

JB 本四高速情報

因島大橋の耐震補強設計

因島大橋は、代替路のない海峡部区間にあることから、橋の重要度を鑑み、2025年度までに耐震補強を完了させる計画としています。

耐震性能照査を実施したところ、側径間部の橋軸方向の移動量が大きく、アンカレイジ位置でエンドストッパーとトラス桁端部が衝突することで、トラス桁端部において損傷が集中し、橋軸直角方向については、ウインドタンクとその周辺部材が損傷することが確認されました。加えて、道路桁支承及び自歩道桁支承の損傷とセンターステイロープが破断するという結果が確認されました。

そこで耐震補強設計では、トラス桁端部とエンドストッパーとの衝突を回避するため、粘性ダンパーを設置することにより橋軸方向のトラス桁の移動を抑制することとしました。橋軸直角方向については、ウインドタンクの補強として、アンカーボルト増設やウインド沓の交換等を行うこととしました。

ただし、上記対策を実施したとしても、主塔位置における道路桁と大型伸縮装置の衝突を回避できず、大型伸縮装置が損傷することとなりました。そこで、緊急輸送道路の機能確保の観点から、大型伸縮装置の損傷は許容できるとし、大型伸縮装置等の落下防止対策を行うこととしました。その他、道路桁支承及び自歩道桁支承については、交換等を行うこととしました。

因島大橋の耐震補強は、設計地震動である想定芸予地震の影響により、本州四国連絡橋の長大吊橋としては、最も多岐にわたる耐震補強が必要となりました。引き続き着実な耐震補強の進捗を図る予定です。



写真-1 因島大橋
Photo 1 Innoshima Bridge

Activity of HSBE

Seismic retrofit design of Innoshima Bridge

Innoshima Bridge is located in the strait where there is no alternative route. Considering the importance of the bridge, seismic retrofit is planned to be completed by FY2025.

By the seismic performance verification, it was found that the amount of longitudinal movement at the side span was large, and damage was concentrated at the truss girder ends due to the collision between the endstopper and the truss girder ends at the anchorage. For the transverse direction, damages to the wind tongues and surrounding members were observed. In addition, damages in the supports for road deck and pedestrian/bicycle deck and rupture of the center stay ropes were observed.

In the seismic retrofit design, the installation of viscous dampers to avoid collision between the truss girder ends and the end stoppers was selected to suppress movement of the truss girders in the longitudinal direction. For the transverse direction, the wind tongue reinforcement by adding anchor bolts and replacing the wind shoes was selected.

However, even with the above mentioned measures, the collision between the road girder and the large expansion joint at the main tower could not be avoided, and the large expansion joints will be damaged. Therefore, from the viewpoint of ensuring the functionality of the emergency transportation route, acceptance of damages to and prevention of falling of large expansion joints were decided. In addition, the supports for road deck and pedestrian/bicycle deck were to be replaced.

The Innoshima Bridge required the most extensive seismic retrofit in the suspension bridges of the Honshu-Shikoku Bridges, due to the effects of the assumed Geiyo earthquake considered in the design seismic motion. Honshu-Shikoku Bridge Expressway will facilitate steady seismic retrofit.

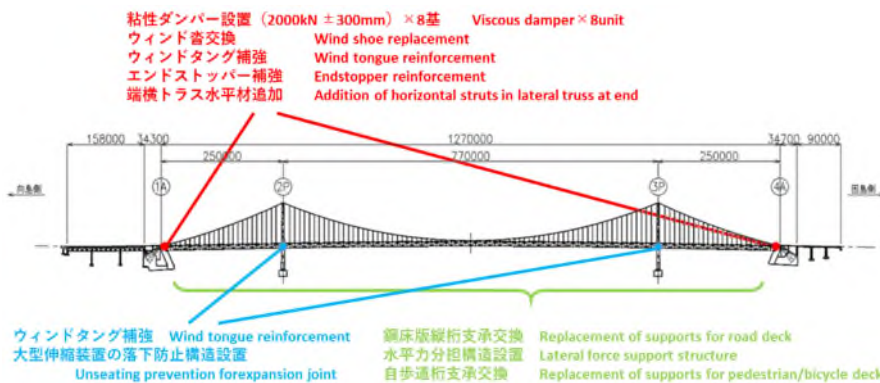


図-1 耐震補強箇所
Fig.1 Location of retrofit

国内プロジェクト

横浜ベイブリッジ主塔部の塗替塗装工事

横浜ベイブリッジは、1989（平成元）年9月に供用を開始し、供用後30年以上が経過しており、港湾上という厳しい腐食環境下のため、過去の点検において塗膜劣化の進行が確認されていました。そのため、供用後初の大規模な塗替塗装工事を過年度より実施しており、2021年に主塔の塗替塗装が完了しました。今回は主塔の塗替塗装工事の概要をご紹介します。

横浜ベイブリッジの主塔塗替塗装は、潮風による腐食環境下であること、また塗装困難箇所であることから、ライフサイクルコストを考慮して、ふっ素樹脂塗料を用いた長寿命化塗装を行いました。

足場は、枠組足場、吊足場、ゴンドラ及び移動昇降式足場等を用いて施工を行いました。主塔基部のフーチング上から補剛トラス下までは枠組足場を設置し、下部水平梁は吊足場を設置し施工をしました。道路面より上の主塔外側（海側）及び主塔内側（道路側）は、それぞれ既設ガイドレールを利用したゴンドラを設置し施工を行いました。

主塔橋軸面側（ケーブル面側）は、既設のガイドレールが無い場合、マンションやビルの修繕工事でも使用されている移動昇降式足場（リフトクライマー）を用いて施工を行いました。リフトクライマーは、足場デッキ部からスライドデッキを張り出すことができる構造であるため、主塔外側のガイドレールにマストを設置し、ケーブル面側の施工を行いました。

上部水平梁は本工事に設計・製作したユニット足場を架設して施工を行いました。本ユニット足場は13分割しており、1基ずつ架設・横移動して固定し、一体化することで、首都高速湾岸線を通行止めすることなく設置・撤去を行うことができました。

このように横浜ベイブリッジの主塔塗替工事では、ライフサイクルコストを考慮した塗料を選定し、様々な足場を用いて塗替塗装工事を行いました。今回の経験を他橋梁の施工にも活かしていく予定です。

（首都高速道路より情報を提供して頂きました）

Project in Japan

Repainting work for the main tower of Yokohama Bay Bridge

The Yokohama Bay Bridge has been in service for more than 30 years since it was opened to traffic in September 1989. Past inspections have confirmed the progression of paint film deterioration due to the severe corrosive environment of the harbor. Therefore, the first large-scale repainting work after the service was started in the past fiscal years, and the repainting of the main tower was completed in 2021. The following is an overview of the repainting work of the main tower.

The Yokohama Bay Bridge main tower was repainted using fluoropolymer paint to extend its service life in consideration of life cycle costs, due to the corrosive environment caused by sea breezes and the low accessibility to repaint.

Repainting work was carried out using framed scaffolding, suspended scaffolding, gondolas, and mobile scaffolding. Framed scaffolding was installed from the footing at the base of the main tower to the bottom of the stiffening truss, and suspended scaffolding was installed for the lower horizontal beam. The outside (seaward side) and inside (roadside) of the main tower above the road surface were repainted with gondolas using the existing guide rails.

Since there were no existing guide rails on the bridge axis side of the main tower (cable side), the mobile scaffolds (lift climbers) were used that are also used for repair work on condominiums and buildings. Since the lift climber has a structure that allows the slide deck to be extended from the scaffold deck section, the cable side was repainted with masts installed on the guide rails on the outside of the main tower.

The upper horizontal beam was repainted with a unit scaffold designed and fabricated for this project. This unit scaffold was divided into 13 sections. Each section was erected, moved horizontally, fixed, and integrated into a single unit. The construction process enabled the installation and removal of the unit scaffold without closing the Metropolitan Expressway Bayshore Route.

As explained, the paint materials were selected with life-cycle costs in mind and various types of scaffolding were used for repainting the Yokohama Bay Bridge main tower. Metropolitan Expressway Company Limited plan to apply this experience to the future construction work of other bridges.

(The information is provided by Metropolitan Expressway)

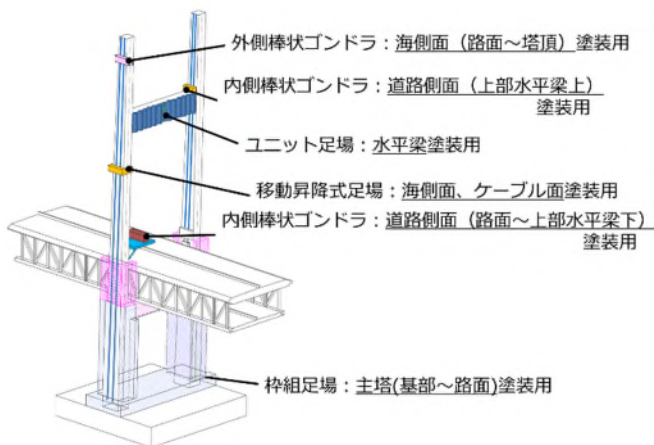


図-2 主塔塗替塗装工事足場概要図

Fig.2 Scaffoldings for Repainting of Main Tower



写真-2 移動昇降式足場（リフトクライマー）

Photo-2 Mobile scaffolding

国内プロジェクト

斜張橋ケーブル端部における制振ダンパーの破損及び応急対策

2005年に供用した女神大橋のケーブル端部には、ゴム製の制振ダンパーが設置されていますが、2006年9月の台風等の影響でダンパーの損傷等が発生し、その後も暴風や台風時に損傷が繰り返し発生しています。

このため、2019年に全数点検を実施し、104本のケーブルのうち86本にダンパー損傷が見られ、そのうち8本がダンパー破断、12本にケーブルの接触痕がありました。その都度、制振ゴムダンパーの取替えなど行ってきましたが、その後も損傷が続き、2021年から対策検討に着手し、2022年に52本のケーブルの応急対策を実施しました。2023年にも残り52本のケーブルの応急対策を実施します。

制振ゴムダンパー設置部の構造は、ケーブルが振動する際、ゴムダンパーがケーブル本体を弾性的に拘束し、減衰させることで振動を抑制している仕組みです。しかし、なんらかの要因でケーブル本体が大きく振動し、ケーブル端部での振動振幅が制振ゴムダンパーの許容範囲を超えることで、ボルト部への接触などによる損傷や破断につながっています。

応急対策は、さや管に緩衝材を設置し、ケーブルの接触による損傷を物理的に回避する方法を採用しています。なお、恒久対策は今後検討する予定です。

(長崎県道路公社より情報を提供して頂きました)



写真-3 制振ダンパー破断状況
Photo 3 Rupture of Rubber Damper

Project in Japan

Damage and emergency countermeasure of rubber dampers at cable end of cable-stayed bridge

The Megami Bridge is a cable-stayed bridge, opened in 2005. The stay cables have dampers made of rubber at each cable end. However the damages of dampers were observed because of natural disasters such as a typhoon Shanshan (2006). After that, the damages has occurred repeatedly during windstorm and typhoon passage.

Therefore, 104 cables in total were inspected in 2019 and damaged dampers were observed on 86 cables. And 8 dampers were broken and 12 dampers had cable contact scratches. Although the damaged dampers were replaced each time, damaged dampers have been observed continuously. Countermeasures of these damage was discussed since 2021 and emergency countermeasures were conducted for 52 cables in 2022. In 2023, the same countermeasures will be conducted for remaining 52 cables.

The rubber damper at cable end elastically restrains the cable itself and controls the vibration when the cable vibrates.

However, when the cable vibrated significantly for some reason and the vibration amplitude at the cable end exceeded the tolerance range, it leads to damage or rupture due to contact with the bolt.

In order to physically avoid damages caused by cable contact, buffer materials will be installed on the sheath pipes for emergency countermeasures. In addition, permanent countermeasures will be discussed in the future.

(This information is provided by Nagasaki Prefectural Road Corporation)

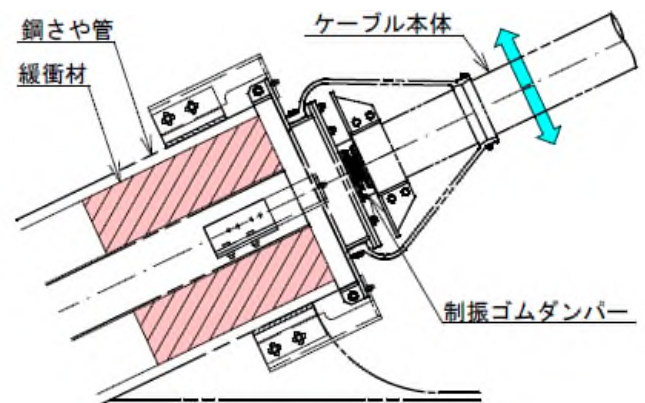


図-3 緩衝材設置イメージ図
Fig.3 Installation Image of Buffer Material

海外プロジェクト

2023年2月6日トルコ地震後の橋梁点検

2023年2月6日、トルコの中南部で2回の地震（マグニチュード7.8、マグニチュード7.5）が発生しました。これらの地震は11の県に大きな被害を与え、およそ1500万人以上が被災し、そのうち、5万人以上が死亡したと発表されました。また、被害額は1000億USドル以上と推定されています。

建築物の被害が甚大でした。トルコの一般的な住宅建築としては、RC造の柱と梁の骨組みに、レンガや石積みのブロックからなる壁を組み合わせたものです。このような建物は耐震設計が考慮されていないため、パンケーキクラッシュのような全体崩落が発生し（写真-4）、多くの命が失われました。

一方、道路橋梁の方はよく持ちこたえました。地震後の2023年3月7日～3月10日の間、IHIのエンジニアたちは現場踏査を行い、被災地における橋梁の状態を点検しました。今回の点検で注目したのは、最初の地震の震源地からわずか50kmに位置するNurdag市付近のTarsus-Adana-Gaziantep高速道路の山岳道路上の高架橋群です。点検したNurdag市付近の橋梁は全て鉄筋コンクリートの橋脚を有し、上部構造が鋼製箱桁またはプレキャストPC桁で構成されています。点検の結果として、橋梁の損傷は端部に限られており、伸縮装置と粘性ダンパーに集中していることが確認されました。ほとんどの伸縮装置が損傷していることが確認されましたが、これはこの規模の地震であれば想定されることです。橋梁の下部構造については、ほとんどの橋梁で少しひび割れが見られたことをのぞき良く持ちこたえましたが、そのうち1つの橋梁の一对の橋脚で明らかな座屈損傷が確認されました（写真-5）。また、当該橋梁は地震中に橋軸方向に大きな変位が生じ、橋台と上部構造が衝突したため、端部に激しい座屈が発生しました（写真-6）。

そのほか、長大斜張橋を含め、この地域にあるいくつかの橋梁を調査しました。その結果、これらの橋梁が今回の規模の地震（再現期間1000年）に対し、期待通りの耐震性能を発揮したことを確認しました。今回の地震に対しては期待する性能を発揮しましたが、生じた

Overseas Project

Inspection of Bridges after 6 Feb 2023 Turkey Earthquake

On February 6th, 2023 two earthquakes (Mw 7.8 and Mw 7.5) occurred in mid-South Turkey. These earthquakes caused widespread damage on 11 provinces effecting a population of more than 15 million. More than 50 thousand people are reported to be killed while the total damage is estimated as more than 100 billion US dollars.

The damage on buildings were extensive. The typical building type in Turkey for residential structures is a reinforced concrete frame of columns and girders with infill walls, made from bricks or masonry blocks. The lack of seismic design of these structures caused total collapse in a pan-cake style which was the primary cause of the extensive life loss as seen in an example illustrated in Photo 4.

While the residential buildings showed a very poor performance the bridges of the road infrastructure can be said to have acted soundly. After the earthquake IHI engineers organized a field tour between March 7th and March 10th, 2023, to examine the structural conditions of the bridges in the disaster hit region. The main focus of the inspection was the bridges on Tarsus-Adana-Gaziantep motorway where there are various viaducts on the mountain passage near city of Nurdag which is only 50 km far from the epicenter of the first earthquake. All of the inspected bridges near Nurdag have reinforced concrete piers where the superstructures are either of steel box type or prestressed precast concrete girder type. It was observed that the damage on the bridges are limited to the bridge ends and concentrated on bearing expansion joints and viscous dampers. Majority of the expansion joints were observed to be damaged which is very natural for an earthquake of this intensity. Substructures of the inspected bridges seemed to have behaved well, except a few cracks on majority of the bridges, but one of the bridges had a pair of piers with apparent buckling damages (Photo 5). This particular bridge had also experienced severe buckling at the end girder due to pounding of the bridge superstructure to the abutment (Photo 6). It seems that severe longitudinal movement occurred during the earthquake caused this damage.

Several other highway bridges in the region are investigated including long span cable stayed bridges, and it was observed that the structures have performed within the performance level expected for this scale of the earthquake which is considered as an earthquake with a return period of 1000 years. However, although being within acceptable

損傷が構造物の耐力低下に影響を及ぼす可能性があるため、慎重に評価しないとけません。構造物の耐力低下、特に橋脚の曲げ強度の低下については補強措置を実施する必要があります。将来地震が再度発生する場合、構造物の損傷による剛性の低下がより大きな橋脚変位を誘発する可能性がありますので、この地域の損傷した単純 PC 桁橋に対し、補強措置として落橋防止システムの設置が必要です。

(IHI より情報を提供して頂きました)

performance level structural damages needs to be assessed carefully for their impact on the possible reduction of the structural capacity of the structure. The reduced capacity especially for the reduced flexural strength of the piers needed to be compensated by retrofitting measures. The reduced structural rigidity caused by the structural damages would possibly induce larger pier movements during possible future ground motions that necessitates the implementation of fall down prevention devices of superstructure as retrofitting of the damaged simple girder PC bridges of the region.

(This information is provided by IHI)



写真-4 崩壊した住宅建築 (Adiyaman)
Photo 4 Collapsed Residential Buildings in Adiyaman



写真-6 箱桁端部の損傷
Photo 6 Box girder damage at bridge end.



写真-5 橋脚の局部座屈
Photo 5 Pier damage due to local buckling

国際会議

IABSE シンポジウム イスタンブール 2023

2023年4月26日から28日にかけて、国際構造工学会（International Association for Bridge and Structural Engineering : IABSE）シンポジウムがトルコのイスタンブールで開催されました。トルコ南部では2023年2月に2度の大きな地震が起き、シンポジウム自体の開催が危ぶまれましたが、対面形式で開催となりました。

本国際会議は土木構造物の計画、設計、建設、維持管理及び補修にかかわる様々な技術・研究成果を発信するための場として1929年に設立されました。今回のシンポジウムでは、世界最長の吊橋1915チャナッカレ橋の関連して「長大橋」がテーマとなっており、それに関する発表が多くなされ、大学機関から建設コンサルタントまで多岐にわたる方々が会議に参加しました。

本四高速からは長大橋・技術部の花井グループリーダーが「ケーブル送気乾燥システム導入後、20年経過した吊橋の維持管理」について、しまなみ尾道管理センターの道路維持（兼）橋梁維持グループの下瀬が「多々羅大橋の耐震補強に用いた国内最大規模のダンパー性能試験」について技術発表を行いました。

その他、各国の各団体からは「世界最長の吊橋（1915チャナッカレ橋）に関する設計・施工」や「ボランティア活動を通じて行われた発展途上国での橋の建設」、「中国で現在建設中である支間長2,300mの吊橋」等について情報提供が行われました。次回のIABSE2024シンポジウムは、マンチェスター（イギリス）で開催される予定です。

International Conference

IABSE Symposium Istanbul 2023

International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE) Symposium was held in Istanbul, from April 26th to 28th, 2023. There were two massive earthquakes in southern Turkey in February 2023 and there was a possibility that the symposium itself was not held, but the face-to-face symposium was started.

IABSE was established in 1929 to discuss many topics such as technical and research performance about plan, design, construction, maintenance and repair of civil engineering structure. Symposium papers had been invited based on the theme namely “Long Span Bridges” related to the longest suspension bridge “1915 Çanakkale” in the world. Many papers about it were presented by a variety of persons from university institutions to construction consultants.

Mr. Hanai, Long-span Bridge Engineering Center, and Mr. Shimose, Shimanami Onomichi Operation Center from HSBE presented “Management of Dry Air Injection System for Main Cables of Suspension Bridges in Honshu-Shikoku Bridges for 20 years” and “Seismic Retrofit using the Largest Viscous Damper in Japan”.

In addition, organizations from various countries provided information on “the design and construction of the longest suspension bridge (1915 Çanakkale)”, “Bridges to Prosperity” and “Construction Technology Innovation of 2300-meter Suspension Bridge”. The next IABSE symposium will be held in Manchester (UK), 2024.



写真-7 IABSE での本四高速の発表（花井 GL）
Photo 7 Presentation from HSBE at IABSE



写真-8 IABSE での本四高速の発表（下瀬）
Photo 8 Presentation from HSBE at IABSE

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