

## JB 本四高速情報

## Activity of HSBE

### 長大橋の維持管理に関する BIM/CIM の構築及び導入

### Development and implementation of BIM/CIM for maintenance and management of long-span bridges

本四高速は17橋の長大橋を管理していますが、長大橋はその規模も大きく複雑かつ多くの部材を有しており、それぞれに違った特徴があります。このような長大橋を効率的かつ高度な維持管理業務を行うための支援を目的として3次元モデルを構築・導入した新たな維持管理システムの開発に向けた取り組みを行っています。

HSBE manages 17 long-span bridges, which have large-scale, complex structures consists of numerous components and their own unique characteristics. In order to maintain and manage such bridges efficiently and in an advanced way, HSBE is developing a new maintenance and management system based on 3D models.

3次元モデルに各種の情報を結びつけ利活用していくことを BIM/CIM (Building / Construction Information Modeling, Management) と呼びます。新たな長大橋の維持管理システムは、BIM/CIM の3次元モデルをプラットフォームとし、様々な維持管理情報を蓄積するデータベースと連携する、次世代の維持管理システムを目指しています。3次元モデルには、個々の部材情報の属性を保持するとともに、変状等や維持管理に必要な情報を連携することが可能です。

BIM/CIM (Building/ Construction Information Modeling, Management) refers to the utilization of various types of information by connecting them to 3D models. The new system for long-span bridges aims to achieve next-generation maintenance and management that uses BIM/CIM 3D models as a platform and links them to a database that stores various information. The 3D model can hold attribute data of individual members and link them to degradation and other data necessary for maintenance and management work.

また、3次元モデルはAR (Augmented Reality) やMR (Mixed Reality) といった技術と相性が良く、タブレット端末などを用いて現地で実構造物上に必要な情報を重畳させることができます。このように、維持管理情報を可視化することで、過去変状の確認や新たな点検情報の登録などの点検業務の効率化を図りたいと考えています。

In addition, the 3D models and Augmented Reality (AR) or Mixed Reality (MR) are compatible, and information can overlap with the actual structure in the field using tablet PCs and other devices. In this way, visualizing maintenance and management information can improve the efficiency of inspection work, such as checking degradation history and registering new inspection information.

さらに、3次元モデルに連携された部材等の詳細な属性情報を活用することにより、既存の維持管理システムに比べ、より詳細な分析や解析を行うことが容易になることから、将来的には長大橋の健全度評価、劣化予測及び補修計画立案の支援などへの活用も期待できます。

Furthermore, in the future, it is expected to evaluate bridge health condition, predict degradation progress, and support the decision-making of repair planning by utilizing the detailed attributes data of members linked to 3D models since in depth analysis and simulation will be applicable with the new system than with the existing system.

今後は、点検業務を3次元モデルに連携するアプリケーション開発のための現場実証を行いながら、2024年度には次世代維持管理システムのプロトタイプ構築を目指すこととしています。

For the future direction, on-site demonstrations will be conducted to develop applications that link inspection work to the 3D model, and a prototype of the next-generation maintenance and management system will be built in 2024.



図-1 3次元モデルを活用したPDCA高度化イメージ

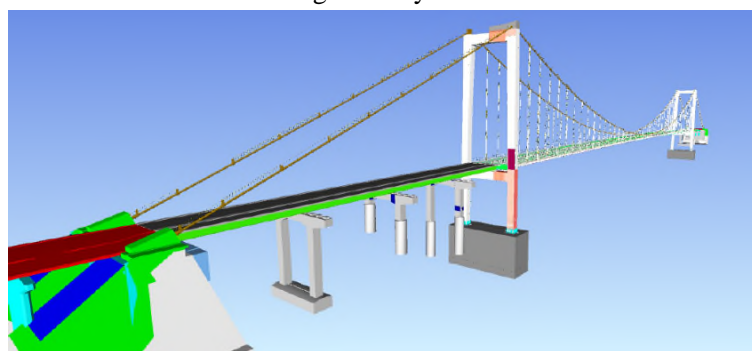


図-2 維持管理用3次元モデル(大島大橋)

Fig.1 Image of advanced PDCA cycle using 3D model

Fig.2 3D model of Ohshima Bridge for maintenance and management

# 国内プロジェクト

## 長大橋の地震被害の即時推定

道路橋および鉄道橋は線状に連続した輸送システムであるため、地震発生直後には沿線の構造物の被害状況を把握したうえで運行再開を判断する必要があります。その際、構造物の地震被害を即時推定する手法があれば、早期運行再開に有効な情報となることが期待されます。一般的な橋梁・高架橋等を対象とした地震被害の即時推定の事例は存在するものの、長大橋のような複雑な構造物を対象とした事例は存在しませんでした。

そこで、長大橋を対象とした地震被害の即時推定手法を新たに開発しました。開発手法ではモード解析の考え方を採用しています。具体的には、図3のように長大橋の複雑な地震時挙動を複数の振動モード（揺れ方）に分解するとともに、構造物の損傷に影響を与える主要な振動モードを抽出し、各振動モードの応答値（揺れの大きさ）を推定して足し合わせて被害推定を行います。このとき、事前に計算した構造物情報と地震後に取得可能な簡易な地震動情報（地表面最大加速度および地表面最大速度）を用いたノモグラムにより、各振動モードの応答値を推定することで短時間での被害推定を可能としています。

開発手法により推定可能な情報の一例を図4に示します。同図に示すように、長大橋上に点在する部材（支承等）について、損傷の有無を判定することができます。この情報を地震発生後の点検要否や優先順位判断に活用することで、長大橋を含む道路および鉄道における合理的な運転再開判断が実施可能となります。

（公益財団法人 鉄道総合技術研究所と本四高速の共同研究により実施しました）

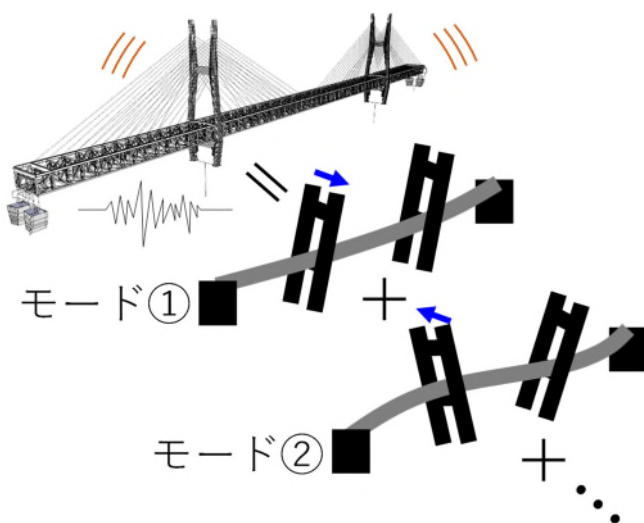


図-3 開発手法の概要

Fig. 3 Overview of developed method

# Project in Japan

## Immediate estimation of seismic damage of long-span bridges

Since road and rail bridges are continuous linear transportation systems, it is necessary to assess the damage to structures along the line immediately after an earthquake for making a decision on resuming operations. In such cases, a method to immediately estimate seismic damage of structures is expected to provide effective information for early resumption of operations. While there have been cases of immediate estimation of seismic damage of general bridges and viaducts, there have been no cases for complex structures such as long-span bridges.

Therefore, we have developed a new method for immediate estimation of seismic damage of long-span bridges. The developed method employs the concept of modal analysis. Specifically, as shown in Figure 3, the complex seismic behavior of long-span bridges is decomposed into multiple vibration modes (ways of shaking), the major vibration modes affecting structural damage are extracted, and the response values (magnitude of shaking) of each vibration mode are estimated and added together to estimate the damage. The response values of each vibration mode are estimated using a nomogram based on pre-calculated structural information and simple seismic information (maximum acceleration and maximum velocity at the ground surface) that can be obtained after an earthquake, enabling damage estimation in a short period of time.

Figure 4 shows an example of the information that can be estimated using the developed method. As shown in the figure, the damage can be estimated for members (bearings, etc.) distributed on long-span bridges. This information can be used to determine whether or not inspections are necessary after an earthquake and to determine the order of priority, enabling rational decisions to resume operation of roads and railroads that include long-span bridges.

(This study was conducted in collaboration work of the Railway Technical Research Institute and HSBE)

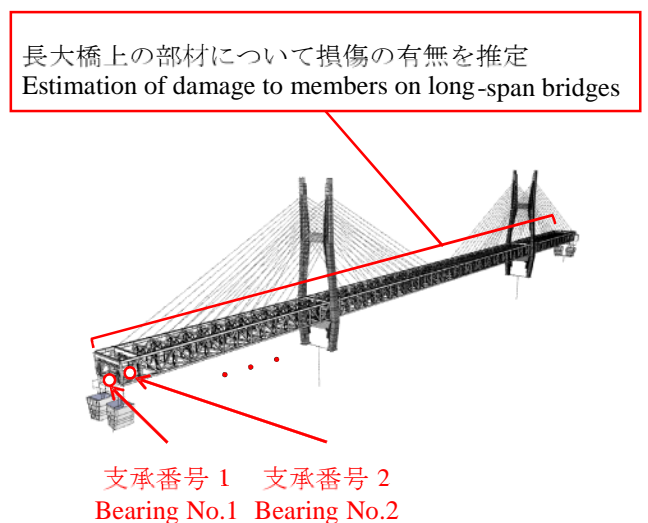


図-4 開発手法により推定可能な情報

Fig. 4 Information to be estimated by developed method

# 国内プロジェクト

## 大阪湾岸道路西伸部 海上部長大橋(新港・灘浜航路部)の基本構造の決定

大阪湾岸道路西伸部(六甲アイランド北~駒栄)は、大阪湾岸道路の一部を構成する道路で神戸市東灘区から長田区に至る延長 14.5km のバイパス事業であり、新港・灘浜航路部と神戸西航路部で2つの長大橋が計画されています。このうち、新港・灘浜航路部の長大橋の基本構造を決定しました。

本事業は、阪神臨海地域の交通渋滞や沿道環境などの交通課題の緩和を図るとともに、国際戦略港湾である阪神港の機能強化、災害や事故などの代替機能確保等を目的としており、国土交通省近畿地方整備局浪速国道事務所・神戸港湾事務所、阪神高速道路(株)の3者合同により事業を進めています。これまで学識経験者らでつくる技術検討委員会(委員長・藤野陽三城西大学学長)の審議を踏まえ、基本構造を検討してきました。海上部長大橋(新港・灘浜航路部)の主塔は鋼製主塔、主桁は鋼桁、主塔基礎は鋼管矢板基礎です。新港航路側の3P主塔の高さは213m、基礎部から高さ70mの位置に主桁を設置します。主塔の基礎は載荷試験の結果、想定よりも地盤が軟弱なことが判明したため、追加で土質調査を実施し、その結果を踏まえて基礎先端位置を選定しました。大規模地震に対する主塔や橋桁の耐震性、大型台風による耐風性も風洞試験により確認しました。さらに主塔のデザインは「神戸の都市景観との調和」「シンボル性」「走行空間からの眺望性・演出性」などに着目し、耐風性と景観性を両立させた形状を選定しました。色彩は大阪湾岸道路西伸部の路線全体で統一することにしており、景観との調和やシンボル性の高い現代的な構造物であることから明るくモダンな印象になるベージュ系を基軸とした色相とします。今後、阪神高速道路(株)は西側と東側に分けて斜張橋工事の契約手続きを進める予定です。

(阪神高速道路(株)より情報提供していただきました。)

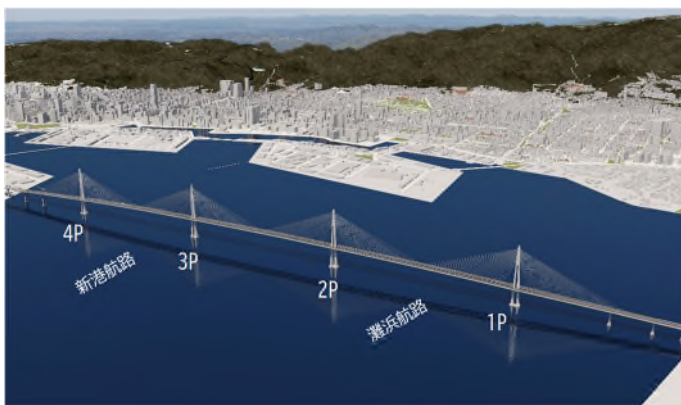


図-5 海上部長大橋(新港・灘浜航路部)の外観イメージ  
Fig. 5 Image of long span bridges on Shinko and Nadahama Passages

# Project in Japan

## Basic Structure of Long Span Bridge (Shinko and Nadahama Passage Section) on the Western Extension of Osaka Wangan Expressway

The Osaka Wangan Expressway Western Extension (Rokko Island Kita - Komae) is part of the Osaka Wangan Expressway. This ongoing highway project is a 14.5km long bypass from Higashinada-ku to Nagata-ku in Kobe. The basic structure of the long span bridges to be built over the marine section between Rokko Island and Port Island has been determined.

The project's goal is to ease traffic problems including congestion and the roadside environment, enhance the function of Hanshin Port (an internationally strategic port), and to offer an alternative route in disasters and major incidents. The project is jointly carried out by Naniwa National Highway Office, Kobe Ports and Harbors Office (both are offices of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism), and Hanshin Expressway Company Limited. The basic structure has been studied based on the deliberations of the Technical Review Committee (chaired by Yozo Fujino, President of Josai University) consisting of academic experts.

The main towers and main girders are to be made of steel and the main tower foundation is a steel pipe sheet pile foundation. The height of the 3P main tower on the Shinko Passage side is 213 m, and the bridge girder is installed at a height of 70 m from the foundation. The foundation of the main tower was found to be softer than expected as a result of ground loading tests, and the depth of tip of the foundation was determined by the additional soil investigations. The resistance of the main tower and girders against large earthquakes and wind resistance against large typhoons were also confirmed through wind tunnel tests. For the design of the main tower, the shape was selected considering both wind resistance and landscape focusing on "harmony with the urban landscape of Kobe," "symbolism," and "viewability and directionality from the driving space". The color scheme is to be consistent along the entire route, with a beige hue as the base color to give a bright and modern impression, in harmony with the landscape and the symbolic nature of this modern structure.

Hanshin Expressway Co., Ltd. plans to proceed with contract procedures for cable-stayed bridge construction on the west and east sides.

(This information was provided by Hanshin Expressway Co., Ltd.)

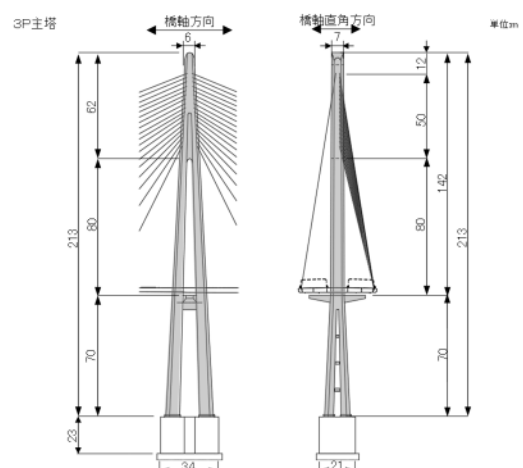


図-6 主塔部一般構造図  
Fig. 6 General structural drawing of main towers

# 海外プロジェクト

# Overseas Project

## ブロンクス-ホワイトストーン橋: 中央防護壁のかさ上げによる耐風性能の改善

## Bronx-Whitestone Bridge: Vertical Median Barrier Extension Enhances Aerodynamics

ブロンクス-ホワイトストーン橋はニューヨーク市に位置する中央支間長 701mの優美な吊橋です。この吊橋は 1930 年代に設計されましたが、この時代の吊橋は桁高の低い鉄桁に補剛された床版を有するものが主流であり、これらの多くは空力的に不安定であることがその後判明しています。この橋では、1939 年の開通以来、軽微な風による振動に対する構造的あるいは空力的ないくつかの改修が行われてきました。一連のリハビリプロジェクトは、この橋の耐風性能をさらに向上させる手法を検討する機会を与えました。今回、新たな風洞試験により、既存の中央防護壁の上に設置された高さ 0.91m の鉛直壁が乱れの無い風における限界フラッター風速を 100km/h 向上させることが確認されました。この改修は再現期間 10,000 年における設計風速をはるかに凌駕する安全率をもたらします。このかさ上げされた中央防護壁は、既存の分離帯の支柱の上に固定された高さ 0.91m、厚さ 20mm の均一で透明なアクリル板と、それを支える管状の金属フレームから構成されています。改修されたバリアの路面からの高さは合計 1.74m となります。

この中央防護壁のかさ上げは、床板上部の中央に設置された垂直方向のバップル板（じゃま板）のような働きをします。この画期的な床板上部のバップル板は、床板下面に設置される一般的な垂直バップル板より施工性が高く、費用対効果に優れた補強方法です。風上側の桁端部の上フランジで発生し、路面にかけて流れる風の渦が、この中央防護壁によって遮断され、桁下面に発生する渦との同期を妨げています。桁の振動を誘発する交番渦のパターンを乱すことによって、垂直バップル板は渦励振やフラッターなどの不安定要素に対する橋への影響を減少させています。

車両に対する安全性は実寸大の実大衝突試験プログラムによって検証されています。この中央防護壁のかさ上げは 2020 年に実施され、既存の長大橋梁の耐風性能をシンプルかつコストパフォーマンスに優れた形で改善したことを実証しています。

(Gavin Daly 氏より情報提供していただきました。)

The Bronx-Whitestone is an elegant suspension bridge located in New York City (701 m main span). This bridge was designed during the 1930s in an era of suspension bridges with decks stiffened by shallow plate girders, many of which were subsequently found to be vulnerable to aerodynamic instabilities. Following the occurrence of mild and benign wind-induced oscillations after opening in 1939, the bridge has undergone a series of retrofits, from structural solutions to aerodynamic enhancements. A subsequent rehabilitation project gave the opportunity to assess measures to further improve the aerodynamic performance of the bridge. A wind tunnel study observed that a 0.91 m tall vertical solid screen attached to the top of the existing median barrier led to a remarkable 100 kmh increase in the smooth flow critical flutter speed. This retrofit provided a margin of safety well beyond the 10,000-year return period design criteria wind speed. The Median Barrier Extension (MBE) comprises solid transparent acrylic panels (height 0.91 m, thickness 20 mm) fixed to the top of the existing median barrier posts, supported by a tubular steel frame. The total height of the modified barrier above the roadway is 1.74 m.

The MBE acts like a vertical baffle plate placed on the top side of the deck at its centroid. However, this innovative above-deck baffle plate is a more constructible and cost-effective retrofit solution than typical vertical baffles, which are placed below the deck. The wind vortices that form at the top flange of the windward edge girder and flow over the roadway are blocked by the median barrier extension and thus are taken out of sync with those that form on the underside of the deck. By disrupting the alternating pattern of vortices that initiates deck vibrations, vertical baffles reduce the susceptibility of the bridge to instabilities such as vortex shedding and flutter.

Vehicle safety was verified with a full-scale physical crash testing program. The MBE was installed in 2020 and demonstrates that raising the height of a median barrier can be a simple and cost-effective improvement to the aerodynamic performance of existing long-span bridges. (This information was provided by Mr. Gavin Daly, P.E.)



写真-1 部分風洞試験モデル  
Photo 1 Wind Study Section Model



写真-2 中央防護壁のかさ上げ  
Photo 2 Median Barrier Extension

# 国際会議

## 国際吊構造橋梁管理者協会 アジア地域ワークショップ(神戸)

国際吊構造橋梁管理者協会 (ICSBOA; International Cable Supported Bridge Operators Association) のアジア地域ワークショップが 2023 年 11 月 20 日～11 月 21 日の日程で、本四高速の主催により神戸で開催されました。このワークショップは、約 2 年毎に開催されている国際吊構造管理者会議 (No.12、20、28、34、41、53、65、75、91 参照) の間の年に、地域ごと (北米・欧州・アジア) で開催されているものです。

今回は、ICSBOA の会員である日本、中国、韓国に加え、ベトナム、ラオス、カンボジア、インドネシアの計 10 機関から約 27 名 (バーチャル参加者を含む) が参加し、各機関が管理する吊構造橋梁について、課題や経験等に対する発表および情報交換が行われました。また、事務局より第 12 回国際吊構造管理者会議がアメリカニューヨーク州で開催されることも紹介されました。

本四高速からは、今井取締役常務執行役員、西谷エグゼクティブ・エキスパート、経営計画課池田課長代理、総括・耐震・耐風グループ小林、道路保全グループ WANG が出席し、「本四連絡橋の技術開発」、「電気防食工法によるコンクリート床版の補修と維持管理」と「長大橋主塔点検ロボットの開発」の 3 題について話題提供を行いました。

会議終了後のテクニカルツアーでは、本四高速が管理している本州と淡路島を結ぶ明石海峡大橋の視察を実施しました。



写真-3 ワークショップの様子

Photo 3 Presentations at the workshop

# International Conference

## ICSBOA Asia Regional Workshop in Kobe

The ICSBOA (International Cable Supported Bridge Operators Association) Asia Regional Workshop was held in Kobe, Japan, which was hosted by Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited (HSBE) on November 20-21, 2023. This workshop has been held in three regions (Asia, North America and Europe) every two years between each of the ICSBOC (International Cable Supported Bridge Operators' Conference; refer to No.12, 20, 28, 34, 41, 53, 65, 75, and 91).

This time, approximately 27 engineers (including virtual participants) from 10 organizations from Cambodia, China, Indonesia, Laos, South Korea, Vietnam and Japan, participated in the workshop and discussed their issues and maintenance activities through presentations. And the secretariat announced that the 12th ICSBOC will be held in New York, USA.

From HSBE, Dr. Imai, Mr. Nishitani, Mr. Ikeda, Mr. Kobayashi, and Mr. Wang, attended the workshop and gave three presentations titled “Technical Development for Honshu-Shikoku Bridges”, “Repair and Maintenance of Concrete Slab Protected with Cathodic Protection” and “Development of Inspection Robot for Main Towers of Long Span Bridges”.

After the workshop, a technical visit was made to Akashi Kaikyo Bridge, which connects the Honshu Island and Awaji Island, operated by HSBE.



写真-4 テクニカルツアー(明石海峡大橋)

Photo 4 Technical tour to Akashi Kaikyo Bridge

# 国際会議

## 第27回世界道路会議 プラハ大会 2023

世界道路協会（PIARC：Permanent International Association of Road Congresses）主催の第27回世界道路会議プラハ大会が2023年10月2日から6日にかけて、チェコ共和国プラハで開催されました。

世界道路会議は、4年に一度開催され、世界各国の道路行政関係者、土木技術者等が参加し、道路及び道路交通に関する技術交流を行う国際会議です。

本四高速からは、本四連絡橋の維持管理における技術開発及び技術支援に関する展示を行いました。また、橋梁のテクニカルセッションにて今井取締役常務執行役員が議長を務められたほか、遠藤経営計画部長がパネルディスカッションに参加されました。

次の2027年世界道路会議は、カナダのバンクーバー市で開催される予定です。

## 第12回鋼構造国際シンポジウム(韓国)

2023年11月8日から11日にかけて、第12回鋼構造国際シンポジウム（The 12th International Symposium on Steel Structures）が韓国・済州で開催されました。

本シンポジウムは、韓国鋼構造協会主催により2000年の第1回から過去11回にわたって韓国国内にて開催されています。韓国を中心にアジア各国の技術者が参加しています。シンポジウムは、基調講演・セッション発表・ポスター発表等が開催され、活発な議論が交わされました。

本四高速からは、保全部の本郷が「日本最大の粘性ダンパーを用いた耐震補強」と題して、実大ダンパーを用いた性能試験に関する発表を行いました。



写真-5 第27回世界道路会議 プラハ大会  
Photo 5 27th World Road Congress Prague

# International Conference

## 27th World Road Congress Prague 2023

The 27th World Road Congress Prague, hosted by the Permanent International Association of Road Congress (PIARC), was held in Prague, Czech Republic from October 2 to 6, 2023.

The World Road Congress is an international conference held once every four years, where road authorities and civil engineers from around the world participate in technical exchange about road and road traffic.

HSBE exhibited panels of the technical development for maintenance of the bridges and technical assistance. In addition, Dr. Imai, managing director of HSBE, chaired the technical session for bridges, and Dr. Endo participated in a panel discussion.

The next 2027 World Road Congress will be held in Vancouver, Canada.

## The 12th International Symposium on Steel Structures (Korea)

The 12th International Symposium on Steel Structures (ISSS-2023) was held in Jeju, Korea from November 8th to 11th, 2023. This symposium is organized by the Korean Society of Steel Construction and held in Korea since the 1st Symposium of 2000. Engineers of Korea and other Asian countries attended this symposium. ISSS-2023 consisted of keynote lectures, organized sessions and poster sessions.

Mr. Hongo, Maintenance Division, HSBE presented “Seismic Retrofit using the Largest Viscous Damper in Japan” about performance test of the full-scale damper in an organized session.



写真-6 第12回鋼構造国際シンポジウム  
Photo 6 ISSS-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