

長大橋NEWSレター

NO. 17

NEWSLETTER on Long-Span Bridges

本州四国連絡橋公団 長大橋技術センター 平成15年9月
Long-Span Bridge Engineering Center, Honshu-Shikoku Bridge Authority,
September, 2003

本四公団情報

台風10号による明石海峡大橋の動的挙動

2003年8月8日～9日にかけて、四国、近畿地方に上陸した台風10号は、本四連絡道路、神戸淡路鳴門自動車道をルート沿いに終点側から起点側に通過しました(図-1)。この台風により得られた明石海峡大橋の動態観測データによると、10分間平均風速の最大値は26.2m/s(9日午前4:00)、瞬間最大風速は34.7m/s(9日午前4:00)でした。中央径間中央に設置されたGPSのデータによると、桁中央部での水平変位の最大値は154cm(8日午後4:50)、このとき橋軸直角方向からの風速は、17.2m/sでした。

動態観測データを用いて今回の台風による明石海峡大橋の挙動を分析した結果、特に異常と思われる挙動は見られませんでした。一例として、主塔に設置された桁端変位計の計測値をもとに算出した桁端の回転角と、桁中央部での水平変位との比較を図-2に示します。細部にわたって非常によく一致しており、水平方向の変形機構が健全に機能していると考えられます。

このように、地震や台風による挙動を分析しデータを蓄積することにより、変形機構に何らかの異常があれば早期に発見することが可能となります。さらに、動態観測データと別途整備している解析システムを活用することにより、動態観測は設計検証のみでなく、維持管理にも有効に活用できるものと考えています。

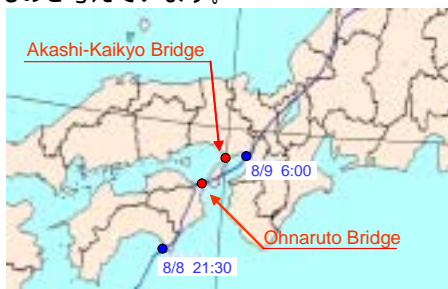


図-1 台風10号経路図
(Fig.1 Course of typhoon No.10)

主塔用塗装ロボットの開発

本四連絡橋の吊橋における主塔(高さ100～300m)の表面は重防食塗装が施されていますが、経年劣化により定期的な塗替が必要です。本四連絡橋では15～20年サイクルで塗替を行う計画としています。

これまでの主塔の塗替においては、塔頂から吊下げたゴンドラに搭乗した作業員によって施工されてきました。しかし、ゴンドラは風によって揺れるため、危険な高所作業

Information from HSBA

Dynamic behavior of Akashi-Kaikyo Bridge by typhoon No.10

Typhoon No.10 went ashore in Shikoku and Kinki area on August 8 and 9 in 2003, and passed along Kobe-Awaji-Naruto Expressway from end of the highway to its origin (See Figure-1). According to the bridge motion observation equipment installed in Akashi Kaikyo Bridge, maximum mean wind speed per ten minutes was 26.2m/s (4:00 A.M. on August 9), and instantaneous maximum wind speed was 34.7m/s (4:00 A.M. on August 9). According to GPS data set up at the midpoint of the center span, maximum horizontal displacement was 154cm (4:50 P.M. on August 8) and wind velocity in transverse direction at that time was 17.2 m/s (See Figure-2).

As the result of analyzing the behavior of Akashi Kaikyo Bridge by this typhoon, definite abnormal behavior was not seen. For instance, figure-2 shows a comparison between observation data at the midpoint of the center span and angle of rotation at the girder edge in the center span calculated using measurements of displacement gauge installed at the tower. These shapes correspond very well over the detail, and it is thought that a horizontal transformation mechanism functions healthily.

By analyzing behavior and accumulating data in earthquake and typhoon like this, abnormalities on the transformation mechanism can be found at the early stage. In addition, by utilizing field observation data and an analytical system separately provided, it is thought that the bridge motion observation system can be effectively used for not only design verification but also maintenance.

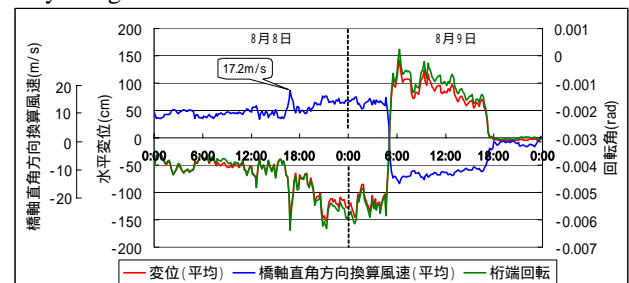


図-2 中央径間中央の水平変位と桁端回転角の経時変化
(Fig.2 Observation data at the midpoint of the center span and angle of rotation at the girder edge)

Development of painting robot for tower

Heavy duty coating is given on the surface of main towers (whose heights range from 100m to 300m) in suspension bridges in Honshu-Shikoku Bridges, but periodic recoating

となり稼働率が低下します。ゴンドラの揺れに対しては、安全性と稼働率を向上させるため塔壁に連続して吸着する磁石車輪ゴンドラを既に開発しています。一方、塗替塗装は、寒風や酷暑と塗料で汚れる厳しい作業環境となることから機械化が望まれてきました。このため、箱桁用の回転ブラシによる素地調整と塗装ロールによる塗装装置を開発し、経済性・安全性の向上と省力化を実現しました(NEWSレター-No.9 参照)。

今回の主塔用塗装装置は、先に開発した磁石式ゴンドラと箱桁用塗装装置で得たノウハウを結集して開発したものです。開発にあたり生じた多くの課題は室内実験によって解決しました。その後、因島大橋の主塔において実際に塗替塗装を行い、塗装品質・作業性・作業能率などを確認しました。この実橋実験により、塗装の品質は人力塗装と同等であり、均一性では人力よりも優れていることが分かりました。また運転人員2名で作業能率は500㎡/日(10人/日に相当)以上あり、経済性・安全性の向上とともに大幅な省力化を実現しました。



写真-1 塗装装置による塗装作業状況
(Photo.1 Painting robot for tower)

国内プロジェクト情報

御所浦第2架橋の計画概要

御所浦架橋は熊本県、御所浦町の有人3島と天草5橋で有名な天草本島を結ぶ架橋計画です。離島解消を目的として段階的に架橋事業を進めており、第一架橋(中瀬戸橋)は1986年に完成しました。御所浦島と横浦島を結ぶ第2架橋計画は、概ね10年後の完成を目指し、2002年度末に島内取付道路の工事を開始しました。第2架橋の主橋梁は、本県内最大級の橋梁規模となるため、「御所浦第2架橋技術検討委員会(委員長:九州大学大学院大塚教授)」を設置し、詳細設計と併行しながら委員会にて審議及び検討を進めているところです。本橋の特徴及び構造規格、橋梁規模等については以下のとおりです。

- 1) 架橋地域の交通特性を考慮した活荷重強度(等分布荷重)の低減について検討中。
- 2) 桁断面形式は2次元風洞実験により、実績の多い扁平六角形断面ではなく、逆三角形断面を採用。耐風対策部材として地覆外側に鉛直版を設置。
- 3) 主塔は鋼管を内部に配置したSRC構造とし、耐震性を確保。また、基礎天端を海中に没することにより経済性・景観性を向上(図-4)。

- ・路線名: 一般県道 龍ヶ岳御所浦線
- ・構造規格: 第3種第3級 設計速度 40km/h
- ・幅員構成: 幅員9.5m(歩道:2.5m含む) 2車線
- ・橋梁形式: 単径間2ヒンジ箱桁吊橋

is necessary due to the secular deterioration. Recoating is scheduled in every 15 or 20 years in Honshu-Shikoku Bridges. So far, recoating of a main tower was implemented by the worker who boarded the gondola suspended from the tower top. However, rate of actual working day become lower because this operation is a high place work and a gondola shakes by wind. Against a shake of a gondola, a magnet wheel gondola adsorbed continuously on the tower wall to improve safety and rate of actual working day had already been developed. On the other hand, mechanization has been desired because recoating operation is executed under a severe working condition, such as cold wind, intense heat and dirty with paint. For this purpose, coating robot for box girder which operates surface treatment with rotation brush and painting with painting rolls had been developed, thus improvement of economical efficiency and safety and labor saving had been realized. (Refer to NEWS letter No.9.)

A painting robot for tower has developed by combining know-how obtained from magnet wheel gondola and coating robot for box girder previously developed. A lot of problems in developing a painting robot for tower were solved by laboratory tests. Afterwards, an empirical proof test was actually done in a tower of Innoshima Bridge and painting quality, workability and work efficiency, etc. were confirmed. Findings obtained from the empirical proof test was that the robot was equivalent to man power in terms of quality and superior to man power in terms of uniformity. Moreover, the work efficiency was more than 500m²/day with two manipulators (equivalent to ten persons' work ability), thus improvement of economical efficiency and safety and remarkable labor saving has been realized.

Project Information in Japan

Goshoura Second Link

The Goshoura Link in Kumamoto Prefecture is a bridge project to connect three inhabited islands in Goshoura Town and Amakusa Island which is well known for Amakusa-Gokyo (= "five bridges"). In order to eliminate isolated islands, the link project has been gradually conducted and the first link (Nakaseto Bridge) was completed in 1986. The completion of the second link that connects Goshoura Island and Yokoura Island is slated for within 10 years, and the construction of the approach road was started from the end of 2002. Since the main bridge of the second link becomes one of the largest bridge in the Prefecture, "Technical Committee of Goshoura Second Link" (chairman: Professor Otsuka, Kyushu University Graduate School) was established and deliberation and investigation are conducted in parallel with the detail design. The characteristics, structural classifications, dimensions and so forth of the bridge are as follows.

- 1) The reduction of live load (distributed load) considering the assumed traffic characteristics on the link is being studied.
- 2) For the cross section of the box girder, inverted triangle shape is adopted rather than the ordinary shallow hexagonal shape by means of two-dimensional wind tunnel tests.
- 3) The towers are SRC structures with steel pipes inside to ensure earthquake resistance. By submerging the upper surface of the tower foundations, economical and aesthetical aspects are enhanced(see figure 4).

- ・Route Name: National highway Ryugadake-Goshoura route
- ・Classification: 3rd. grade, 3rd. class

- ・支間割: 273m+620m+134m
- ・桁形式: 中央径間; 逆三角形鋼箱桁
側径間; 単径間及び4径間連続鋼箱桁
- ・主塔形式: コンクリート製中空SRC一層ラーメン(高さ94m)
- ・基礎形式: 1A, 4A; トネル式アンカレッジ
2P; 直接基礎, 3P; RC設置ケーソン基礎

現在、主塔の細部構造等(水平材接続部、アンカー基部)については技術検討委員会で審議し、今年度中に詳細設計を完了する予定です。また主橋梁部の工事については、島内取付道路工事の進捗の状況を勘案しつつ、準備を行っているところです。

(以上は熊本県土木部からの情報による。)



図-3 位置図
(Fig.3 Location)



図-4 主塔構造
(Fig.4 Structure of tower)

- ・Design Speed: 40km/h
- ・Cross Sections: 9.5m (including sideway, 2.5m), 2 lanes
- ・Type of Structure:
1 span, 2 hinged box girder suspension bridge
- ・Span Length: 273m + 620m + 134m
- ・Type of Girder:
Center span; inverted triangle shape steel box girder
Side span; single-span and 4-span steel box girder
- ・Type of Tower: SRC hollow, one layer portal tower
- ・Type of Foundation: 1A, 4A; tunnel anchorage
2P; spread foundation, 3P; RC laying-down caisson

After the deliberation about the detail of the towers (joints of horizontal beams and base of the anchor) in the technical committee, the detail design is planned to be completed in this fiscal year. Preparation for the construction of the main bridge is proceeding taking into account the progress of the approach road. (This information and Photograph are provided by Kumamoto Pref.)



図-5 御所浦第2架橋完成予想図
(Fig.5 Computer Graphic)

東環状大橋(仮称)の計画概要

東環状大橋(仮称)は、徳島市中心部及びその周辺の交通混雑・渋滞対策として徳島県が整備を進めている徳島東環状線の一部で、吉野川を渡河する橋長約1.3kmの橋梁です。架橋地点にある干潟は、様々な動植物の生息地であり、また自然観察などを通じて多くの人々に親しまれていることから、設計・施工において周辺環境への影響に配慮しています。本橋の特徴及び構造規格、橋梁規模等については以下のとおりです。

- 1) 干潟部の橋梁は、干潟への影響を少なくするため、干潟に橋脚を設置しない構造形式とする。
- 2) 上部工については極力鳥類飛行の障害を少なくするため、主塔が低く、ケーブル段数も少ない形式とする(ケーブルを張った外観が県鳥でもある白鷺(イグレット)の羽ばたきに似ていることから「ケーブル・イグレット」と命名)。
- 3) 流水のある一般部についても、廃土がほとんど出ないよう基礎を河床の上の方まで立ち上げ、流水に悪影響を及ぼさないよう橋脚の厚さを薄くする。構造的には下部工と上部工を一体化させたラーメン構造により、橋の安全性を確保。
- 4) 施工においても、栈橋施工方式ではなく、極力台船施工方式を採用。

- ・路線名: 主要地方道 徳島環状線
 - ・構造規格: 第4種第1級 設計速度 60km/h
 - ・幅員構成: 車道幅員; 8.0m x 2, 歩道幅員; 4.0m x 2
 - ・橋梁形式: 干潟部: 4径間連続ケーブルイグレット鋼桁橋
一般部: 5径間連続ラーメン鋼桁橋 x 2
 - ・支間割: ケーブルイグレット; 140m+260m+105m+70m
ラーメン鋼桁橋; (5@70m)+(4@70m+86m)
 - ・下部構造: 壁式RC・SRC橋脚、ラーメン式RC橋台
 - ・基礎構造: 鋼管矢板ウェル基礎、中堀SC杭基礎
- 現在、下部工15基中12基が契約済みであり、11月か

East Circular "Egret" Bridge (Tentative Name)

The East Circular "Egret" Bridge (tentative name) is a part of the Tokushima East Circular Line, which is being promoted by Tokushima Prefecture to resolve traffic congestion at the center of the Tokushima City and surrounding area and crosses the Yoshino River with the total bridge length of 1.3km. Since the tideland at the project site is a habitat of various species and has popularity thorough natural observation and so forth, consideration to minimize an impact on surrounding environment in design and construction is made. The characteristics, structural classifications, dimensions and so forth of the bridge are as follows.

- 1) In order to minimize an impact on the tideland, a bridge over it has no piers in there.
- 2) For superstructure, in order to reduce obstacles for birds, the height of the towers is lowered and the number of the cables is reduced. (From the appearance of the bridge with the cable arrangement, which resembles a flapping egret, it is named as "Cable Egret.")
- 3) For a viaduct part over water flow, its foundations are raised over riverbed to reduce the excavation and the piers are made thinner not to affect the river flow. For the overall structure, substructures and superstructure are integrated as a rigid frame and secure the safety of the bridge.
- 4) For the construction methods, use of barges is encouraged, rather than being limited to jetty use.

- ・Route Name: Principal local road, Tokushima Kanjo Route
- ・Classification: 4th. Grade, 1st. class, Design Speed: 60km/h
- ・Cross Sections: Roadway; 8.0m x 2, Walkway; 4.0m x 2
- ・Type of Structure: /Tideland part; 4 span continuous Cable Egret plate girder bridge/ Viaduct part; 5 span continuous rigid frame plate girder bridge x2
- ・Span Length: Tideland part; 140m+260m+105m+70m

らの現地施工に向け準備を行っているところです。
(以上は、徳島県県土整備部からの情報による。)



図-6 東環状道路完成予想図
(Fig.5 Computer Graphic)

海外情報

杭州湾大橋(中国)起工式

中国浙江省の杭州湾大橋の起工式が2003年6月8日に行われました。杭州湾大橋は、杭州湾を跨ぎ浙江省の嘉興市と寧波市を直接結ぶ6車線の高速道路で、完成すると全長120km、海上部のみで36kmの世界最長の橋梁となります。この橋梁は、発展する上海をはじめとする長江デルタ地帯と杭州、紹興、寧波などの浙江省の主要都市を結ぶとともに、中国沿海州の主要道路ネットワークを構成する重要路線に位置付けられています。工期は2003年から2007年、建設費は全体で160億人民元、海上部のみでは107億人民元です。

北の主航路は支間448mの3径間鋼斜張橋で35,000t級が、南の副航路は支間228mの二柱式鋼斜張橋で3,000t級の船舶航行が可能とされています。両航路以外の大部分は50~70mのPC高架橋で、主要部分は耐久性を考慮して、上部工は一支間プレキャスト大ブロック工法による連続PC箱桁、下部工は水深9~12m程度、支持層が海底下40~70mの堆積層に大量の鋼管杭が使用される予定です。本橋の技術的課題は、施工中の漂砂を伴う潮流速4m/s、潮位差8mという厳しい海象条件の克服と急速施工、並びに海上橋としての耐久性の確保です。

(以上は、大日本コンサルタント株式会社からの情報による。)



図-7 杭州湾大橋完成予想図
(Fig.7 Computer Graphic)

- Viaduct part; (5@70m) + (4@70m + 86m)
- Substructures: solid wall RC, SRC pylons, rigid-framed abutment
- Type of Foundation: steel-pipe-sheet-pile well, SC pile installed by inner excavation method

Currently, contracts for 12 substructures out of 15 are made and the preparation work is underway to begin on-site work from November. (This information and photograph are provided by Tokushima Pref.)

Overseas Information

The Commencement ceremony of The Hangzhou Bay Bridge Construction Project, China

The commencement ceremony of the Hangzhou Bay Bridge Project in China was performed on June 8, 2003. The Hangzhou Bay Bridge is the expressway with 6-traffic lanes crossing the Hangzhou Bay, by which Ji-axing and Nimbo will be connected. This expressway shall be the world longest maritime bridge with a total length of 120km, of which 36km will be on the sea. This bridge will have an important role as the thoroughfare that connects the developing Yanze river delta district with the major cities such as Hangzhou, Shaoxing and Nimbo in Zhejiang province. Construction period will be 2003 to 2007 and total cost will reach 16 billion yuan (240 billion yen) including 10.7 billion yuan of the maritime section.

The three span steel cable-stayed bridge with a length of 448 meters crosses the northern principal navigation channel that allows 35,000 tons class vessels passing, while the single tower steel cable stayed bridge with a length of 228 meters crosses the southern sub navigation channel that allows 3,000 tons vessels passing. As the other components of the Project Bridge, the elevated continuous PC box girders (50 to 70 m spans) by the one-span pre-cast block election will be mainly adopted in consideration of the durability in the maritime circumstances. Large number of steel pipe piles will be driven to the seabed where the water depth is 9 to 12 meters and the bearing layers lie under the sedimentary layers of 40 to 70 meters thickness. Major technical problems of the Project Bridge are follows: 1) To overcome the severe maritime condition with the tidal velocity of 4 m/s, the tidal range of 8 m and the sand drift; 2) Rapid construction; and 3) To secure the durability of the maritime bridge. (This information and photograph are provided by Nippon Engineering Consultants Co.,Ltd.)

本州四国連絡橋公団

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)1000(代) FAX 078(291)1362
総務部 広報担当調査役
長大橋技術センター
本四公団のホームページアドレス <http://www.hsba.go.jp/>

Honshu-Shikoku Bridge Authority

4-1-22 Onoedori, Chuo-ku, Kobe, 651-0088, Japan
TEL : +81-78-291-1000(Main)
FAX : +81-78-291-1362
Manager for Public Relation on Engineering
Long-Span Bridge Engineering Center
<http://www.hsba.go.jp/>