

JB 本四高速の活動

スレッドローリングねじ(TRS)を用いた耐震補強の検討

橋梁の耐震補強では、鋼部材を構成する板の局部座屈に対する座屈耐荷力の向上を目的として、幅厚比パラメータ改善のため補強部材の接合を行うことがあります。本四高速が管理している斜張橋においても、一部のトラス部材で局部座屈が生じる可能性があることが判明したため、T字形断面の補強部材の接合による幅厚比パラメータの改善を行うこととしました。

補強対象のトラス部材は密閉構造となっていたため、従来の高力ボルトによる接合では雨水の浸入等による部材内部の腐食が懸念されました。このため外側から施工が可能で、密閉性が期待できるスレッドローリングねじ(Thread Rolling Screw, TRS)による接合を検討しました(図-1)。

TRSは所定のトルクを導入して締付けることにより被締結材の孔壁面を塑性変形させて雌ねじを成型し、部材を締結します。T字形断面の補強部材接合にTRSを適用した事例がなかったことから、密閉性・疲労耐久性・せん断耐力・座屈耐荷力等を確認する試験を行い、適用性を検証しました(写真-1, 2)。その結果、密閉性に問題はなく、従来の高力ボルトによる接合を行った補強と同程度の座屈耐荷力を有しており十分な補強効果を発揮できることを確認しています。

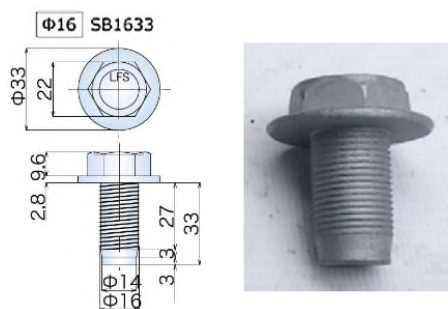


図-1 スレッドローリングスクリュー (TRS)
Fig.1 Thread Rolling Screw (TRS)



写真-1 密閉性確認試験
Photo-1 Airtightness test

Activity of HSBE

Assessment of the use of Thread Rolling Screws (TRSs) in seismic retrofits

In the seismic retrofit of bridges, additional stiffeners are often installed to existing members to improve their buckling strength by increasing the width-thickness ratio of the plate elements of the member. From the results of seismic performance assessment of the Honshu-Shikoku Bridges, it was found that local buckling might occur in some the members of some of the cable-stayed bridges, and additional T-shaped stiffeners were therefore installed.

Because the members to be retrofitted are closed box-sections, installation of the stiffeners using ordinary high strength bolts might result in corrosion deterioration inside the retrofitted members due to water penetration through bolt holes. Therefore, the viability of using Thread Rolling Screws (TRSs) (Fig.1), was examined, because these can be installed from the outside of the existing members securing the airtightness of the boxes.

A TRS is tightened with specified tightening torque, and creates its own internal thread by plastic deformation along the screw hole. Because of a lack of experience in the use of TRSs in the installation of T-shaped stiffeners to existing bridge members, the viability of their use was examined through various tests to check airtightness, fatigue durability, shear strength and buckling strength of the connection (Photos 1 and 2). Results showed that there is no problem preserving the airtightness of the connection, and demonstrated buckling strength and reinforcement effect equivalent to ordinary high strength bolts.



写真-2 座屈耐荷力試験
Photo-2 Buckling strength test

JB 本四高速の活動

瀬戸大橋(斜張橋)の耐震補強工事

道路鉄道併用橋である瀬戸大橋の耐震補強工事は、2014年から順次実施しています。そのうち、双子の斜張橋である櫃石島橋、岩黒島橋(ともに橋長790m、3径間連続鋼トラス斜張橋)の耐震補強工事が、2020年2月に完了しました。

当該橋梁における補強箇所は、横トラスのうち主塔付近の下弦材です。補強対象となる部材数は、櫃石島橋で4格点、岩黒島橋で5格点です。例として岩黒島橋における補強箇所及び補強一般図を図-2、図-3に示します。

耐震補強工事では、前頁の「スレッドローリングねじ(TRS)を用いた耐震補強の検討」に記すとおり、横トラス下弦材に発生が想定される橋軸直角方向の局部座屈に対して、TRSを用いたT字形補強部材の接合を実施しました(写真-3)。実施工では、前項の適用性検証で確認したTRSの性能を発揮するために、施工品質の管理が重要です。特にTRSが斜めに設置されると雌ねじが不均質となるため、TRSの直角度確保が必要です。また、TRSに不要な曲げを発生させないためにはT字形材と既設部材間の肌隙の管理が必要となります。そこで、実物大試験体により、現地と同条件とした施工性試験(写真-4)を行ないました。現地工事は、施工試験で得た知見をもとに、補強部材の隙間を減らすための治具(写真-5)や、直角度確保のためのガイドパイプ(写真-6)を開発して用いること等で無事施工が完了しました。

瀬戸大橋全体の耐震補強工事は、2020年度末の完成を目指して引き続き実施しています。

Activity of HSBE

Seismic retrofit work on cable-stayed bridges in Seto-Ohashi Bridges

The seismic retrofit works on the Seto-Ohashi Bridges, (combined road and rail bridges) started in 2014. The seismic retrofit works on two cable-stayed bridges, the Hitsuishijima Bridge and Iwakurojima Bridge were completed in February, 2020. These bridges are three-span continuous steel truss cable-stayed bridges with a length of 790m.

The elements to be retrofitted were the lower chords adjacent to the main towers. The four lower chords had to be retrofitted on the Hitsuishijima Bridge and five on the Iwakurojima Bridge. The retrofit elements and method used on the Iwakurojima Bridge are shown in Figure 2 and Figure 3.

In the retrofitting works, additional T-shaped stiffeners were installed to the lower chords with TRSs in order to improve the buckling strength in the transverse direction, as mentioned in the previous article, "Assessment of the use of Thread Rolling Screws(TRSs) in seismic retrofits" (Photo-3). The construction quality had to be carefully monitored so that the retrofitted members delivered the required performance as mentioned in the article. In particular, when TRSs are not set accurately perpendicular to the member, the screw threads become irregular. Therefore, it was important to set TRSs perpendicular to the member and to control the gap between the existing member and the T-shaped stiffener in order to prevent the TRS from being overstressed. Before starting the retrofitting work on site, a construction test was conducted with a full-scale specimen replicating site conditions (Photo-4). Based on the test findings, a jig was developed to eliminate gaps (Photo-5) together with a guide pipe to set TRSs perpendicular to members (Photo-6), and using these the works were completed successfully.

Seismic retrofit works on the Seto-Ohashi Bridges will be finished by the end of FY2020.

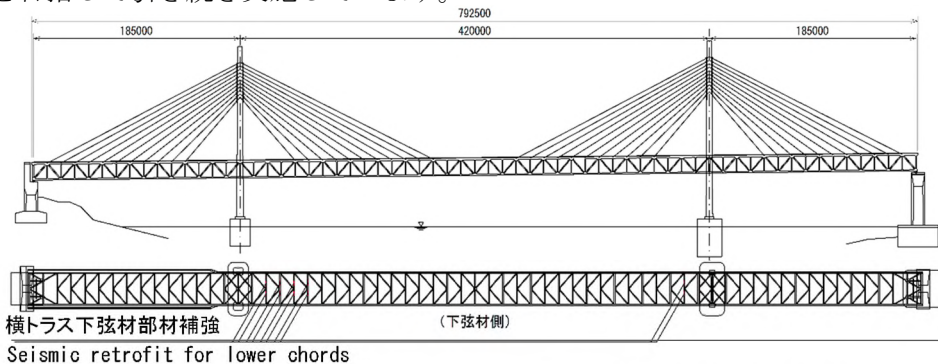


図-2 補強箇所 (岩黒島橋)

Fig.2 Location of retrofitted members (Iwakurojima Bridge)

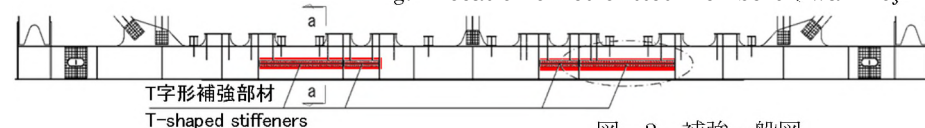


図-3 補強一般図

Fig.3 Seismic retrofit for lower chord

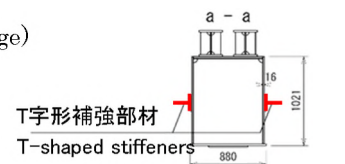


写真-3 T字形材の設置状況
Photo-3 Installed T-shaped stiffener



写真-4 施工性試験
Photo-4 Construction test

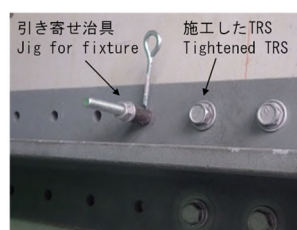


写真-5 引き寄せ治具
Photo-5 Jig for fixture

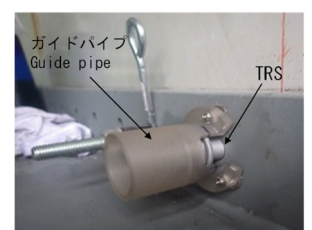


写真-6 ガイドパイプ
Photo-6 Guide pipe

国内プロジェクト

上吉野川橋の補修工事 (ケーブルバンド、ハンガーロープ)

高知県が管理する上吉野川橋は、四国の水櫃として知られる早明浦ダムの建設に伴う補償工事の一つとして昭和46年3月に完成しました。形式は、単径間補剛トラス（中央径間 250.8m）と活荷重合桁 2 連（側径間 32.6m）からなる吊橋です。本橋は、建設当時、平行線ケーブルを用いた吊橋としては日本最長であったことから、将来の本州四国連絡橋建設に向けた長大吊橋の試験橋として、設計・施工において様々な試行がなされました。

本橋は、建設から 50 年近く経過していることや関連する地域の重要な交通インフラとなっていることから、平成 27 年にケーブルに足場を架設して詳細な調査を実施するなどの健全性を評価しており、計画的に補修工事を実施することとしています。今回の補修工事（令和元年 6 月～令和 2 年 2 月）では、ケーブルバンドボルトの取替えやハンガーロープの補修を実施しました。

ケーブルバンドボルトについては、経年的に軸力が低下することから、ボルトを交換することで、超音波で軸力を精度良く計測し、確実に軸力管理ができるようにしました。なお、ケーブルバンドは複数本のボルトで締付けられているため、ケーブルバンドをできるだけ均等に締付けられるように試験施工を行い、締付け手順を定めました。

ハンガーロープ本体については防食性の高い塗替塗装（柔軟系エポキシ樹脂による浸漬塗装＋柔軟系ふっ素樹脂塗料による上塗り）、腐食が進行していた 2 本のハンガーロープの取替え、ハンガーロープ定着部の塗替塗装・点検をし易い構造への改善を実施しました。

今後は、主塔・補剛桁・ケーブルの塗替塗装、コンクリート床板の補修、アンカレイジ内の腐食環境の改善などを実施する予定にしています。

（高知県より情報提供して頂きました。）

Project in Japan

Repair works for Kamiyoshinogawa Bridge (Cable bands and suspender ropes)

Kamiyoshinogawa Bridge, which is operated by Kochi prefecture, opened in March 1971 as compensation infrastructure associated with construction of the Sameura Dam which is the main source of water for Shikoku. It is a single span stiffened truss suspension bridge (central span, L=250.8m) with two composite girders for live load (side spans, L=32.6m each). At the time of construction it was the longest suspension bridge with parallel wire main cables in Japan, and contributed to the future long span suspension bridges between Honshu and Shikoku as a trial bridge for many design features and execution techniques.

The health of the bridge was evaluated in 2015 by detailed inspection using scaffolding to access the main cables because the bridge was near 50 years old and important transportation infrastructure for the surrounding regions. Following this inspection, repair works have been implemented in a systematic manner. Cable band bolts were replaced and suspender ropes were recoated and replaced between July 2019 and February 2020.

As cable band bolt tension usually reduces over time, the bolts were replaced so that tensile forces could be accurately measured with ultrasonic methods, and reliably controlled. In addition, since cable bands are fastened with multiple bolts, after trial executions a procedure was adopted to equalize cable band bolt tensions in each group.

Suspender ropes were recoated with a highly anticorrosive paint system (dip painting with flexible epoxy resin and surface coating with flexible fluorine resin paint), and two corroded suspender ropes were replaced. Repainting and structural improvements were also implemented to allow easy inspection of suspender anchorages and lower ends of suspender ropes.

Future maintenance work will include repainting of main towers, stiffening girders, and cables, repair of deck slab, and improvement of the environment in anchorages.

(This information was provided by Kochi prefecture.)



写真-7 工事用足場

Photo-7 Scaffoldings for repair work



写真-8 ケーブルバンドボルトの取替え

Photo-8 Replacing cable band bolts



写真-9 ハンガーロープの補修

Photo-9 Repair of suspender rope

海外プロジェクト

モンバサゲートブリッジ建設事業(第一期)

本事業は、東アフリカ地域の玄関口である、当該地域最大の国際貿易港を有するケニア第二の都市モンバサにおける橋梁建設事業です(図-4)。モンバサ島と南部のリコニ地区を繋ぐ斜張橋の建設と、周辺道路の改良を行うことにより、島内の渋滞の改善及びモンバサ域内の交通や流通の円滑化を図り、ケニア及び近隣諸国の経済発展に寄与するものです。

2019年12月に国際協力機構(JICA)とケニア政府との間で、478億円を限度とする円借款貸付契約が調印されました。現在は詳細設計業務(2022年3月まで)が実施されています。本事業の完成予定時期は2027年6月となっています。

斜張橋の予備設計では、鋼斜張橋(330m+660m+330m)が計画されており、アフリカで最長の斜張橋になる予定です(図-5)。

本事業の円借款には本邦技術活用条件(STEP)が適用されており、建設予定の斜張橋には日本の鋼管矢板基礎や斜張橋建設技術等が活用される予定です。

事業完成2年後の2029年には、モンバサ島と南部のリコニ地区間の年平均日交通量が約5,700台/日から約30,400台/日に増加し、移動時間が25分から6分に短縮されることが見込まれています。

(国際協力機構より情報提供して頂きました。)

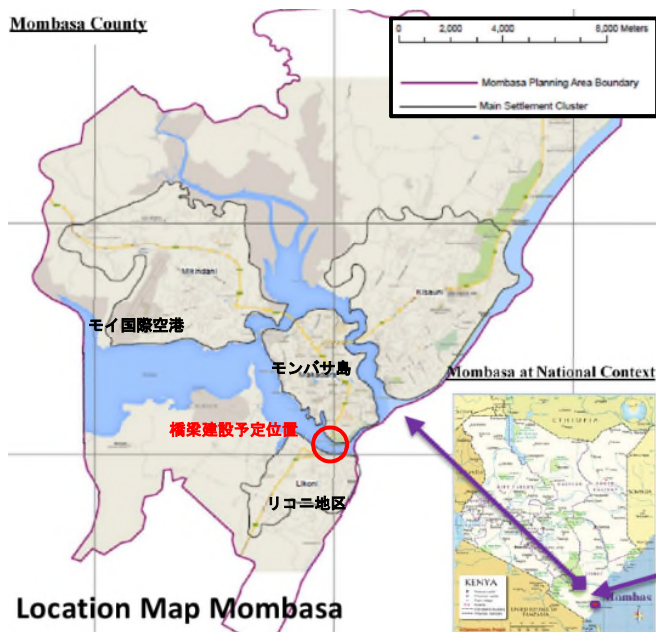


図-4 橋梁建設予定位置図

Fig.4 Location of this project

Overseas Project

Mombasa Gate Bridge Construction Project(I)

The objective of the Mombasa Gate Bridge Construction Project is to mitigate traffic congestion and facilitate efficient transportation and logistics, by constructing a bridge linking Mombasa Island and South Mainland (Likoni area) and related roads improvement thereby contributing to stimulation of regional economic activities and economic development in Kenya and neighboring countries (Fig.4).

In December 2019, the Loan Agreement for this project was signed. The Japan International Cooperation Agency (JICA) will provide 47.8 billion Japanese Yen in support of the Mombasa Gate Bridge Construction Project Phase I as a concessional loan. Currently, detailed design work (until March 2022) is under way. This project will be completed in June 2027.

According to the result of preliminary design, the main bridge will be a 1.3 kilometer long steel cable-stayed bridge comprised of three spans supported by four piers on both sides (330m+660m+330m) - the longest cable-stayed bridge in Africa (Fig.5).

Special Terms for Economic Partnership have been adopted for the Loan Agreement for this project. Therefore, Japanese technologies, such as Steel Pipe Sheet Pile and cable-stayed bridge construction technologies, will be used for the bridges constructed under this project.

Two years after completion (2029), the average annual daily traffic volume between Mombasa Island and South Mainland (Likoni area) is expected to have increased from 5,700 vehicles/day to 30,400 vehicles/day, and the travel time between Mombasa Island and South Mainland (Likoni area) is also expected to be reduced from 25 minutes to 6 minutes.

(This information was provided by Japan International Cooperation Agency.)



図-5 完成イメージ

Fig.5 Conceptual drawing of cable-stayed 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