Bridge and is now deployed in practise and operated by the Bridge Inspector. User controls were designed to be uncomplicated, and it is the robot that scans the structure and calculates its own path to climb along, including through small portholes. Mobility requirements for the development includes, traverse through confined passages as small as 0.6m by 0.6m, and transition through manhole with minimum diameter of 0.3m. Ergonomics was a safety in design consideration. All moving parts are guarded from finger pinch points and a customised backpack is used to carry the robot to site.

Whilst the robotic system significantly improves worker safety by eliminating their exposure to dangerous and hazardous environments, it also provides operational efficiencies compared to normal confined space entry protocols.

(This information is provided by Roads and Maritime Services, NSW, Australia.)

海外プロジェクト

青馬大橋(香港)～ハンガーロープ塗替え～

青馬大橋（最大支間長 1,377m）のハンガーロープの塗装系の耐用年数は 15 年から 20 年であり、塗替えの時期が近づいています。耐久性や構造安全性の保持のため、ハンガーロープの大規模塗替えを段階的に実施しています。

2013 年に準備工と試験塗装を開始しました。評価期間を経て、工事の第一段階が 2017 年 3 月から 2018 年 5 月まで行われました。橋上の重交通を阻害することを最小限にするために、工事は段階的に実施され、同時に施工する範囲が制限されています。全てのハンガーロープの塗替えを 5、6 年以内で完成させる予定です。新しい塗装システムの導入の他に、この工事においては、環境に配慮して、既存の塗装や鉛ペーストを除去することが大きな課題となっています。工事の第二段階は、2018 年夏に開始し、2019 年夏の完成を目標としています。

ハンガーロープが損傷すると、早期の交換や高額な交換費用につながることに注意することが重要です。ハンガーロープの交換は、長期の車線規制など、橋の管理において悪影響を及ぼすことになります。

(TIML MOM Limited より情報提供いただきました。)



写真-10 ゴンドラによるハンガーロープアクセス
Photo 10 Gondola at Suspender



写真-12 ハンガーロープの塗替え状況
Photo 12 Painting to Suspenders

Overseas Project

Tsing Ma Bridge, Hong Kong: Repainting to Suspenders

The paint system on the suspenders of the Tsing Ma Bridge (TMB) has approached the end of its service life of 15 to 20 years. Large scale repainting of all suspenders is now being executed in phases to protect the suspenders for durability and structural integrity.

Preparatory works and trial painting to the suspenders commenced in 2013. After an assessment period, the first phase of works began in May 2017 and completed in May 2018. To minimize disturbance to the heavy traffic on the bridge, the works can only be executed in different phases thus limiting the extent of works at the same time. It is expected that the repainting of all suspenders can be completed within five to six years. Apart from the application of a new paint system, the removal of the existing paint and lead paste in an environmentally friendly manner gives great challenges to the works. The second phase works is planned to start in the summer 2018 and is targeted for completion in the summer 2019.

It is important to note, any damage to the suspender ropes will lead to a premature and costly replacement operation. Any replacement of suspender ropes shall bring unfavorable effects to the bridge operation such as prolonged closure of traffic lanes.

(This information is provided by TIML MOM limited.)



写真-11 ウォータージェット洗浄
Photo 11 Water Jet Cleaning

国際会議

第9回橋梁の維持管理と安全性に関する国際会議 (IABMAS2018)

第9回橋梁の維持管理と安全性に関する国際会議 (IABMAS2018)が、2018年7月9日から7月13日の日程でオーストラリアのメルボルンにおいて開催されました。この会議は、橋梁の維持管理、安全性、マネジメントの分野で国際的協力を促進することを目的に、2002年から2年ごとに開催されています。

会議では40ヶ国より392編の論文が発表されました。本四高速からは、長大橋技術センター総括・耐震グループの花井サブリーダーが「道鉄併用トラス橋の耐震補強」と題した論文を、しまなみ今治管理センターの河野が「吊橋センターステイロッド部の疲労損傷と疲労強度特性」と題した論文の発表を行いました。

2018 ケーブル橋梁国際カンファレンス

2018年7月5日に、ICC (2018 ケーブル橋梁国際カンファレンス) が韓国の釜山で開催されました。広安大橋が今年で供用15年を迎えたのを機に、管理者である釜山施設公団の主催で実施されました。今回のカンファレンスでは、海上に架かるケーブル橋梁の維持管理の事例をテーマに、2つの基調講演と5カ国から9題の発表が行われました。

本四高速からは保全部橋梁保全課の貴志課長が、「吊橋主ケーブルのケーブル送気乾燥システム」と題して、20年前に本四高速で世界に先駆けて開発したケーブル送気乾燥システムの現況と改善の取り組みについて発表を行いました。

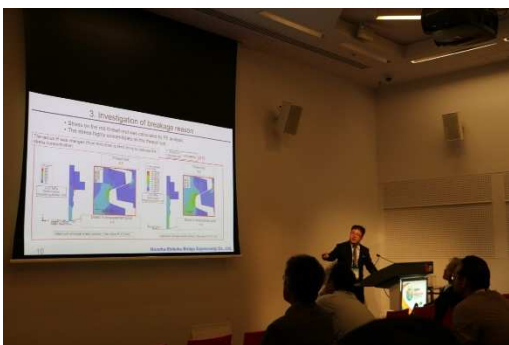


写真-13 IABMAS での本四高速の発表
Photo 13 Presentation from HSBE at IABMAS

International Conference

9th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management

9th International Conference on Bridge Maintenance Safety and Management (IABMAS 2018) was held in Melbourne, Australia from July 9th to 13th, 2018. The conference has been held every two years since 2002 aiming at promoting international cooperation in the fields of bridge maintenance, safety, and management.

In this conference, 392 technical papers were presented from 40 countries. From HSBE, Mr. Hanai, Manager of Engineering Management and Earthquake Engineering Division, presented "Seismic retrofit of truss bridge for highway and railway" and Mr. Kawano, Shimanami operation center, presented "Fatigue strength and improvement effect of the center stay rod".

2018 International Conference of Cable-supported bridges

ICC "2018 International Conference of Cable-supported bridges" was held in Busan, Korea on July 5, 2018. It was carried out under the administrator Busan Infrastructure Corporation on occasion of the GwngAn-Bridge celebrating 15 years of service this year. In this conference, two keynote speeches and nine entries from five countries were delivered on the theme of maintenance and management of cable-supported bridge over the sea.

From HSBE, Mr. Kishi, Director of Bridge Maintenance Division presented "Dry Air Injection System of Main Cables of Suspension Bridges".

This paper introduced the current situation and improvements of dry air injection system of main cables which was developed by HSBE for the first time in the world 20 years ago.



写真-14 ICC での本四高速の発表
Photo 14 Presentation from HSBE at ICC

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
<http://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
<http://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