

JB 本四高速の活動

海峡部橋梁路面上の強風特性調査

本州四国連絡橋の強風による通行止めは、過去10年間（2010年～2019年）で40回あり、自然事象による通行止め全体の約6割を占めています（図-1）。特に日本に上陸した台風が5回と記録的な数となった2018年は、通行止めが7回と集中するとともに、明石海峡大橋と瀬戸大橋で空荷トラックが横転するなどの事象が発生しました。このような背景のもと、強風時におけるより安全かつ効率的な交通規制を含めた交通管理に役立つように、瀬戸大橋を対象に海峡部橋梁の路面上における強風特性調査を、（株）本田技術研究所との共同研究で実施しています。

瀬戸大橋の強風時における通行規制は、道路照明柱の上部（路面から約10mの高さ）に設置した交通管理用の風速計（海峡部約9.4km区間で2箇所に設置）のデータを基に、交通管理者（警察）との協議により実施しています。本研究では、風速計を搭載したテスト車両を走行させて、走行車両に作用する路面上の風速を調査するとともに、それと交通管理用の風速計データの相関分析を行う計画です（図-2）。これまでの調査結果の一例として、図-3にテスト車両による瀬戸大橋路面上の風速調査例、図-4に交通管理用の風速計設置位置に別途設置した定置風速計（路面から約9mの高さ）のデータと路面上の風速データとの関係を示します。現時点では、強風時のデータ数が少なく十分な分析には至っていませんが、今後、強風データを蓄積し、風向別などの詳細な分析を行い、その結果を海峡部橋梁の強風時における交通管理に反映する予定です。

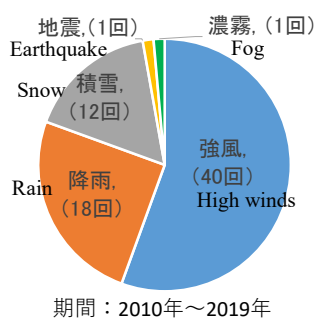


図-1 本州四国連絡橋の自然事象による通行止め実績

Fig.1 Road closures of Honshu-Shikoku Bridges by natural phenomena

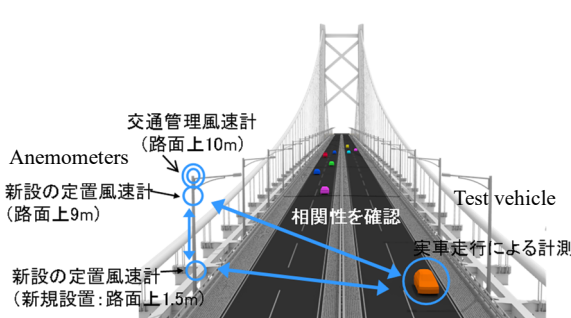


図-2 橋梁路面上の強風特性調査
Fig.2 Investigation of strong wind effects on vehicles using long-span bridges

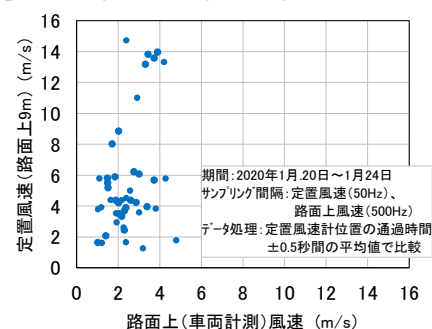
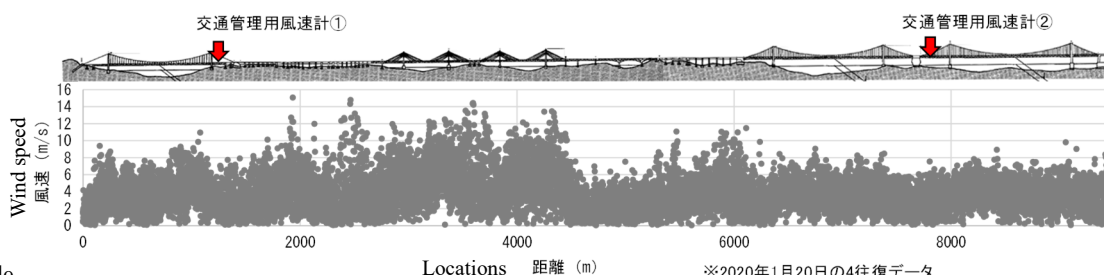


図-4 定置風速データ(路面上9m)と路面上風速データの関係例

Fig.4 Relationship between the measured wind speed on the road surface by the test vehicle (horizontal axis) and the data by the stationary anemometer (vertical axis)

図-3 テスト車両による瀬戸大橋路面上の風速調査例

Fig.3 Wind speed data on Seto-Ohashi Bridges by the test vehicle



※2020年1月20日の4往復データ
(交通管理用風速計②の10分間平均風速は8～14m/s)

国内プロジェクト

若戸大橋の現況

若戸大橋は、1962年9月に一般有料道路として供用開始されました。この橋は全長 627m、中央支間長 367m を有する吊橋で、主塔の高さは海面から約 84m、桁下高は満潮時の大型貨物船の出入りに備え 40m を確保するなど、建設当時は「東洋一の夢の吊橋」と呼ばれ、日本の吊橋の先駆的な役割を果たしてきました。

供用開始から 50 年が経過した 2012 年には、主ケーブルのラッピングワイヤを開放した内部調査や、ハンガーロープの引張試験等の各種調査・試験が行われ、その結果、若戸大橋のケーブル類は概ね健全であり、今後の腐食の進行も緩やかであり問題ないことが判明しました。

長年の市民の要望を受け、2018 年 12 月 1 日に無料化されました。交通量は約 10% 増加し約 31,000 台/日となり、本市の重要な幹線道路であるとともに生活道路としての役割を担っています。また、無料化に合わせてライトアップも開始しました。「日本新三大夜景都市」として認定された北九州市の新たな夜景観光のシンボルが誕生し観光客の増加が期待されています。(写真-1)。

一方で、若戸大橋の塗装は建設当初から現在まで 6 回ほど 3 種ケレンもしくは 4 種ケレンした後に重ね塗りをしてきました。直近の 6 回目は 1999 年から 2004 年の期間で実施し、現在はそれから約 15 年から 20 年経過し塗装の設計寿命を超過しています。そのため、塗装の外観調査、塗膜厚調査、付着力測定、IH 塗膜除去試験施工(写真-2)、暴露試験など様々な調査を行い、これまでに以下のことが確認されました。

- ・平均塗膜厚は 770 μ m と過塗膜状態である(2,000 μ m 以上の箇所も確認)
- ・塗膜の内部応力により表面にひび割れや退色化しているが、塗膜の平均付着力は 6.2MPa と良好
- ・IH 塗膜除去工は有効であるが、経済性、施工性など課題が残る。

引き続き、暴露試験の継続や分析を行い、腐食環境を考慮した最適な塗装仕様の検討を行う予定です。

(北九州市より情報提供していただきました。)



写真-1 若戸大橋のライトアップ

Photo-1 Bridge illumination

Project in Japan

Current conditions of Wakato Bridge

Wakato Bridge opened to traffic in September 1962 as part of a tolled highway. The bridge is a suspension bridge with a total length of 627m and main span of 367m. The tower height of the bridge is approx. 84m above sea level, and navigational clearance is 40m to accept the passage of cargo-carrying vessels during high tide. The bridge was constructed using 'state-of-the-art' suspension bridge technology at that time, and was called 'the dream bridge in the Orient'.

In 2012, fifty years after bridge completion, inspections and testing were undertaken to assess the soundness of the bridge including removing main cable wrapping wires, internal visual inspection of main cables and tensile tests of suspender ropes. As a result of the inspections and tests, it was found that the cable systems of the bridge were structurally sound, and that corrosion was very limited.

On December 1st, 2018, the bridge became free to use, in response to long-standing public pressure. Since then the traffic volume has increased by 10% to approx. 31,000 vehicles per day, and the bridge has played an important role in the Kitakyushu area not only as a highway but also serving as part of the local road infrastructure. In addition, the City of Kitakyushu installed bridge illumination at the same time as tolls were removed. The bridge illumination enhances the night views and charm of the City of Kitakyushu, and has been recognized as one of "Japan's New Three Most Spectacular Night Views", and tourism growth in the area is expected as a result (Photo-1).

The bridge has been recoated six times since the bridge was opened, recoating over existing coatings after surface preparation (3rd or 4th grade). The most recent recoating was undertaken between 1999 and 2004, and the current coating has already exceeded its design life. Various inspections and measurements have been carried out - visual inspection, coating film thickness, adhesion tests, applicability of induction coating removal method (Photo-2), and exposure tests - and the inspection and test results were as follows

- coating film was quite thick (770 μ m in average, 2,000 μ m at maximum)
- cracks and fading were found in paint films, but the paint films had fair adhesion (6.2MPa on average)
- the induction coating removal method was found to be applicable, but this removal method still has some challenges in order to be more economical and practical application.

Exposure tests of the coatings are continuously implemented, and the most suitable coating scheme for the bridge's corrosive environment will be investigated.

(This information was provided by City of Kitakyushu.)

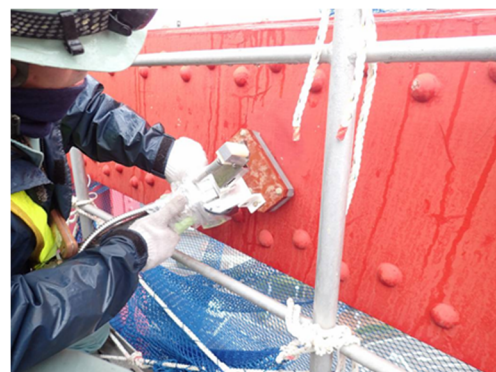


写真-2 IH 塗膜除去試験施工 (加熱状況)

Photo-2 Field testing of induction coating removal
(Coating is heated by induction heating)

海外プロジェクト

トルコ第一ボスポラス橋 主ケーブル開放調査と塔頂主ケーブル補強

第一ボスポラス橋はトルコ共和国イスタンブールのボスポラス海峡に架かる吊橋で、1973年の供用開始から45年以上が経過しています。

No. 68（平成29年4月）で紹介のハンガーケーブルの取替えの際、主ケーブル内部を解放した健全度調査も並行して行われました。主ケーブル素線の状態は、大半は軽い白錆が発錆している程度の健全な状態でしたが、主塔付近において大規模な腐食と多数の素線破断が発見されました。損傷が激しく完全に復旧することは不可能と判断され、応急処置として破断した最寄りの素線どうしを張力導入無しで接続する措置がとられました。また、点検結果を踏まえた解析を行ったところ、主ケーブルの安全率が低下していると試算され、2期工事として主ケーブル補強が2017年から行われました。

主ケーブルの断面欠損を補うため4本の補強ストランドを追加し、既存主ケーブルの張力の一部を受け持たせる構造が採用されました。補強ストランドにはφ92mmのロックドコイルロープが使用され、ジャッキを用い4本合計で12,000kNの張力が導入されました。これは主ケーブル断面の約一割に相当する張力となります。主塔の中央径間側・側径間側で素線が損傷していたため、図-5に示すように主塔を跨ぐように補強ストランドを配置し、新しく主ケーブルに取り付けたケーブルバンドに定着されています。

（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。）

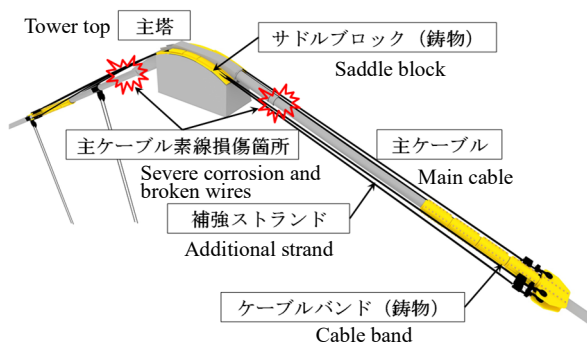


図-5 主ケーブル補強イメージ

Fig.5 Diagram of main cable strengthening

Overseas Project

Inspection and strengthening of main cable near tower top for First Bosphorus Bridge in Turkey

Bosphorus Bridge located in Turkey, spanning the Bosphorus strait in Istanbul, was constructed in 1973. It has been more than 45 years since it opened to traffic.

When all hanger cables were replaced with new ones as introduced in Newsletter No. 68 (April, 2017), the main cables were opened by wedges, and internal conditions were inspected at several locations. The main cables seemed to be generally healthy, typically with slight white corrosion on wires. However, severe localized corrosion and broken wires were found near the tower tops. It was quite difficult to entirely recover the broken wires, and therefore as an emergency and temporary repair these broken wires were re-connected tentatively by ferrule coupler without tensioning, and cleaned and painted. Through numerical evaluation based on the site inspection results, it was found that the safety factor of the main cable had decreased at a location close to one of the tower tops. Therefore strengthening of the main cables near the tower tops of all towers was conducted from 2017.

Four additional strands were added at each location in order to compensate for the loss of a number of broken wires. 92 mm diameter full locked coil strands were adopted as the additional strands. The strand tension, totalling 12,000kN for the four strands, was introduced by a jacking system. This equates to almost 10% of the main cable sectional force. Since severe corrosion and broken wires were observed on both sides of the towers as shown in Figure 5, additional strands are connected to a series of cable bands which act as anchor points of the new strands beyond the damaged sections of the main cable.

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



写真-3 主ケーブル補強施工状況

Photo-3 Photo of main cable strengthening

海外プロジェクト

滬蘇通長江公鉄大橋開通

2020年7月1日に滬蘇通長江公鉄大橋が開通しました。この橋は全長 2,296m、中央支間長 1,092m を有する道路鉄道併用の斜張橋です。これまで、同橋の 45km 上流には江陰長江大橋、また 40km 下流には蘇通長江公路大橋がすでに完成・供用されておりますが、上海市と南通市との間の経済的な結びつきをより促進させることを目的に、新たにこの橋が整備されたものです。また、これまで両市の間を直接結ぶ鉄道が整備されていませんでしたが、この橋が完成したことにより、両市の間がわずか 76 分で結ばれることになり、より交通が便利になりました。

滬蘇通長江公鉄大橋は、道路鉄道併用の斜張橋としては、世界最長の橋になります。主塔はコンクリート製で高さ 325m、斜材は 3 面吊りで全部で 432 本あり、最も長い斜材は、長さ 576m で重さは 83.5 トンになります。トラス桁の幅は 36m、高さは 16m で、上層に 6 車線（片側 3 車線）の道路、下層に鉄道が設置されています。開通に先立ち、橋が設計どおりの挙動を示すかどうかを確認することを目的に実橋で載荷試験が行われました。

橋の健全性をモニタリングするためのシステム開発が行われ、BIM (Building Information Modeling) に基づく維持管理システムが同橋の維持管理のために開発されました。

（この記事は、インターネット上のいくつかのニュース記事を元に本四高速が作成しました。）

Overseas Project

Opening of Shanghai-Suzhou-Nantong Yangtze River Bridge

The Shanghai-Suzhou-Nantong Yangtze River Bridge opened on 1 July 2020. The bridge is a cable-stayed bridge with a total length of 2,296m and main span of 1,092 m, and carries both road and rail traffic. The bridge links Nantong with Shanghai, which is aimed to enhance the economic connection in this area. Jiangyin Yangtze River Bridge is 45 km away upstream, and Sutong Yangtze River Bridge is 40 km away downstream. Before the opening of the bridge, there was no railway from Shanghai to Nantong, and now it takes only 76 minutes by train, making transportation more convenient.

The bridge is the longest cable-stayed road-rail bridge in the world. The concrete tower is 325 m high, and cables are arranged in three planes. There are 432 stay cables in total, the longest being 576 m and weighing 83.5 tonnes. The girder is composed of a truss, which is 36 m wide and 16 m deep. It carries six lanes of traffic on the upper level with three in each direction, and the lower level carries the rail traffic. Before the bridge was opened, a proof load test was carried out to see if the bridge behaved as designed.

A structural health monitoring system is installed, and a BIM (Building Information Modeling) based maintenance system is developed for the bridge. These are considered to be significant aids in the management and maintenance of the bridge.

(This article was edited by HSBE based on some news sources in the internet.)



写真-4 滬蘇通長江公鉄大橋

Photo-4 Shanghai-Suzhou-Nantong Yangtze River Bridge

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