

JB 本四高速情報

第 11 回国際吊構造橋梁管理者会議開催

2022 年 11 月 14 日から 16 日まで、兵庫県神戸市の「神戸国際会議場」において、国際吊構造橋梁管理者協会（以下、ICSBOA）の協力を得て、本州四国連絡高速道路株式会社（以下、本四高速）主催により、「第 11 回国際吊構造橋梁管理者会議」を開催しました。この会議には、吊橋や斜張橋といった吊構造橋梁の維持管理に携わる、16 カ国 180 名の技術者（バーチャル参加者を含む）が一堂に会し、論文発表等を通じて長大橋の建設・維持管理に関する課題や研究成果の発表及び意見交換を行いました。

国際吊構造橋梁管理者会議は、1991 年にニューヨーク州橋梁公団（以下、NYSBA）の主催によりアメリカで初めて開催されました。日本では過去に本四高速の主催により神戸（2002 年）と高松（2008 年）の計 2 回開催しており、日本では 2008 年以来 14 年ぶり 3 回目の開催となりました。

会議の開催に先立ち、11 月 14 日の朝に開会式が行われ、本四高速代表取締役社長 後藤政郎が主催者挨拶、ICSBOA 議長 Ms. Justine Tietjen (MTA Bridges and Tunnels, USA) が協会挨拶、神戸市長 久元喜造氏が来賓挨拶を行いました。その後、本四高速技術委員会委員である、城西大学の藤野陽三学長より、「日本における長大橋の発展及び本州四国連絡橋の維持管理における実践と課題」をテーマとした基調講演が行われました。

11 月 14 日の午後からは、3 つの会議室に分かれて、テーマごとに合計 10 セッションにおいて、論文発表及び活発な討論が行われるとともに、2 テーマ 4 セッションに分けてワークショップが実施されました。

Activity of HSBE

11th ICSBOC held in Kobe, Japan

The 6th International Cable Supported Bridge Operators' Conference (ICSBOC) was held at the Kobe International Conference Center, in Kobe, Hyogo Prefecture, which was organized by International Cable Supported Bridge Operators' Association (ICSBOA) and hosted by Honshu Shikoku Bridge Expressway Company Limited (HSBE) on 14th-16th November, 2022. Around 180 bridge operators, consultants, suppliers and research/education institutions from 16 countries, participated in the conference and discussed current technical issues and research concerning the construction and maintenance of cable supported bridges through presentations.

The 1st ICSBOC conference 1991 was held in the US, hosted by New York State Bridge Authority (NYSBA). The conference has been held twice in Kobe (2002) and Takamatsu (2008), hosted by HSBE, so this was the third time in 14 years, since 2008, that was held in Japan.

Prior to the conference, the opening ceremony started in the morning of 14th November. At the opening ceremony, Masao Goto, President and Representative Director of HSBE, ICSBOA Chair Ms. Justine Tietjen (MTA Bridges and Tunnels, USA) and Mr. Kizo Hisamoto, Mayor of Kobe, gave the welcome address. And then, a keynote speech was given by President Yozo Fujino of Josai University, a member of HSBE Technical Committee, on the theme "Development of Long-span Bridges in Japan Practice and Some Challenges in Maintenance of Honshu-Shikoku Bridges".

From the afternoon of 14th November, presentations and discussions were made in 10 sessions per theme in three conference rooms, and workshops were held in four sessions on two themes.



写真-1 開会式 主催者挨拶

Photo-1 Opening address



写真-2 開会式 基調講演

Photo-2 Keynote speech

以下に、発表論文の概要について紹介します。ただし、本誌のページ数の制限により、一部のみの論文の紹介となります。

「建設プロジェクト紹介：1915 チャナッカレ橋」

トルコのチャナッカレ県の欧州側とアジア側を結ぶ1915 チャナッカレ橋（写真－4）は、2022年3月18日に開通した。本橋は橋長4,608m、中央支間長2,023mを有し、明石海峡大橋を超える世界一の長大吊橋となった。

橋の設計にあたっては、高い水準での品質・維持管理性・施工性・安全安心等の理念を追求し、100年の長期に利用できる橋を目指して行われた。また、橋の交通荷重、風や地震の影響に対する耐荷性能については、欧米等の設計基準に基づき設計された。また、風の動的影響に対しては、カナダ・デンマーク・中国で行われた風洞試験等の性能試験により確認された。

主塔基礎の設置位置では、合計368本（欧州側基礎：203本、アジア側基礎：165本）の打ち込み杭により補強された地盤上に礫層が敷設された。並行して、ドライドックで主塔基礎となるケーソンを製作したのち、4隻の船により設置場所に曳航され、ケーソン内部に海水を注入することでケーソンを所定の位置に設置された。

主塔は鋼製の門形であり、2本の塔柱と3段の水平材で構成されている。塔柱は高さ方向に32ブロックに分割され、1ブロックあたりの高さは7～11.5mである。また、主塔は318mの高さを有し、世界で6番目に高い主塔となった。

主ケーブルは片側1本で計2本、1本につき144本のストランドで構成されている。各ストランドは127本のワイヤーで構成され、1本のワイヤーの直径は5.75mmです。架設は、PPWS（プレファブパラレルワイヤストランド）工法により行われた。一方、ハンガーロープは24mの間隔で配置され、合計は314本が使用されている。

床版には、長支間に対する耐風安定性を考慮し、「TWIN-orthotropic-box deck」と呼ばれる特殊な床版が採用されている。この床版の特徴としては、2つの同じ床版が並行して架設され、24mごとに1本の横桁により接合される。架設は、主ケーブル上に設置された吊り上げ用門形クレーンを用いた直下吊り工法、と大型のクレーン船により吊り上げる工法により行われた。

（トルコ国道路総局のDedeoglu氏により発表して頂きました（写真－3））



写真－3 1915 チャナッカレの講演（Dedeoglu氏）

Photo-3 The presentation by Mr. Dedeoglu

The following is an outline of the paper presentations. However, due to the limited number of pages, only some of the papers will be introduced.

1915 Çanakkale Bridge in Turkey

The 1915 Çanakkale Bridge (Photo-4), which connects the European and Asian sides of Çanakkale Province, Turkey, was opened for traffic on 18th March 2022. With a total length of 4,608 m and main span of 2,023 m, the bridge has been the longest suspension bridge in the world, exceeding the Akashi-Kaikyo Bridge.

About the design of the bridge, high standards of quality, maintainability, constructability, safety and security has been ensured, with the aim of making the bridge usable for 100 years. And, load resistant performance of the bridge for traffic loads, wind and seismic effects is designed in accordance with design standards from Europe, America and Turkey. For dynamic effects of wind, it was confirmed by wind tunnel tests in Canada, Denmark and China.

At the installation site of the main tower foundation, a gravel layer was laid on the soil reinforced by a total of 368 Inclusion Piles (European side foundation: 203, Asian side foundation: 165). In parallel, the caissons that would be the main tower foundation were made in a dry dock, then towed to the installation site by four tug boats, and finally placed by injecting seawater inside the caisson.

The main towers are steel portal-frame structures. They consist of two legs and three cross beams, and each leg have 32 brocks with different heights changing from 7 to 11.5m. The height of main towers is 318 m, making it the sixth tallest bridge in the world.

Main cables consists of one cable per side for a total of two cables. One main cable composes of 144 cable strands, each cable strand have 127 steel wires, and the diameter of one wire is 5.75 mm. The PPWS (Prefabricated Parallel Wire Strands) method was selected for main cable works. On the other hand, hanger ropes are spaced 24 meters equally, with a total of 314 ropes in use.

For the deck, a special deck called “TWIN-orthotropic-box deck” is used for aerodynamic stability with long span. The feature of the deck is that it have two exactly same decks and they are connected by cross girders at every 24 meters. The erection of deck was carried out by using a large floating crane, and lifting gantries previously placed on the main cable. (Presented by Mr. Dedeoglu (Photo-3), General Directorate of Highways, Turkey)



写真－4 1915 チャナッカレ橋

Photo-4 1915 Çanakkale Bridge

「AI 技術を使用したグレートベルト橋のデータ解析～写真画像を活用した点検システム～」

デンマークのフン島とシェラン島を結ぶグレートベルト橋は、全長 6.6km のウェスト橋と全長 6.8km のイースト橋で構成されている。ウェスト橋は RC 連続箱桁橋で、イースト橋は中央支間長 1,624m を有し、開通時では世界で 2 番目の長大吊橋であった。

グレートベルト橋の維持管理にあたり、合計で 40 万平方メートルのコンクリート面を点検する必要がある。この膨大な作業量に対し、点検の効率化や高度化のために、橋梁管理者であるストアベルト社 (A/S Storebælt) は、2017 年からドローンによる点検の試行を開始した。その結果、ドローンを使用することで従来の点検より作業時間が大幅に減少できた一方で、大量の画像を確認することが点検員に大きな負担を与えることになった。

そこで、ドローンの点検技術に加えて、AI 技術を使用した「写真画像を活用した点検システム」(以下、PAI)を開発した。導入当初の PAI の作業フローを図-1 に示す。まず、ドローンに搭載されたカメラより撮影した構造物の画像から、AI により損傷箇所を抽出し記録する。そして、点検員は AI で抽出した損傷箇所を確認し、損傷箇所の真偽を判断する。この PAI を利用することで、大量の画像を処理することができ、その結果、点検員の作業時間も減らすことができる。

さらに、損傷検出の精度を高めるために、PAI の改良が行われた。PAI のコアである AI モデルについて、3 種類のモデルの対照実験を行った。その結果、損傷検出の正確率が最も高いため、Alexandra Institute 社が開発した AI モデルを選出した。加えて、さび、ひび割れ、剥離等の変状をより正しく検出するために、教師データとなる大量の画像を AI モデルに組み込むことも行われた。また、新しい PAI の追加機能として、ドローンが撮影した画像に基づく構造物の 3D モデル (図-2) の作成、および AI モデルによる 3D モデル上での損傷箇所の記録が可能となり、これにより、損傷の全体像を掴むことができるようになった。また、操作の利便性の向上のため、3D モデルに損傷原因等を注釈する機能や過去の点検結果とリンクする機能も追加された。

改良した PAI を実際の点検に使用した結果、従来の点検方法では約 4 か月かかる点検作業が、14 日間に短縮できる。

(ストアベルト社の Bormlund 氏により発表して頂きました)

Data analysis using artificial intelligence on the Great Belt Link - Photographic Asset Inspection (PAI)

The Great Belt Link between Funen and Zealand in Denmark comprises the 6.8 km East Bridge and the 6.6 km West Bridge. The West Bridge superstructure is made of reinforced concrete and comprises cantilevered box girders, and the East Bridge superstructure is an aerodynamically shaped, fully welded closed box steel girder. The 1,624 m distance between the pylons makes it one of the longest suspension bridges in the world. A total of 400,000 square meters of concrete surfaces has to be inspected for maintenance of the Great Belt bridges. In response to this enormous amount of work, in order to improve the efficiency and sophistication of the inspections, the bridge manager, Sund & Bælt Holding A/S started a drone inspection in 2017. The results showed that while the use of drones significantly reduced the work time compared to traditional inspections, the large volume of images placed a significant burden on the inspectors.

Therefore, Sund & Bælt developed a PAI using AI technology. The work flow of PAI at the time of its introduction is shown in Fig.1. First, damaged areas are extracted and recorded by AI from images of structures taken from a camera installed on the drone. Then, the inspector checks the damaged areas extracted by the AI and determines whether the damage is real or fake. By using this PAI, a large number of images can be processed, and as a result, the inspector's work time can be reduced.

To the accuracy of damage detection, improvements were made to the PAI, control experiments were conducted with three different models. As a result, the AI model developed by the Alexandra Institute was selected, because it has the highest accuracy rate in damage detection. In addition, a large number of images were incorporated into the AI model to serve as teacher data for more accurate detection of rust, crack, spalling, and other deformities. As an additional function of the new PAI, a 3D model of the structure (Fig.2) based on the images taken by the drone can be created, and the damaged areas can be recorded on the 3D model by the AI model, thus enabling the user to get an overall picture of the damage. In addition, a function to annotate the cause of damage on the 3D model and a function to link to past inspection results have been added to improve the convenience of operation.

As a result of using the improved PAI for actual inspections, the inspection work, which would have taken approximately four months using the conventional inspection method, can be reduced to 14 days.

(Presented by Mr. Bormlund, Sund & Bælt Holding A/S, Denmark)

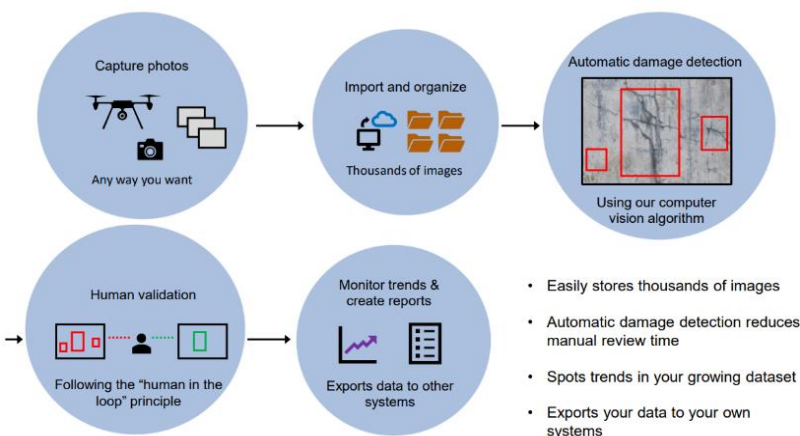


図-1 導入当初の PAI の作業フロー

Fig.1 Workflow of PAI at the beginning of implementation



図-2 3D モデルのイメージ

Fig.2 3D model of the structure

「ノルマンディー橋とタンカーヴィル橋の動態観測システムの改良」

フランスのセヌ川に架橋されているノルマンディー橋とタンカーヴィル橋は、それぞれ 856m の中央支間長を有する長大斜張橋と 608m の中央支間長を有する長大吊橋であり、どちらもフランスの象徴的な橋である。この 2 つの橋は、建設当初に動態観測システムが導入されたが老朽化が進行したため、動態観測システムの改良が行われた。

改良のプロジェクトは、以下のように行われた。

まず、既存の動態観測システムの状態を把握するために、センサーシステムに対する点検が行われた。その結果、センサーの配置を再検討し、ひずみゲージや超音波風速計等の新型センサーが導入された。また、既存のセンサー、電源、データ収集ユニット等の部品の詳細点検を行い、各部品の状態に応じて交換または再利用された。

次に、センサーにより収集された大量のデータをより効率的に管理するため、当初の独立した 4 つの動態観測システムのプラットフォームを統合し、全てのデータを 1 箇所に保存する Smart Asset Management Software (以下、SAMS) プラットフォームを開発した。これにより、異なるセンサーからのデータが連携され、数々のデータの相関関係を把握することができるようになった。また、SAMS プラットフォームには、構造物やセンサーの状態の可視化、モバイルやタブレット端末での対応、自動的なレポート生成等の機能が追加され、作業の効率性と操作の利便性が向上した。

最後に、データを幅広く利用するため、データ処理のアルゴリズムを実装した。その結果、アルゴリズムがデータを解析することで、様々な課題に対応することが可能となり、例えば、床版の下に設置されたひずみゲージにより収集したひずみデータを解析することで、床版の疲労寿命を予測することができる。

(COWI 社の Farreras Alcover 氏により発表して頂きました)

11 月 16 日の閉会式では、本四高速取締役常務執行役員 大江慎一が会議の総括を行うとともに、2024 年の次期主催機関を代表して、NYSBA の Mr. Jeffrey Wright 主任技術者から挨拶をいただきました。

閉会式後には、明石海峡大橋へのテクニカルツアーを実施し、各国から 27 名の技術者が参加しました。



写真-5 テクニカルツアー(明石海峡大橋)

Photo-5 Technical tour to the Akashi Kaikyo Bridge

Upgrading the Structural Health Monitoring System of Pont de Normandie and Pont de Tancarville

The Normandy and Tancarville bridges over the Seine River in France are a long cable-stayed bridge with a center span of 856 m and a long suspension bridge with a center span of 608 m, respectively, and both are iconic bridges in France. The two bridges had monitoring system installed when they were first constructed, but as they aged, the monitoring system were upgraded.

The upgrade project was conducted as follows.

First, an inspection was conducted on the sensor system to determine the condition of the existing monitoring system. As a result, the sensor arrangement was reviewed and new sensors such as strain gages and ultrasonic anemometers were introduced. In addition, a detailed inspection of existing sensors, power supplies, data acquisition units, and other components was conducted, and each component was replaced or reused according to its condition.

Next, in order to more efficiently manage the large amount of data collected by the sensors, we integrated the original four independent monitoring system platforms and developed the Smart Asset Management Software ("SAMS") platform, which stores all data in one place. This allows data from different sensors to be linked together. This allowed data from different sensors to be linked and correlated with numerous data sets. The SAMS platform also includes additional features such as data visualization, mobile and tablet device support, and automatic reporting to improve work efficiency and operational convenience.

Finally, in order to make extensive use of the data, an algorithm for data processing was implemented. As a result, the algorithms can analyze the data to address a variety of issues. For example, by analyzing the strain data collected by strain gauges installed under the slab, the fatigue life of the slab can be predicted.

(Presented by Mr. Farreras Alcover, COWI A/S, Denmark)

In the closing session on 16th November, Mr. Shinichi Oe, Managing Director of the HSBE, summarized the conference achievements, and addresses as organizers for the next conference were given by Mr. Jeffrey Wright, Chief Engineer, NYSBA, USA.

After the closing session, 27 engineers from different countries joined the technical tour to the Akashi Kaikyo Bridge.



写真-6 会議総括

Photo-6 Summarizing address

JB 本四高速情報

斜張橋ケーブルの渦流探傷検査(ECT)による腐食検出技術の開発

本四高速のグループ会社である本四高速道路ブリッジエンジニア (株) (旧、(株)ブリッジ・エンジニアリング) は、国立研究開発法人物質・材料研究機構と共同研究を実施し、斜張橋ケーブルを対象とした渦流探傷検査による腐食検出技術を開発しました。

本技術は、ポリエチレン等の非金属材料により表面被覆された斜張橋ケーブルの被覆下の鋼線腐食の非破壊検査システムです。開発したシステムは、腐食のピンポイントでの検出や労力・費用の低減を図ることを条件としたため、必要機材が軽量で利便性が高いことが特長です。開発に当たっては、ポリエチレン被覆された亜鉛めっき鋼線 (φ7mm) に対する室内試験において、理論上の検出深さ (約 6cm) に対して、どれくらいの深さの鋼線まで、どの程度の腐食を確認できるかの調査を行って、適切なプローブを開発しました。その結果、本システムでは表層から 2 層目までであれば軽微な腐食でも検出できるものとなりました。また、実橋調査も行い、腐食の可能性のあるケーブルを確認することができました。

本システムは、新設橋の場合には、架設直後に初期データ (腐食なし) を取得し、以後の追跡調査で得られる蓄積データと比較することで、腐食状況のモニタリングができます。また、既設橋の場合は、検査により腐食の可能性のある箇所の検出ができるため、被覆を部分開放し直接調査するためのスクリーニング技術として活用できます。

今後は、検査実績を蓄積しながら、本システムの信頼性の向上を図りたいと考えています。

(本四高速道路ブリッジエンジニア (株) より情報提供して頂きました。)

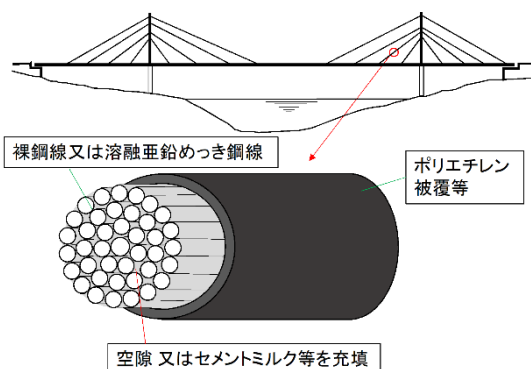


図-3 斜張橋ケーブルの概念図
Figure.3 Cable-stayed Bridge cables

Activity of HSBE

Development of Corrosion Detection Technology for Cable-stayed Bridge Cables by Eddy Current Testing (ECT)

Honshi-Expressway Bridge Engineering Co.,Ltd. (previously known as Bridge Engineering Co.,Ltd.), a group company of HSBE, has conducted joint research with the National Institute for Materials Science to develop a corrosion detection technology using Eddy Current Testing (ECT) for cable-stayed bridge cables.

This technology is a non-destructive inspection system to check the corrosion of steel wire under cable-stayed bridge cables covered with non-metallic materials such as polyethylene. The developed system is characterized by the lightweight of the required equipment and convenience, which was designed to detect pinpoint corrosion and reduce labor and cost. In developing the system, an appropriate probe was developed after investigating how deep the location of wires to the theoretical detection depth (about 6 cm) and how degree of corrosion the probe can detect in laboratory tests with galvanized wires (7 mm dia.) covered with non-metallic materials. As a result, this system can detect even minor corrosion up to the second layer from the surface. It was also confirmed that the system can identify cables with potential corrosion in a study at actual bridges.

In the case of new bridges, the system can acquire initial data (without corrosion) immediately after completion, and monitor the status of bridges by comparing it with accumulated data obtained in follow-up study. In the case of existing bridges, the system can be used as a screening technique for direct investigation as opening a part of the covering, since it can detect potential corrosion areas through inspection.

In the future, the reliability of this system is to be improved with accumulating inspection data.
(This information was provided by Honshi-Expressway Bridge Engineering Company Limited.)



写真-7 本システムの検査機器
Photo-7 Inspect machine of the system



写真-8 実橋での検査状況
Photo-8 Inspection of actual bridge

国際会議

第28回 ITS 世界会議 2022

2022年9月18日～22日の日程で、第28回 ITS 世界会議（以下、2022ITS 世界会議）がロサンゼルスにて開催されました。ITS 世界会議は、世界3地域を代表する ITS 団体（欧州：ERTICO、アメリカ：ITS America、アジア太平洋：ITS Japan）が連携して毎年共同で開催する唯一の世界会議であり、本四高速においては、論文の発表や先進的な ICT 技術の収集を目的に、2019ITS 世界会議に続く参加となりました。

2022ITS 世界会議では、64 カ国、266 団体から約 6,500 人の技術者が参加しました。会議は、論文発表の場となるテクニカルセッション、ICT 関連設備を視察するテクニカルツアーから構成され、更には、各国政府、関連機関及び企業等がデモ機や展示パネルにて ICT 技術を紹介するエキシビション展示場が運営され、自動運転での活用が予定される 5G ネットワークの動向や、アメリカの逆走警告設備の仕様等情報を得ました。

テクニカルセッションでは、本四高速保全部電気通信課の亀谷より、道路交通システムにおける死亡・重傷事故ゼロを目指す取り組みがテーマとなる Path to Vision Zero 部門で「高速道路における音声による逆走警告システムの有効性検証（Verification of Effectiveness of the Voice Sound Wrong-Way Driving Warning System on Highway）」の論文を発表し、質疑応答では、逆走警告設備の仕様や交通管制室とのインターフェースに関する質問等が寄せられ、活発な意見交換を行いました。

テクニカルツアーでは、カリフォルニア州交通局が運用する交通管制センターを訪問し、システムに対する課題や今後の展望を含んだ取組状況等を視察し、開催期間中は、世界の先進的な ICT 技術に触れることができ、大変有意義な会議参加となりました。



写真-9 テクニカルセッション発表状況

Photo-9 The presentation in technical session

International Conference

28th ITS WORLD CONGRESS

The 28th ITS World Congress was held in Los Angeles on 19th-22th September, 2022. ITS World Congress is the unique annual joint world congress that held by three ITS organizations as ERTICO, ITS America and ITS Japan which represent Europe, America, and Asia-Pacific. HSBE has participated this congress following the 26th ITS World Congress to present papers and collect advanced ICT technologies.

The 28th ITS World Congress consisted of technical sessions for presentation and technical tours to ICT-related facilities, attracted about 180 engineers from 16 countries and 266 organizations. And an exhibition hall operated by governments, relevant organizations and companies from various countries, has introduced ICT technologies through demonstration machines and display panels. In this exhibition, HSBE received a lot of information such as developments in 5G networks which are planned for use in automated driving, and specifications of wrong-way driving warning facilities in America.

In technical sessions, Mr. Kametani, Electric and Telecommunication Division, HSBE, presented “Verification of Effectiveness of the Voice Sound Wrong-Way Driving Warning System on Highway” at the session “Path to Vision Zero”, which focuses on initiatives to avoid fatal and serious injury accidents in the road traffic system. And after the presentation, questions were received on the specifications of wrong-way driving warning facilities and the interface with the Traffic & Facility Control Office.

Technical tour was held at Traffic Control Center operated by the California Department of Transportation, and a lot of initiatives such as challenges and prospect of the system were observed. During the congress, HSBE was able to observe advanced ICT technologies from all over the world, making it a very worthwhile conference participation.

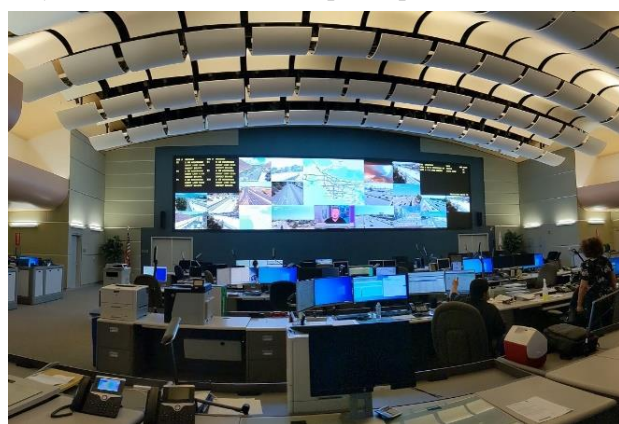


写真-10 カリフォルニア州交通管制センター全景

Photo-10 The Traffic Control Center of California

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：総括・耐震・耐風グループ TEL 078 (291) 1071