

長大橋NEWS レター



No.40

NEWSLETTER on Long-Span Bridges

本四高速

本州四国連絡高速道路株式会社 長大橋技術センター 平成 22 年 4 月

Long-Span Bridge Engineering Center, Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited, April 2010

J B 本四高速情報

明石海峡大橋の耐震補強

近い将来に東南海・南海地震等のプレート境界型の大規模地震の発生が予想されるとともに、近年新たに公表された地震情報によると本州四国連絡橋の設計時に想定した地震力を上回る規模の地震の発生が懸念される状況となっています。このような背景から、代替道路が無く重要構造物である本州四国連絡橋の大規模地震に対する耐震補強検討を鋭意実施しているところです(No. 36 参照)。

明石海峡大橋(写真-1)は、1998年に完成した中央径間 1991m を有する世界一の長大吊橋です。当初設計に用いた地震動には、架橋地点の地震環境等を考慮して設定されており、南海地震のようなプレート境界型の大規模な地震は想定していませんが、1995年兵庫県南部地震のような大きな強度を持つ内陸直下型地震については考慮されていません。そこで、最新の地震動推定に関する知見を用いて設定した架橋サイトで発生しうる大規模地震動に対して、所定の性能(地震による損傷が限定的なものにとどまり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能)を確保するための検討を行いました。検討に用いた大規模地震動には、東南海・南海地震、六甲一淡路断層帯及び伏在断層の3種類の地震を考慮しました。



写真-1 明石海峡大橋
(Photo 1: Akashi-Kaikyo Bridge)

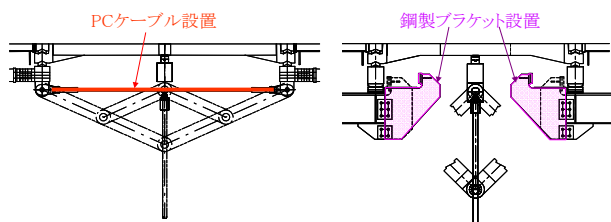


図-1 伸縮装置の車両落下防止対策
(Figure 1: Safety devices for vehicles at expansion joints;
PC cables (left) and brackets (right))

Information from HSBE

Seismic Retrofit of Akashi-Kaikyo Bridge

According to the latest seismological findings, there is concern that large-scale earthquakes, such as the Tounankai-Nankai Earthquake, exceeding the original design seismic force of the Honshu-Shikoku Bridges would occur and seismic risk for the bridges would increase. Besides, the bridges are designated as a life-line corridor for emergency transportations or restoration works immediately after large-scale earthquakes since there is no alternative route between Honshu and Shikoku except for the bridges. Under these backgrounds, we have been working on seismic upgrading for the bridges in a comprehensive and systematic manner (see No. 36).

The Akashi-Kaikyo Bridge, completed in 1998, is the world's longest suspension bridge with a center span of 1,991 m. In the original seismic design, although site-specific design seismic force was determined in consideration of earthquakes occurring in plate-boundaries, an inland near-field earthquake, such as the Hyogo-ken Nanbu Earthquake in 1995, was not considered in the design seismic force. Therefore, we performed a seismic retrofit study of the bridge to ensure the target seismic performance against site-specific large-scale earthquakes. For the large-scale earthquakes, two types of scenario earthquakes were considered; one is the Tounankai-Nankai Earthquake which is an interplate earthquake, the other is an earthquake coming from the Rokko-Awaji Fault which is an inland near-field earthquake. In addition to the two types of scenario earthquakes, a seismic ground motion coming from an earthquake with a magnitude of MJ6.8 occurring just beneath the site was considered. This means the consideration for the possibility that an unknown inland active fault might exist near the site.

As a result, seismic responses of the tower exceeded its buckling strength at the base of tower shafts and the lower horizontal beam, whereas responses of other main structural elements, such as the main cable, suspenders and the girder were within elastic range and the stability of four foundations was ensured. In addition, some damages at sub-structural elements, such as bearings of the steel deck, center stay cables, oil dampers against wind induced vibration of the towers, stoppers at the girder ends and expansion joints were generated. For the damage evaluation of the tower, detailed studies were performed by FEM analyses. The result indicated that the structure has redundancy beyond the maximum moment of seismic analyses and the degree of local buckling is small enough to repair it.

地震応答解析の結果、塔柱基部及び下段水平材で局所的な損傷が発生しましたが、他の主要部材である主ケーブル、ハンガーロープ、補剛桁の応答は弾性範囲内となるとともに、基礎の安定は確保されました。また、道路桁支承、センターステイ、オイルダンパー（主塔の耐風制振用）、桁端ストッパー、伸縮装置（主塔側径間側）の一部の二次部材において損傷が発生する結果となりました。主塔の損傷評価は、詳細検討としてシェル要素を用いた FEM 解析を実施し、耐力・変形特性を把握したところ、地震時の発生断面力は最大耐力に対して余裕があるとともに、損傷の程度は軽微であることが確認できたことから主塔の損傷を許容することとしました。また、道路桁支承、センターステイ、オイルダンパー、桁端ストッパーの損傷も橋としての機能に及ぼす影響は小さく、交通供用下で修復可能であることから損傷は許容することとしました。一方、一部の伸縮装置（主塔側径間側）の損傷については、この損傷により路面に大きな貫通穴（2.3m程度）を空け、通行車両の地震時走行安全性に重大な影響を及ぼす可能性があることから、通行車両の落下防止対策（図-1）を施すこととしました。本対策工事は現在実施中です。

国内プロジェクト情報

(仮称)第2音戸大橋の工事進捗状況

広島県呉市中心部と江能(えのう)倉橋半島地域を結ぶ音戸大橋（アーチ支間長 115m）は、1961 年に供用開始されて以来約 50 年が経過し、交通量の増加に伴い慢性的な交通渋滞が生じています。広島県では、交通渋滞の緩和及び円滑な緊急活動や災害時の緊急輸送道路の確保等を目的として、呉市の警固屋地区と音戸地区を結ぶ一般国道 487 号警固屋音戸バイパス整備事業を行っています(No.34 参照)。

音戸の瀬戸を跨ぐ第2のアーチ橋として建設される(仮称)第2音戸大橋は、橋長 492m（アーチ支間長 292m）の中路式鋼ニールセンローゼ固定アーチ橋です(図-2)。上部工工事は平成 21 年 10 月に発注し、IHI・横河・川田 JV が受注しました。平成 22 年 5 月より陸上部の工事に取り掛かり、平成 23 年 4 月に起重機船によるアーチ部の大ブロッケー括架設を行う予定です。音戸の瀬戸は定期旅客船を含む約 600 隻/日の船舶が往来する狭水道で、現在航行安全対策について検討を行っています。

(仮称)第2音戸大橋の警固屋側下部工は、AA1 でニューマチックケーソン基礎(写真-2)を採用し、平成 21 年 10 月に基礎工が終わり、現在 AA1 橋脚及び P2、P1 を施工しています。音戸側下部工は、平成 21 年 11 月に AA2 及び P3 は概成しています(写真-3)。

平成 21 年度末における全体進捗率は 73%となっています。今後、平成 20 年代半ばの供用開始を目指して、音戸側 A2、警固屋側及び音戸側の側橋梁工事(PC コンボ橋)と順次着手する予定です。(広島県西部建設事務所呉支所より情報を提供いただきました。)

Therefore, the damage was assessed to be acceptable. In addition, the damages of other sub-structural elements, such as bearings of the steel deck, center stay cables, oil dampers and stoppers at the girder ends were also assessed to be acceptable since the damages of those elements do not have much influence on operations and functions of the bridge and are repairable under traffic condition. On the other hand, the damage of expansion joints was assessed to be not acceptable. Since the expansion joints are huge ones, those failures might result in large gaps, approximately 2.3-meter-long in the longitudinal direction, on the road surface, which would significantly affect the safety of a vehicle on the bridge. A planed retrofit measure for the expansion joint is shown in Figure 1. This retrofit work is currently in progress

Project Information in Japan

Current progress of construction of the 2nd Ondo Bridge (Tentative name)

About 50 years have passed since the completion of the Ondo Bridge in 1961, and the bridge connects the center of Kure city of Hiroshima pref. with Enou-Kurahashi peninsula with the center span length of 115m. After its completion, the arch bridge suffers from chronic traffic congestions due to recent increase of traffic volume. In order to mitigate the traffic congestions, support relief activities and secure transportation routes in emergencies, construction project of national highway No.487 by-pass between Kegoya and Ondo districts have been carried out by Hiroshima prefectural government. (see No.34)

The 2nd Ondo Bridge (a tentative name), the second arch bridge which spans the Ondo Strait, is a half-through Nielsen-Lohse-type arch bridge with the total length of 492m and the arch span of 292m(Figure 2). The construction of the superstructure of the bridge was ordered in October 2009, and the joint venture including IHI, Yokogawa and Kawada received the order. On-land construction works are planned in May 2010, and large-block (Arch bridge) part erection by floating crane is scheduled in April 2010. The Ondo Seto is a shallow strait, and approximately 600 ships per day (including regular passenger ship) travel through the strait. Currently, the navigational safety in the strait during the large-block part erection is studied.

Pneumatic caisson method was applied in the sub-structure (pier AA1) construction on Kegoya-side (Picture2), and the construction was completed in October 2009. Construction works of piers AA1, P2 and P1 are now in progress.

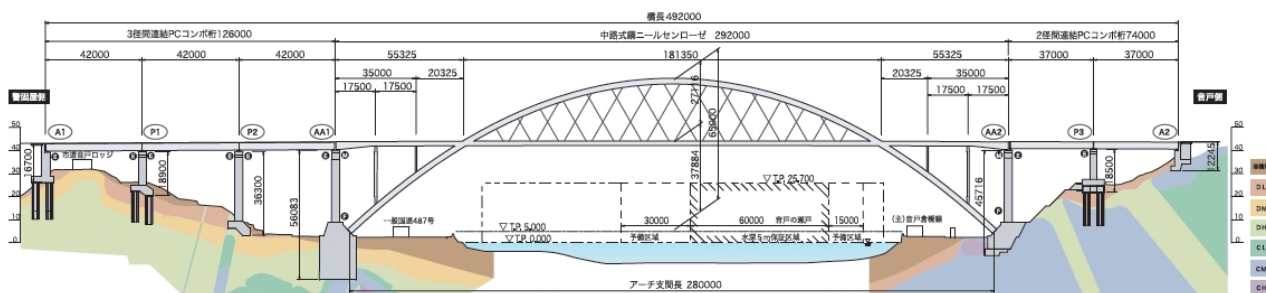


図-2 (仮称)第2音戸大橋側面図 (Figure 2: General drawing of the 2nd Ondo Bridge)



写真-2 警固屋側ケーソン（白枠内:ケーソン内部）
(Photo 2: Caisson on Kegoya-side and inside of the caisson)

海外情報

仁川大橋完成（韓国）

仁川(インチョン)大橋は、12.34km の主橋梁部分と 9.04km の取付道路からなる延長 21.38km、6車線の道路です。中央径間長 800m の主橋梁部分は斜張橋としては世界で5番目の長さです。同橋は、東は仁川経済自由区域に位置する松島(ソンド)国際都市と西は北東アジアのハブ空港である仁川国際空港とを結びます。

2009年10月の開通後、仁川大橋は道路利用者にとって最も重要である安全を提供するために、韓国が誇る最先端の情報技術と融合されたハイテクデジタル高速道路を体現しています。

橋に関しては、最新の道路維持管理システムが導入され、リアルタイムで道路の状態を把握し管理することが可能です。このような最先端のデジタルシステムによって道路を最適な状態に保つことができ、道路利用者に時間とおりの安全なドライブを提供することができます。道路に設置された交通集計システムで集計された情報は、仁川大橋交通データサービスセンター送られ解析・処理されています。解析されたデータは道路上に設置された情報提供装置やウェブサイトを通じて、画像で提供されます。

仁川大橋料金収受システム(TCS)、電子料金収受システム(ETCS)、および現金、デビットカード(プリペイド)、およびクレジットカードといった多様な支払い方法はドライバーに快適なサービスを提供しています。



写真-4 仁川大橋
(Photo 4: Incheon Bridge)



写真-3 音戸側下部工
(Photo 3: Piers on Ondo-side)

And the substructures on Ondo-side, piers AA2 and P3, are almost completed (Picture 3).

Seventy eight percent of the whole construction work will be completed by the end of fiscal 2009.

Construction of pier A2 on Ondo-side and approach bridges (PC-COMPO) on both Kegoya and Ondo-sides are scheduled to start sequentially with the aim of the opening of the bridge in the midst of the third decade of the Heisei Era.

(Report from Kure Branch of Seibu Construction Office, Hiroshima prefectural government)

Overseas Information

Completion of Incheon Bridge, Korea

Incheon Bridge consists of 12.34km of main bridges and 9.04km of connecting highways totaling 21.38km in length, crossing with 6 lanes. The main span of 800m cable-stayed bridge is the 5th longest one in the world. The Bridge connects east to Songdo International City within the perimeter of Incheon Free Economic Zone with west to Incheon International Airport which is a Northeast Asian hub airport.

Following its opening in October 2009, Incheon Bridge embodies the high-tech digital expressway incorporated with cutting-edge information technology that Korea is proud of, in order to better serve highway users with their safety first in mind.

As for the Bridge, a state of the art highway maintenance system is put in place, so that it is possible to figure out and manage the state of highways in real time. Based on such a state of the art digital system, the Bridge can keep highways in the optimal condition, so that it can guarantee drivers traffic punctuality and safe driving. Information by using traffic collecting equipment installed on the highways is collected and it is sent to Incheon Bridge Traffic Data Service Center where the traffic is analyzed and processed. The analyzed data is provided to visions through the information providing equipment on the highways and website.

Incheon Bridge toll collection system (TCS), electronic toll collection system (ETCS), and various payment instruments such as cash, debit (pre-paid) card and credit provide convenient service to drivers.

Bridge maintenance system of Incheon Bridge systematically processes data such as bridge check-out, repair and reinforcement, exterior, surface condition,

仁川大橋の維持管理システムは橋梁点検、補修・補強、外観、表面状況、予算管理、履歴管理といったデータを系統的に処理し中央システムに送ります。このシステムは道路を最適な状態に保つため、他のシステムとリンクしています。

同橋の構造マネジメントシステムは、構造物の変位によって生じる影響を解析します。また、風向、風速、温度および地震といった観測データは橋梁管理者へ送信され、いかなる異常も観測され次第、ただちに処理されます。(仁川大橋株式会社から情報を提供をいただきました。)

国際会議

Bridge Tech 2009 (上海)

昨年の12月2日から4日にかけて、標記の講演会が中国の上海で開催され、本四高速から奥田長大橋技術センター長が出席し、招待講演および一部セッションの座長を行いました。12月2日に「本四の維持管理とモニタリング」と題した講演を行い、維持管理の戦略と動態観測設備の現状とその評価について紹介しました。発表後の質疑応答では、ある中国の橋梁管理者から「塗装がそれほど維持管理において大変であるとは思わないが」という意見があったのに対して、「本四連絡橋の塗装面積は全体で約400万 m^2 あり、塗り替えには瀬戸大橋を例にすると18年も必要で、かつ莫大な費用がかかる。今後の計画的な維持管理が必要である。」と回答を行いました。また、センサーを扱う会社からは、「動態観測用のセンサーの交換の予定は？」という質問に対しては「今後も計画的に交換を行う。」という回答を行いました。

上海は現在、建築ラッシュで高層ビルが林立しており、その上部には凝ったデザインの意匠物があり楽しむことができます。



写真-5 奥田センター長によるプレゼンテーション
(Photo 5: Presentation by Mr. Okuda)

本州四国連絡高速道路株式会社

本社 〒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
JB 本四高速のホームページアドレス
<http://www.jb-honshi.co.jp>
(ホームページにて、長大橋情報を募集しております。)

budget management, history management to the central system. It links with other systems to keep highways optimal.

The structure management system analyzes the effects caused by the movement of bridge structures. Monitoring data such as wind direction, velocity, temperature and earthquake are sent to the operators of the Bridge and any abnormality is dealt with as quickly as possible if observed.

(Report from Incheon Bridge Company Limited)

International Conference

Bridge Tech 2009 in Shanghai, China

Bridge Tech 2009 was held in Shanghai, China, on December 2-4, 2009. From HSBE, Motoi Okuda, the director of Long-span Bridge Engineering Center, participated in the conference as an invited speaker and a chairperson of a technical session on bridge maintenance. On December 2, Mr. Okuda made a presentation entitled the maintenance and health monitoring of Honshu-Shikoku Bridges and presented the maintenance strategy for the long-span bridges, the outline of health monitoring system and the analysis of the monitoring data were presented.

The following are questions and answers generated in the Q & A session after the presentation.

Question by a Chinese bridge operator: *The recoating work of long-span bridges does not seem to be hard job.*

Answer by presenter: *The total painting area of Honshu-Shikoku Bridges is approximately 4 million m^2 , and it takes 18 years to complete the whole repainting work of the Seto Ohashi Bridges, for example. Also, the repainting work costs a lot of money. Therefore, the long-span bridges have to be appropriately maintained based on the maintenance plan.*

Question by a monitoring sensor supplier: *Do you have a plan to replace monitoring sensors installed on the bridges?*

Answer by presenter: *Yes, we replace the sensors based on maintenance plan.*

Shanghai is now undergoing high-rise building boom, and decorations arranged at the top of the buildings are pleasing to the eye.

Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited

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
<http://www.jb-honshi.co.jp>

発注者支援業務(Construction Management)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・防食グループ TEL 078(291)1071)