

JB 本四高速の活動

AI 技術を活用したハンガーロープ画像診断技術

ハンガーロープ全長全周の変状確認は、目視するにしても、カメラ撮影するにしても、位置等の制約から容易ではありません。そこで、JB 本四高速グループの(株)ブリッジ・エンジニアリングにおいて、ハンガーロープ画像診断システムの開発に取り組んでいます。これは、複数のカメラを搭載した容器(写真-2)をハンガーロープに取付け、昇降させることにより、高精細の近接画像を取得するものです。AI 技術でその画像を診断することにより、変状種別分類(塗膜割れ、剥がれ、発錆等)を効率的に行います。画像診断には均質で明瞭な画像が必要となります。そこで、太陽光等、外部の影響を排除するため、遮光性を保てる容器内に 4 台のカメラを格納し、LED 照明により照度を確保して、全周を同時に撮影しています。AI 技術により取得画像を変状分類した北備讃瀬戸大橋ハンガーロープ表面の例を写真-3 に示します。

昇降ワイヤの動きを位置情報として、画像取得時に記録することにより、撮影位置情報を持った画像データを取得することができます。この画像データの蓄積により、経年変化のより客観的な判断が可能となり、劣化予測のためのデータとすることができます。点検員が膨大な量の画像を処理することは不効率であるため、AI 技術を用いた画像解析により、実用的な処理スピードと個人差のない判断が期待できます。

現在、画像撮影設備の更なる効率化、非破壊検査装置との組合せや AI 診断前後の画像加工処理の自動化、AI 技術による判定精度の向上に取り組んでいます。



写真-1 北備讃瀬戸大橋の調査
Photo-1 Test in the Kita Bisan-Seto Bridge



写真-2 カメラ容器(内部)
Photo-2 Image acquisition module



写真-3 画像 AI 診断状況
Photo-3 AI-based diagnostic imaging

Activity of HSBE

AI-based diagnostic imaging for suspender ropes

It is difficult to detect deterioration in suspender ropes throughout their entire length and circumference by close visual or camera-based inspection because of access constraints. Bridge Engineering Co.,Ltd., a group company of HSBE, is currently working on the development of a diagnostic imaging system for suspender rope inspections. The imaging system consists of the image acquisition module equipped with multiple cameras. The module is attached to the suspender rope, and high resolution images of the surface of the suspender rope are acquired throughout its entire length. Using AI-based image processing, the detected deterioration is efficiently categorized into typical deterioration categories such as paint cracking, peeling and rust. The AI-based diagnostic imaging requires homogeneous and clear images, and to eliminate the effect of sunlight and other environmental factors, the image acquisition module with its four cameras is placed in a lightproof box, and images are taken simultaneously throughout the whole circumference securing the desired level of light intensity using LED lighting. An example of an acquired image of a suspender rope of the Kita Bisan-Seto Bridge is shown in Photo-3.

Camera location data is embedded in the acquired images, and by analyzing the accumulated images of specific locations, the progress of long-term deterioration is objectively monitored, and the accumulated data serves as the basic data for deterioration prediction. Unlike manual image processing by inspectors, the AI-based processing enables efficient diagnosis for suspender ropes with practical processing speeds and improves consistency by eliminating human error or variations in judgement.

The following developments and improvements are now being considered with a view to practical application: improvement of the image acquisition module, integration with existing non-destructive inspection devices, automation of image processing and accuracy improvement of AI-based diagnosis.

国内プロジェクト

気仙沼湾横断橋完成

(宮城県内の復興道路が令和3年3月6日全線開通)

東日本大震災からの復興に向けたリーディングプロジェクトとして、国土交通省が中心となって整備を進めている復興道路・復興支援道路の路線全長 550kmのうち、宮城県内では復興道路「三陸沿岸道路、延長126km」の最終開通区間となる「気仙沼道路（気仙沼港IC～唐桑半島IC、延長 7.3km、令和3年3月6日開通）」の中で、東北地方有数の水揚げ量を誇る気仙沼港に位置する気仙沼湾を横断するのが、「気仙沼湾横断橋（愛称：かなえおおはし）」です。

気仙沼湾横断橋は全長 1,344m で、陸上部 664m 及び海上部（斜張橋部）680m から構成されます。このうち斜張橋部は、支間長 360m の3 径間連続鋼斜張橋です。

海上部（斜張橋部）の上部工における、主桁最終ブロックの施工（いわゆる「閉合作業」）が、昨年5月に主塔 2 基の間の中間地点で行われました。航路規制を伴う「主桁吊り上げ」は、令和2年5月23日（土）の夜間に実施し、主桁吊り上げ後、約 1 ヶ月にわたって前後の桁との高さを徐々に調整し、6月21日（日）に「主桁閉合完了」を迎えました。新型コロナウイルス感染症拡大防止の観点から、限られた地元関係者のみによる、橋梁上での「記念写真撮影」と「記念プレート設置」が行われました。

本橋を含む気仙沼道路の開通により、三陸沿岸道路は宮城県内全線が開通することとなり、東日本大震災の津波浸水想定区域を回避したルート、市街地や防災拠点へのアクセスを目的としたインターチェンジの配置により、大規模災害発生時の迅速な避難や支援活動が可能となり、防災面で大きな効果が期待されます。

宮城県内の三陸沿岸道路における最終開通区間となりますが、事業着手から 10 年という、これまでにないスピードで事業を推進することができたのは、ひとえに用地をご提供いただいた地元の方々、各種調整やご助言をいただいた関係者の方々など、工事に対する多大なご支援とご協力のお陰であり、心より御礼を申し上げます。

(国土交通省 東北地方整備局 仙台河川国道事務所より情報提供して頂きました)



写真-4 閉合記念写真撮影

Photo-4 Commemorative photographing on girder erection completion

Project in Japan

Kesennuma Bay Crossing Bridge

(Reconstruction road opened on March 6th, 2021)

Kesennuma Bay Crossing Bridge (Kanae Ohashi Bridge), is located in Kesennuma Port in the Tohoku region - a busy fishing port with a large fish landing volume. The bridge is in the final section of the 7.3km long Kesennuma Road, linking Kesennuma Port IC to Karakuwa Peninsula IC, and was opened on March 6th, 2021. It is part of a reconstructed 126km section of the Sanriku Coastal Road in Miyagi prefecture, itself part of the total 550km of Reconstruction Road in the Reconstruction Support Road programme which was mainly developed by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) in response to the Great East Japan Earthquake in 2011.

The Kesennuma Bay Crossing Bridge has a total length of 1,344m, and comprises a 680m long cable stayed bridge and a 644m long viaduct. The cable stayed bridge is a three-span continuous steel bridge with a main span length of 360m.

The last section of main girder of the bridge was installed in May 2020 at the center of the main span. The lifting of the girder required closure of the navigation route below the bridge and was implemented at night on May 23rd 2020. Following installation, the height of girder was incrementally adjusted over a period of a month, and the main girder was finally closed on June 21st. “Commemorative plate ceremony” and “photo session” on the bridge was only by attended by local dignitaries to limit the risk of coronavirus infection.

The opening of the bridge and the Kesennuma Road will greatly improve disaster prevention and response. The whole route of the Sanriku Coastal Road in Miyagi prefecture will subsequently open, and early evacuation and support will be possible in the event of large-scale disasters by using this route, avoiding tsunami affected areas and with interchanges giving good access to city areas and disaster prevention bases.

This is the last section of the Sanriku Coastal Road in Miyagi prefecture to be completed, and took only 10 years since the launching of the project. The project was able to be carried out at unprecedented speed as a result of the strong contribution and support from many stakeholders including local people who provided land, and others who facilitated coordination and provided advice - their contribution and support were highly appreciated.

(This information was provided by Sendai Office of Rivers and National Highways, Tohoku Regional Development Bureau, MLIT.)



写真-5 気仙沼湾横断橋全景

Photo-5 Kesennuma Bay Crossing Bridge

国内プロジェクト

岩城橋の工事現況

岩城橋は、愛媛県越智郡上島町の岩城島と生名島とを結ぶ斜張橋です。岩城島、生名島、佐島及び弓削島の4島を岩城橋、生名橋及び弓削大橋の3橋で結ぶ上島架橋事業の最後の1橋として平成29年7月に起工式が行われ、現在約3年半が経過しました。

本橋は、橋長735mの5径間連続鋼・コンクリート混合斜張橋で、主塔はコンクリート製で、高さが130mを超える国内でも最大級の構造です。

工事は、岩城島側と生名島側とで分割して別業者が施工しており、令和元年9月より、主塔からのPC桁の張出し架設が開始され、さらに令和2年10月からは、鋼桁の架設が開始しております。10月12日にはFC船により生名島側中央径間の鋼桁第1ブロックの架設が行われました。第2ブロック目以降の鋼桁については、桁上に設置されたエレクションノーズと呼ばれる架設桁により行われ、エレクションノーズの上部に設置された4基のジャッキから吊り下げた4本の鋼ケーブルと鋼桁ブロックとを接続し、吊上げ架設が行われます。

令和3年2月末現在、生名島側の鋼桁ブロックのうち、7ブロックの架設が完了し、岩城島側についても、12月9日より鋼桁ブロックの架設が開始されて以降、3ブロックの架設が完了しており、令和3年8月には中央径間の鋼桁を閉合させる計画で工事が進められております。その後、斜材の張力調整、橋面工等をへて、令和4年3月末の完成を目指し工事が進められております。

(愛媛県より情報提供して頂きました)



写真-6 鋼桁架設の様子
Photo-6 Steel girder erection

Project in Japan

Iwagi Bridge Construction Progress

The Iwagi Bridge is a cable-stayed bridge which connects Iwagi Island and Ikina Island in Ehime Prefecture. The construction has been in progress for over three and a half years since the commencement ceremony in July 2017, and it is the last bridge of the three bridges forming the Kamijima Link Project (The outline of the project was reported in the Newsletter No.68).

The bridge is a five-span continuous steel-concrete hybrid cable-stayed bridge with a total length of 735m, and the concrete main towers are over 130m high and amongst the tallest bridge towers in Japan.

The construction has been progressing on both the Iwagi and the Ikina sides of the crossing, and cantilever erection of PC (pre-stressed concrete) girder started in September 2019, and steel girder erection started in October 2020. On October 12th, the first steel box girder segment in the Ikina side in the center span was lifted into place by floating crane. After installation of the second girder segment, the subsequent girder segments have been installed using a temporary erection beam (called an "erection nose") placed on the leading end of the girder. Girder segments are connected to 4 hydraulic jacks mounted on the erection nose using steel wires, and lifted into position.

As of the end of February 2021, seven girder segments had been installed on the Ikina side and three on the Iwagi side. The final girder segment installation in the center span is scheduled for August 2021. Following stress adjustment of stay cables, deck pavement etc., bridge completion is scheduled for the end of March 2022.

(This information was provided by Ehime Prefecture.)



写真-7 岩城橋全景
Photo-7 Iwagi Bridge

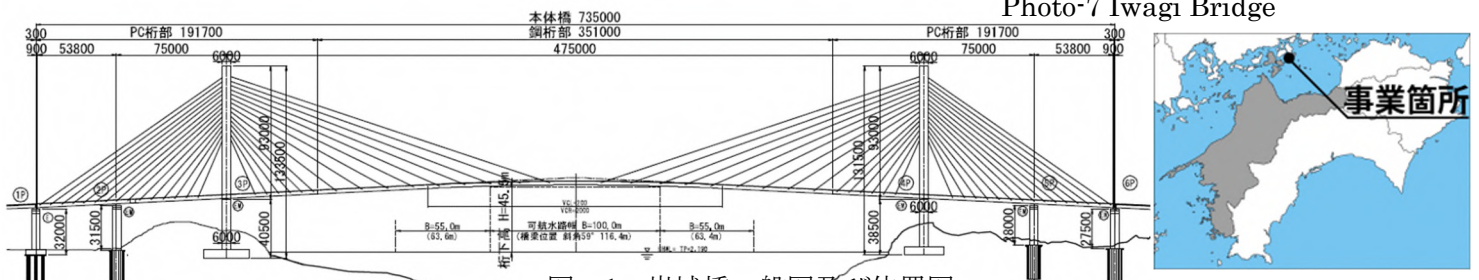


図-1 岩城橋一般図及び位置図
Fig.1 Iwagi Bridge

海外プロジェクト

トルコ オスマン・ガズイー橋 アクティブマスダンパーの性能確認試験を実施

2020年11月、トルコ共和国のオスマン・ガズイー橋(写真-8)において、主塔に設置されているアクティブマスダンパー(以下、AMD。写真-9)の性能確認試験が実施されました。オスマン・ガズイー橋は2016年の供用開始から4年が経過しています。今回の試験はAMDの維持管理計画の一環として行われました。

AMDは主塔の渦励振による振動を抑える目的で設置されており、海面から約170m(主塔高さの70%)の主塔内部にあります。主塔内の設置場所に限りがあることから、小型で軽量なリニアモーター型のAMDが採用されています。AMDは主塔の加速度を常時観測し、5gal以上の揺れを観測すると自動的に稼働を開始し指定の加速度を下回るまで制振を行う設定となっています。

性能確認試験では、主塔の構造減衰とAMDが与える付加減衰を合わせた減衰率が設計要求を満足しているかの検証を行いました。主塔の振動特性が吊橋完成時から大きく変化している場合にはAMDの再チューニングが必要なため、まずAMDを主塔面外曲げ1次モードの固有振動数に合わせて強制加振を行い、構造減衰のみによる減衰状況をモニターすることで、主塔の振動特性が吊橋完成時から変化していないことが確認されました。次に、同様の手順で強制加振を行った後、自動制御モードに変更しAMDによる付加減衰を計測することで、設計要求を満足する性能であることが確認されました。

(株)IHI インフラシステムより情報提供して頂きました)

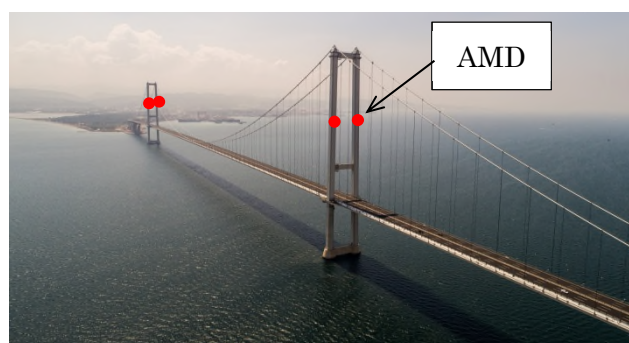


写真-8 オスマン・ガズイー橋
Photo-8 Osman Gazi Bridge

Overseas Project

Osman Gazi Bridge in Turkey – Performance test of active mass damper in towers

In November 2020, the performance test was undertaken for the Active Mass Dampers (AMDs) installed in the towers of Osman Gazi Bridge in Turkey (Photo-8 and 9). The test was planned as a part of the maintenance program 4 years after the traffic opening in 2016.

The AMDs are installed inside the tower legs at +170m in elevation (70% of total height) in order to mitigate vortex-induced vibration in the tower legs efficiently. Linear motor type dampers were chosen for their light weight and compact dimension to fit within the limited spaces inside the towers. The AMDs contain accelerometers to monitor the movement of the towers and will be automatically activated when the acceleration exceeds a 5 gal (0.05m/s²) threshold.

The purpose of the performance test was to check that the damping ratio of the tower combining the structural damping and the additional damping by the AMD fulfills the design requirements, as otherwise the parameter setting should be adjusted. In the test, AMDs were first activated manually to excite the movement of the tower in the first out-of-plane bending mode. Then, the structural damping was measured during free vibration and confirmed that the structural damping of the tower had not changed from the time of bridge completion. Lastly, the additional damping was measured by activating the AMD after the forced vibration as detailed above. In conclusion, it was confirmed that the performance of the AMDs in mitigating vortex-induced vibration complies with the design requirement.

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



写真-9 リニアモーター型 AMD
Photo-9 Linear motor Active Mass Damper

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(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・耐風グループ TEL 078 (291) 1071