

## JB 本四高速の活動

### 生口橋耐震補強工事

現在、耐震補強工事を進めている生口橋は、西瀬戸自動車道の因島と生口島の間に架かる橋長 790m の 3 径間連続複合箱桁斜張橋で、主桁は中央径間が鋼桁、側径間が PC 桁となっています。

耐震性能照査の結果、ゴム支承による多点支持のため橋軸方向の移動量が大きくなる傾向にあり、主塔や主桁の部分的な塑性化、橋脚・基礎・支承・ストッパーなど許容値を超過する結果となりました。これら部材全てに対して補強を行うと補強規模が膨大となることから、制震ダンパーにより橋軸方向の移動量を抑え、主塔・主桁・橋脚等に発生する応力を低減させることとしました。制震ダンパーについて検討した結果、P1、P4 橋脚に減衰抵抗 2,000kN ストローク ±600mm をそれぞれ 3 基、1P、4P 橋脚に減衰抵抗 2,000kN ストローク ±700mm をそれぞれ 2 基の計 10 基を設置することとしました。なお、制震ダンパー設置の検討に先立ち、橋軸方向の移動量を確保するため、耐震ストッパーのストッパー沓を撤去することとしました。また、制震ダンパーを設置しても衝突が生じ損傷する 1P 鋼角ストッパーは改良することとし、橋軸直角方向のせん断耐力が不足する 1P 橋脚はアラミド繊維巻立てを行うことにしました。

生口橋の耐震補強工事は、隣接する東西の取付け高架橋とあわせて工事を実施しており、現在、アラミド繊維シート巻立てによる橋脚補強が完了しています。2020 年 11 月より制震ダンパーを順次設置しており、全ての補強を 2021 年 2 月に完成させる予定です。

## Activity of HSBE

### Seismic retrofit for Ikuchi Bridge

Seismic retrofit work is ongoing on the Ikuchi Bridge which spans between Innoshima island and Ikuchijima island along the Nishi-Seto Expressway. It is a three-span continuous composite box girder cable-stayed bridge with total length of 790m, and uses a steel girder in its central span and pre-stressed concrete (PC) girders in its side spans.

Seismic performance checks showed that longitudinal displacements could be large because the bridge was supported by many rubber bearings, elements of the main towers and the main girder would suffer plastic deformation, and stress at piers, foundations, bearings, and stoppers would exceed their allowable value. Since the volume of retrofit work would get huge if all of the members were retrofitted, the retrofit method was tailored to reduce the longitudinal displacement using vibration control dampers, and to reduce the stresses at main towers, main girders, piers etc. The design incorporates ten dampers on piers – three dampers with 2,000kN of damping resistance and ±600mm of stroke length for piers P1 and P4, and two dampers with 2,000kN of damping resistance and ±700mm of stroke length for piers 1P and 4P. In addition, the stopper bearings on the seismic stoppers were to be removed to allow longitudinal displacement before setting dampers. Furthermore, rigid stoppers at pier 1P were to be modified since they would be damaged by a crash even if dampers are set. Also pier 1P whose shear capacity in transverse direction would otherwise be insufficient was to be reinforced with aramid fiber sheets.

The seismic retrofit for the Ikuchi Bridge along with the approach viaducts has been constructed, and the reinforcement of piers by jacketing with aramid fiber sheets has been finished. Setting of vibration control dampers commenced in November 2020, and all retrofit work will be completed by February 2021.



写真-1 制震ダンパー

Photo-1 Damper installed

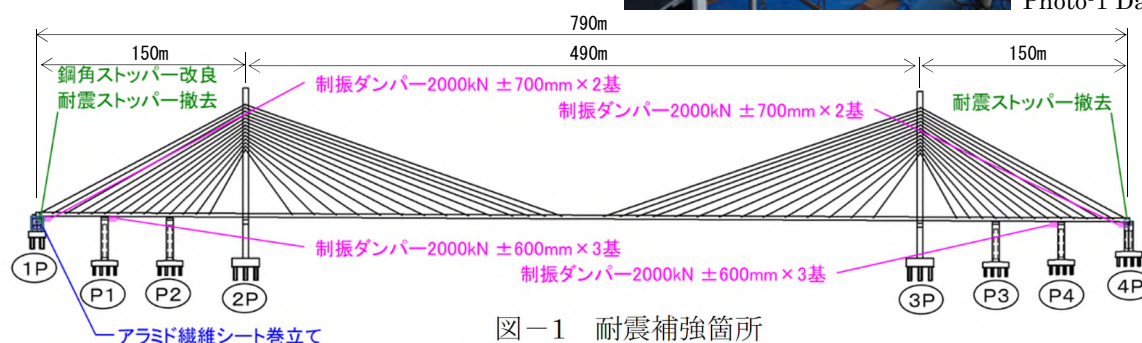


図-1 耐震補強箇所

Fig.1 Location of retrofitted members

# JB 本四高速の活動

# Activity of HSBE

## 瀬戸大橋(島しょ部高架橋)の表面保護工事

## Surface protection for the PC viaduct girders in the Seto-Ohashi Bridges

瀬戸大橋の島しょ部高架橋は、上層が道路、下層が鉄道の2層PC箱桁構造である道路鉄道併用橋で、架橋位置が海岸に近く、厳しい塩害環境下にあります。現在、これらの高架橋を対象に、「維持管理の効率化」と「鉄道への第三者被害の予防」という観点から、アルミ合金パネルでPC桁を覆う表面保護工の設置を進めています。

表面保護工を採用することで、風雨・飛来塩分等の劣化要因を物理的に遮断して橋梁の長寿命化を図ることができます。また、これらの高架橋の道路桁下面の点検や補修は、これまで鉄道が走行しない夜間の限られた時間内に軌陸車という専用車両を用いて行われていましたが、今回設置する表面保護工を常設足場として利用することで、点検・補修が鉄道の走行に影響を与えず、時間制約無く効率的な作業が可能となります。また、コンクリート片等が落下したとしても、表面保護工内に留めることで第三者リスクを回避することができます。

工事は、2018年より櫃石島高架橋で16径間分の施工を実施中です。施工手順は、始めに鉄道へ影響の無い夜間に、足がかりとなる吊足場を橋脚付近に設置。その後昼間に、吊足場内でスライド式の下面防護工(写真-3)を設置します。以降は、下面防護工内にて約2m毎に橋軸直角方向のトラス部材及び下面パネルの設置(写真-4)を繰り返します。最後に桁の保護のために側面、端部パネルを設置し閉塞します。

瀬戸大橋島しょ部高架橋全体の表面保護工事は、本工事箇所も含め、4橋、48径間、延長2,154mで予定しており、引き続き順次施工する予定です。

The viaducts on the islands in the Seto-Ohashi Bridges carry road and rail and use PC box girders, and they face a very severely corrosive environment. Currently aluminum alloy panels are being installed to cover these PC girders to make maintenance more efficient and to avoid third-party damage (railways) caused by falling objects.

By covering the PC girders with these panels, the girders are physically isolated from corrosive agents such as rain water and sea salt, extending the service life of the bridges. Currently, the inspection and maintenance of the underside of the PC girders is carried out at night within very limited available time slots using a special road-rail vehicle. By installing the aluminum alloy panels and using the panels as the permanent inspection platform, the inspection and repair work on the PC girders can be carried out efficiently without interrupting railway traffic. Also, damage to a third party (railways) from falling objects can be avoided, even if concrete fragments fall from the PC girders.

The construction works started in 2018, and installation of the panels for the 16-span portions of the Hitsuishijima Viaduct is currently being implemented. In this work, suspended working platforms are constructed near piers at night while trains are out of service. A temporary fall-prevention unit (safety net) is set under the girder from the suspended working platform in the daytime (Photo-3). Following that, transverse trusses and floor panels are placed at 2 meter intervals (Photo-4). Finally, the girders are covered by the alloy panels to form the sides and connections.

In total the work will involve 48 spans with a total length of 2,154m for all four viaducts in the Seto-Ohashi Bridges.

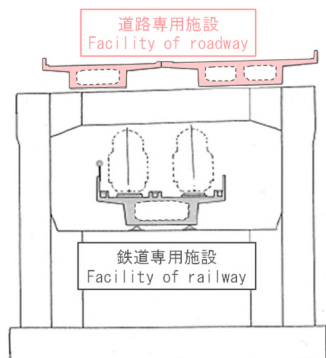


図-2 PC高架橋部標準断面図  
Fig.2 Cross-section view of viaduct



写真-2 軌陸車による夜間点検・補修  
Photo-2 Night-time inspection and repair with road-rail vehicle

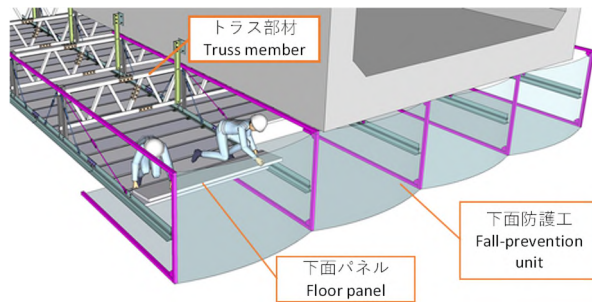


図-3 施工イメージ図  
Fig.3 Construction image



写真-3 スライド式下面防護工設置状況  
Photo-3 Fall-prevention unit

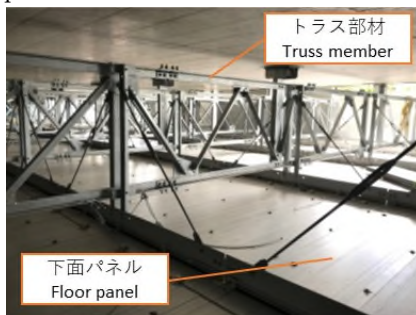


写真-4 トラス部材及び下面パネル設置状況  
Photo-4 Truss members, floor frames and panels



写真-5 完成写真(全景)  
Photo-5 Covered viaduct



# 国内プロジェクト

## 伊勢湾岸道 名港トリトンにおける耐震補強事業の現況

首都圏・中京圏・関西圏を結ぶ交通の大動脈である伊勢湾岸道には、名港西大橋、名港中央大橋、名港東大橋の3つの鋼斜張橋（名港西大橋は上下線別橋梁）があり、「名港トリトン」という愛称で名古屋港のシンボルとして親しまれています。1985年に先行して開通した名港西大橋（I期線）をはじめに、1998年には名港トリトン全線が開通しました。

これらの斜張橋は建設時にもサイト波を使用した動的解析を行うなどの耐震性に関して様々な配慮がされていましたが、南海トラフ巨大地震の発生が懸念されていることから、最も建設年次の古い名港西大橋（I期線）の耐震補強工事を2015年に着手、2017年7月に完了しました。名港西大橋（I期線）の補強概要は架橋地点で起こりうる最大級の地震にも耐えられる構造として、斜張橋の構造特性を生かしながら免震支承と制振ダンパーによる免震化を採用し、一部の主桁等に部材補強を実施しました。免震支承は各主塔部に2基設置、制振ダンパーは全16基設置しており、最大のダンパーは減衰抵抗力2,000kNでストローク±650mmを採用しました。

現在は名港西大橋（I期線）における補強工事の知見をもとに、名港中央大橋と名港東大橋の耐震補強工事を発注し詳細設計に着手しており、早期の工事完了を目指しています。

今後は名港西大橋（II期線）の耐震補強基本設計に着手し、名港トリトン全橋の耐震補強完了を目指しています。

（中日本高速道路㈱より情報提供して頂きました。）



図-4 名港トリトン  
Fig.4 Meiko Triton Bridges



写真-7 制振ダンパー全景  
Photo-7 Damper installed

# Project in Japan

## Seismic retrofitting project of Meiko Triton Bridges

Isewangan Expressway is a critical part of a major transportation artery in Japan which connects Tokyo metropolitan area, the Chukyo area, and the Kansai area. The expressway has the following three steel cable-stayed bridges: Meiko Nishi (West), Meiko Chuo (Center), and Meiko Higashi (East) Bridges. The bridges are collectively referred to as the Meiko Triton Bridges and recognized as the landmark of Nagoya port. The Meiko Nishi Bridge (Phase I; eastbound) was the first to be completed in 1985, and the entire Meiko Triton Bridges group was opened to traffic in 1998.

During the design stage, the seismic safety of the bridges was carefully assessed through dynamic analyses taking account of site-specific seismic waves. However, the bridges have since been seismically retrofitted to secure seismic safety against the Great Earthquakes along the Nankai Trough which are expected in the future. Retrofitting works started on the oldest of the bridges, Meiko Nishi Bridge (eastbound), in 2015 and were completed in July, 2017. The Meiko Nishi Bridge (eastbound) was retrofitted to withstand the biggest earthquakes anticipated to occur at the bridge site, and the whole bridge was seismically isolated introducing isolation bearings and dampers, and some parts of the bridge girders were strengthened. Two seismic isolation bearings were installed at towers, and 16 dampers (damping force of 2,000kN and stroke length of ±650mm) were installed.

The detailed design of seismic retrofitting works for the Meiko Chuo and Higashi Bridges are currently being undertaken taking into account the lessons learned in the retrofitting work of the Meiko Nishi Bridge (eastbound), and the retrofitting work is now being carried out to be completed as soon as possible.

In due course, the seismic retrofitting design of the Meiko Nishi Bridge (Phase II; westbound) will be started toward the completion of the seismic retrofitting project of the entire Meiko Triton Bridges.

(This information was provided by NEXCO Central.)



写真-6 名港西大橋全景（写真奥：I期線、手前：II期線）  
Photo-6 Meiko Nishi Bridges (Front: westbound bridge, Back: eastbound bridge)

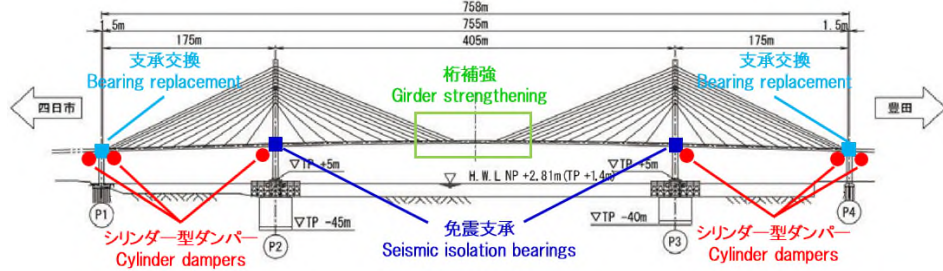


図-5 名港西大橋（I期線）耐震補強概要  
Fig.5 Seismic Retrofit for Meiko Nishi Bridge  
(Phase I; eastbound bridge)

# 海外プロジェクト

# Overseas Project

## ルーマニア・ブレイラ橋 コンクリート主塔施工中

## Concrete tower construction for the suspension bridge over the Danube in Braila, Romania

ブレイラ橋はルーマニア国東部のドナウ川に新たに建設中の吊橋です。No.73（平成30年7月）でも紹介の通り、2018年3月の詳細設計開始後、2018年12月の工事開始から、アンカレッジ・主塔の基礎工事を経て、主塔脚柱のコンクリート施工が進められています。

主塔は中段の水平梁を省略した門型構造で、基礎天端からは高さ約180mです。脚柱は四隅を面取りした一辺6.5mの正方形中空断面で、壁厚は基部1.45mから頂部0.8mまで、脚柱間隔は32.5mから25.5mまで漸変する形となっています。

主塔脚柱は工程短縮を考慮し、スリップフォーム工法で施工しています。あらかじめ地上で組み立てた型枠設備をジャッキで継続的に上架しながらコンクリートを打設していく方法で、約3カ月間弱、24時間連続で施工が行われます。50N/mm<sup>2</sup>の高強度コンクリートがルーマニアではあまり例が無いこと、同工法では非常に遅い硬化時間が必要となることから、高炉セメントをベースにして新たに設計・試験された配合が用いられました。

塔頂部の水平梁(上下2段配置)は各塔あたり2基(1基あたり400t)を地上でプレキャスト製作し、ストランドジャッキによる吊上げ後、脚柱と接合されます。

2021年初旬には塔頂サドル周りの施工が完了予定で、主ケーブル架設準備へと進んでいきます。

(株)IHI インフラシステムより情報を提供していただきました。

Construction of the suspension bridge over the Danube is ongoing in Braila county, in the eastern part of Romania. As introduced in Newsletter No. 73 (July 2018), the detailed design was started in March 2018 and the construction was started in December 2018. Following the completion of the tower foundations, the upper structure of the towers are now being constructed.

The towers are approximately 180m high. The reinforced concrete towers are comprised of two shafts connected by crossbeams only at the top. The shafts are 6.5m square hollow sections with rounded corners, and the wall thickness varies from 1.45m to 0.8m. The distance between shafts varies from 32.5m at the bottom to 25.5m at the top.

The towers are being constructed using the slipform method, where the construction is continuous for 24 hours a day, 7 days a week for some 3 months, lifting the preassembled formwork up with jacks. The major motivation to adopt this method is to achieve a shorter construction period than using conventional formwork. A project-specific concrete mix has been developed based on blast-furnace cement in order to achieve 50N/mm<sup>2</sup> compressive strength which is not commonly achieved in Romania, and giving a very long setting time to suit this construction method.

The double-storey crossbeams are prefabricated on the ground (400t per crossbeam) and lifted up by strand jacks, and then connected with the tower legs.

After the completion of the concrete works around the tower top saddles, preparation work for the main cable erection will start at the beginning of 2021.

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



写真-8 スリップフォームによる主塔施工

Photo-8 Tower construction by slipform method



図-6 完成予想イメージ

Fig.6 Bridge rendering view

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