

## JB 本四高速の活動

### 与島橋(2径間部)の耐震補強工事

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 つである与島橋(2 径間部)(橋長 262m、2 径間連続鋼トラス橋)の耐震補強工事が、2018 年 11 月に完了しました。

耐震補強工法は、併設する鉄道直上のき電線を支持する部材補強を回避するとともに、橋梁全体系としての補強量を最小化するため、道路桁の慣性力分散化構造を採用しました(図-1)。この分散構造は、鉛直荷重を支持する鋼製すべり支承と水平荷重を受け持つゴム支承を組み合わせた機能分離型の支承構造(図-2)を有し、地震時に道路桁からトラス桁に伝わる慣性力を低減させ、トラス桁の応答を抑制します。

施工は、1 支承線(全 22 支承線)毎に、水平ゴム支承(4 基/全 72 基)を追加設置した後、3mm 程度ジャッキアップ(写真-1)を行い鉛直鋼製支承(8 基/全 176 基)の交換を行いました。

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。

## Activity of HSBE

### Seismic Retrofit Work on Yoshima Bridge (two-span portion)

Seismic retrofit work on the Seto-Ohashi Bridges, combined road and rail bridge, started in 2014. The two-span portion of the Yoshima Bridge is a continuous steel truss with a total length of 262 m. The seismic retrofit work on this truss bridge was completed in November 2018.

The seismic retrofit method selected for this bridge involved the replacement of road deck bearings with sliding pot bearings and the installation of additional rubber bearings – this method was chosen to avoid retrofitting the truss members which support power feeder cables above the rail lines and to minimize the overall volume of the retrofit work (Fig.1). The sliding pot bearings handle vertical loads and the rubber bearings handle horizontal loads and together they reduce the inertia forces transmitted from the road decks to the truss girders during an earthquake and also restrain their response (Fig.2).

For each upper chord of the floor truss, four rubber bearings were installed, and then the eight existing road deck bearings were replaced with the new sliding bearings - this required the truss to be jacked up approximately 3 mm.

Seismic retrofit works on the Seto-Ohashi Bridges will be finished by 2021.

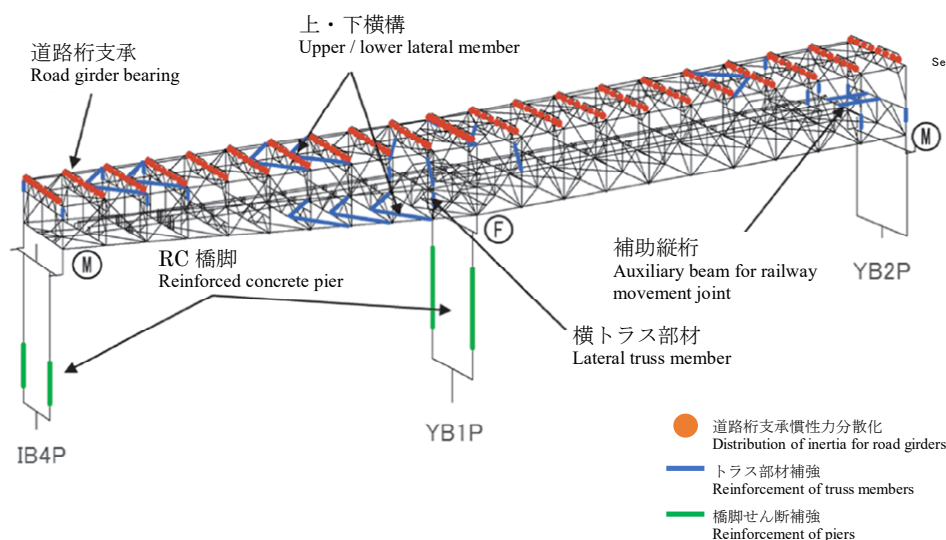


図-1 耐震補強箇所図  
Fig.1 Seismic retrofit members

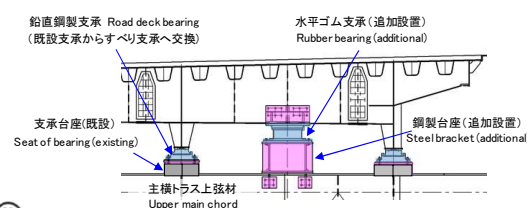


図-2 道路桁慣性力分散構造  
Fig.2 Distribution of inertia for road girders

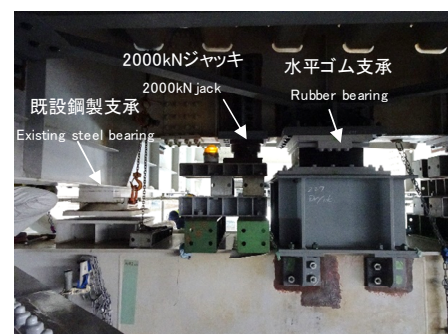


写真-1 ジャッキアップ状況  
Photo-1 Jacking up

# JB 本四高速の活動

## 強風下での明石海峡大橋の応答

平成 30 年台風 21 号は、9 月 4 日 12 時前に徳島県南部に上陸、その後 14 時前に兵庫県神戸市付近に再上陸しました。

明石海峡大橋では耐風設計の検証や維持管理段階における耐風安全性の確認のために、多くの計測機器を設置して動態観測を行っています。明石海峡大橋の風速計で観測されたデータでは、11 時頃から風速が上昇し始め、13 時 18 分頃に 10 分間平均風速 37m/s、最大瞬間風速 52.2m/s を記録しましたが、これらはいずれも観測史上最大の記録となりました。道路桁は橋の水平 1 次モード (周期約 26 秒) で振動しており、13 時 28 分頃に瞬間風速 50m/s 程度の風が吹いた直後に、最大水平変位として 7.6m を観測しました。こちらも観測史上最大の変位となりました。(図-3)

この台風で観測された風速と橋の応答 (桁水平変位) を設計値と対比する形でプロットしたものが図-4 です。今回計測された強風時の風向はほとんどが橋軸直角方向からの角度 (偏角) 30 度以上であり、多くは 60 度付近に集中しましたが、この影響を補正して応答記録の整理を行ったところ、平均変位は設計値とよく整合していることが分かりました。動的成分については設計値に対して依然ばらつきを示していますが、今回観測された風の乱れ強度 (風速の標準偏差/平均風速) が大きいことによるものと考えられます。

今回観測された風速は設計で想定している風速 (約 60m/s) よりもかなり小さいため、今後も動態観測を継続し、高風速域での応答についても検証を行う予定としています。

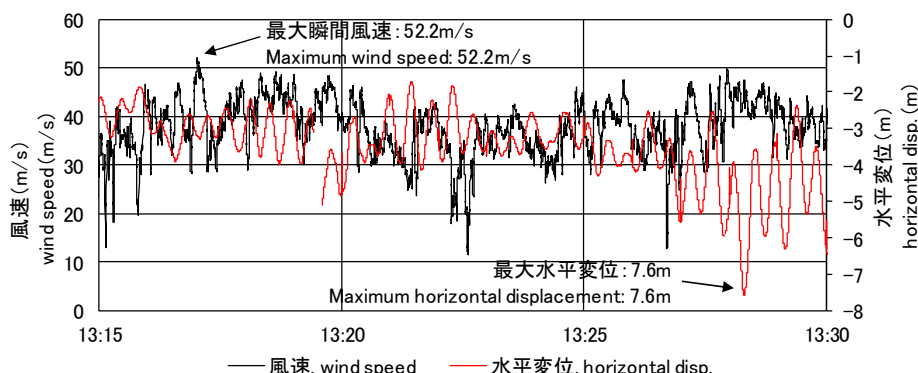


図-3 風速と桁の水平変位

Fig.3 Wind speed and horizontal displacement of girder

# Activity of HSBE

## Response of the Akashi-Kaikyo Bridge in strong wind

Typhoon Jebi made its first landfall over southern Tokushima Prefecture before 12:00 on September 4, 2018 and its second landfall over Kobe before 14:00 on the same day.

The Akashi-Kaikyo Bridge has a wide range of measurement devices installed to monitor its behavior, verify wind resistance design and ensure bridge safety. According to the data recorded on the bridge, wind speed started to increase around 11:00 and 10-minute averaged wind speed of 37m/s was recorded with maximum instantaneous wind speed of 52.2m/s. These were the highest speeds on record through the history of measurement. The bridge girder vibrated in the first horizontal mode with a period of 26 seconds, and a maximum horizontal displacement of 7.6m was recorded just after the wind speed reached 50m/s at 13:28. This was also the maximum displacement ever recorded. (Fig.3)

Horizontal girder response recorded in the typhoon is plotted against wind speed, and the record is compared to design value. The most of the measured wind data during the typhoon had yaw angles (against the bridge transverse direction) larger than 30 degrees, and many were around 60 degrees. It was found that the response of the girder matched well with the design value by adjusting the data taking into account of the effect of yawed angle of the wind direction. It can be seen from the graph that dynamic component still deviates from the design value, but measured turbulence intensity (standard deviation of wind speed / averaged wind speed) was relatively large, and that was thought to be one of the major cause of the deviation.

The measured wind speed in this typhoon was considerably less than the design wind speed of 60m/s, and bridge monitoring will continue in order to verify bridge response to high wind events.

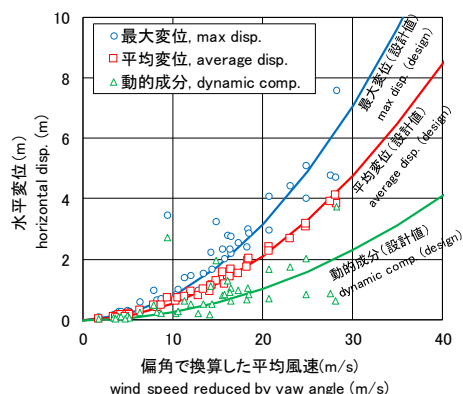


図-4 桁水平変位

Fig.4 Horizontal displacement of girder

# 海外プロジェクト

## ハロガランド橋の開通

2018 年 12 月、北極圏の北側に位置する町ナルヴィクの外れに、ハロガランド橋が開通しました。

この橋は、ノルウェーにおいて 2 番目に長い吊橋ですが、スカンジナビア地域で 4 番目、ヨーロッパで 6 番目、世界では 22 番目に長い吊橋です。また、北極圏北部で最も長い橋でもあります。

本橋の建設は 2013 年に始まり、長く寒い冬や厳しい気候の中での建設は困難を極めました、5 年後に完成し、供用を開始しました。

全長は 1,533m、中央支間長は 1,145m であり、フィヨルドの上を通過することで、地域の主要道路を経由する場合に比べて、所要距離が 18km 短縮されます。

この橋は従来の吊橋とは構造が異なり、スリムで洗練された A 型の塔を有しています。2 基の主塔の高さは海面から 179.1m と 173.5m となっています。主ケーブルは 1,760m の長さがあり、直径は 475mm、重さはケーブル 1 本あたり 2000t となっています。

コンクリート工事は現地で行われましたが、鋼部材に関しては請負業者である四川路橋建設集団 (SRBG) によって、中国の複数の工場で作製、組立てが行われました。鋼箱桁の製作には 2.5 年の期間を要しました。

鋼箱桁は 30 ブロックに分割され、1 ブロックあたりの長さは 40m となっています。各ブロックは、中国からノルウェーまで海上輸送し、ブロックを吊上げてハンガーに定着した後に、各ブロックを溶接することで架設が行われました。

(ノルウェー公共道路省より情報を提供して頂きました。)

# Overseas Project

## Arctic suspension bridge opened – the Hålogaland Bridge in Norway

North of the Arctic Circle, just outside the town of Narvik in the Arctic region of Norway, the new Hålogaland Bridge was opened in December 2018.

This is Norway's second longest suspension bridge, and also ranks high on an international scale. It is no. 4 in Scandinavia, no. 6 in Europe and no. 22 in the world. It is also the longest bridge in north of the Arctic Circle.

Construction started in 2013. Long, cold winters and a harsh climate made construction particularly challenging, but after five years the bridge was completed and ready for use.

With its total length of 1533 metres and a bridge span of 1145 metres, the bridge stretches across a fiord and reduces the driving distance on the region's main road by 18 kilometres.

The bridge stands apart from traditional bridge designs in that it has slim and elegant A-shaped towers, rising 179.1 and 173.5 metres respectively above sea level. The suspension cables are 1760 metres long, 475mm in diameter and weigh 2000 tonnes each.

While the concrete work was being undertaken on site, the steel components were prefabricated in various factories in China by the contractor Sichuan Road and Bridge Group (SRBG). The bridge deck had a production time of 2.5 years.

The bridge deck consisted of 30 sections, each 40 metres long. These were transported by ship from China to Norway and then hoisted up and attached to hangers before they were welded together.

(The information was provided by Norwegian Public Roads Administration.)



図-5 架橋位置図  
Fig.5 Bridge location



図-6 完成予想図 CG  
Fig.6 Bridge rendering view



# 国際会議

## 第 8 回アジア土木技術国際会議 CECAR8 東京大会

第 8 回アジア土木技術国際会議(CECAR8)が 2019 年 4 月 16 日から 19 日の日程で東京で開催されました。

アジア土木技術国際会議とは、3 年に一度開催され、アジア各国で活躍する産官学の土木技術者が専門分野の枠を超えて会する国際会議です。

本四高速からは企業・団体による展示で、本州四国連絡橋の概要、本州四国連絡橋の維持管理における技術開発に関する展示を行い、現在の本州四国連絡橋に関する取組について説明しました。

## ストアベルト社との技術協力に基づく技術交流会

グレートベルト橋を管理するストアベルト社との技術協力協定に基づく技術交流会が、2019 年 6 月 13 日にデンマークのストアベルト社で開催され、本四高速から桑原取締役常務執行役員他 2 名が出席しました。両社の間で事業概要及び長大橋の維持管理に関する意見交換を行った後、グレートベルト橋の現地にて維持管理の状況を視察しました。

また、翌 6 月 14 日には瀬戸大橋の姉妹橋であるオーレスン橋を管理するオーレスン公社を訪問し、維持管理に関する意見交換を行った後、現地視察を行いました。



写真-2 ストアベルト社との技術交流

Photo-2 Technical Exchange with A/S Storebælt

# International Conference

## The 8th Civil Engineering Conference in the Asian Region (CECAR8)

The 8th Civil Engineering Conference in the Asian Region (CECAR8) was held in Tokyo, Japan, from April 16th to 19th, 2019. CECAR is held every three years, and it is an international conference in which civil engineers with different areas of expertise around Asian regions meet.

HSBE introduced outline of the Honshu-Shikoku Bridges, technical development for maintenance of the bridges, and latest efforts about the bridges at the booth exhibition.

## Technical Exchange with A/S Storebælt

Technical Exchange with A/S Storebælt was held in Denmark on 13th June, 2019 based on the Memorandum of Understanding (refer to No.74). From HSBE, Mr. Kuwabara, Director, and other engineers attended the technical exchange. Presentations and discussions on the business outline and recent maintenance activities of long-span bridges were made in the morning, and site visit to the Greatbelt Bridge was taken place.

The next day, HSBE's staff visited the Oresundsbro Konsortiet, operator of the Oresund Bridge which has a sister bridge relationship with the Seto-Ohashi Bridges. Technical exchange on maintenance issues and site visit were carried out.



写真-3 オーレスン公社との技術交流

Photo-3 Technical Exchange with Oresundsbro Konsortiet

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