

瀬戸大橋斜張橋の耐震補強設計・施工

本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 ○平山 靖之, 正会員 金田 崇男, 非会員 村上 博基
株式会社横河ブリッジ 非会員 横川 達哉

1. はじめに

道路鉄道併用橋である瀬戸大橋を構成する櫃石島橋, 岩黒島橋 (ともに 3 径間連続鋼トラス斜張橋, 最大支間長 420m) の耐震補強は, 2019 年 8 月に現地施工を開始し, 2020 年 1 月に完了した. 2 橋の耐震補強では, 耐震性能照査結果よりトラスを構成する一部の部材で L2 地震時に局部座屈が生じる結果となったため, T 字形断面の補強部材 (以下「T 字形材」) の接合による幅厚比パラメータの改善を行った. 本文は, 2 橋の耐震補強における設計及び施工について報告するものである.

2. 耐震補強設計

耐震性能照査では, 瀬戸大橋地点の地盤構造, 近隣の断層等を考慮した地盤構造モデルにより定めた L2 地震の設計地震動を用いて, 一次元波動伝播解析にて解析に用いる入力地震動を算出した. 加速度応答スペクトルは, 遊動円木における 1 次モードの固有周期で 60 ~ 70gal, 橋軸直角方向における 1 次モードの固有周期で約 100gal であった. 地震動の入力は, 2 橋とも道路橋示方書の適用範囲である支間長 200m を超える長大橋であることから地震動の 3 次元的な挙動を考慮するため, 水平 2 方向, 鉛直方向の 3 方向同時入力し, 幾何学的非線形性を考慮した時刻歴応答解析を行った.

耐震性能照査結果を表-1 に示す. 表中の数字は, 構造部材ごとにおける許容値に対する応答値の超過率の最大値である. 2 橋とも L2 地震に対して損傷箇所は少なく, 塔, 主構など主要な部材に損傷は確認されなかった. 損傷箇所については, 櫃石島橋及び岩黒島橋の塔付近の横トラス下弦材, 岩黒島橋の橋脚基部のみであった. 横トラス下弦材の照査結果は, 軸方向力と曲げモーメントを受ける部材における軸方向力が圧縮の場合によるもので, 幅厚比の大きい横トラス下弦材ウェブで許容応力度を超過した. そこで, 補強方法としては, 局部座屈に対する許容応力度を向上させるため, 横トラス下弦材ウェブ面に T 字形材を追加設置することにより, 部材の幅厚比を改善することとした. 橋脚

表-1 櫃石島橋・岩黒島橋の耐震性能照査結果総括

部位	部材	照査項目	櫃石島橋	岩黒島橋
上部構造	主横トラス	軸力+曲げ	0.95	0.89
	横トラス	軸力+曲げ	1.19	1.09
	下横構	軸力+曲げ	0.73	0.69
	道路桁支承 (高力ボルト)	反力	0.79	0.85
塔		引張応力度	0.92	0.90
ケーブル		軸力	0.47	0.44
下部構造	橋脚	曲げモーメント	0.75	0.78
		せん断力	0.93	1.22
支承部	タワーリンク	軸力	0.58	0.57
	エンドリンク			
	スプリング沓	反力	0.54	0.60
		移動量	0.66	0.64
	ストッパー沓	移動量	0.78	0.76
ウインド沓	反力	0.86	0.99	
基礎-地盤系	フーチング	曲げ ※許容塑性率に対する照査	0.24	0.32
		せん断力 ※逸散減衰効果を考慮	0.25	0.38

基部については, 施工性及び経済性を考慮して, アラミド繊維による巻立て補強を採用した.

3. 施工

ここでは横トラス下弦材補強の施工について報告する. 補強箇所数は, 櫃石島橋で4箇所, 岩黒島橋で5箇所である. 例として, 岩黒島橋の補強一般図等を図-1 ~ 図-3 に示す. 補強対象の横トラス下弦材は箱断面部材であるが, 箱断面部材に対する, 高力ボルトを用いた部材接合においては, 施工時に飛来塩分を含んだ空気や雨水が部材内部へ浸入する可能性がある. また, 施工後には, ボルト径に比べ部材孔径の方が大きいことから, ボルト腐食等によりボルト孔から部材内部へ水が浸入する可能性がある. そこで, 本工事では, 外側から施工が可能で, 部材孔径とボルト径が同程度で密閉性が期待できるタッピングボルトの一種であるスレッドローリングねじ (Thread Rolling Screw, 以下「TRS」という. 図-4) ¹⁾により接合した.

TRSは所定のトルクで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形するという特徴を持つ. 本工事で用いたTRSの寸法は, ねじ径φ16, 首下長33mmである. TRSの施工は, T字形材, 既設部材とも同径のφ15.5径となるように当て揉み削孔した後, TRSを締付けた. T字形材接合へのTRSの適用性

キーワード: 道路鉄道併用橋, 鋼トラス斜張橋, 耐震補強, スレッドローリングねじ, T字形材, 補剛材

連絡先: 香川県坂出市川津町下川津 4388-1 本州四国連絡高速道路 (株) 坂出管理センター TEL0877-45-6965

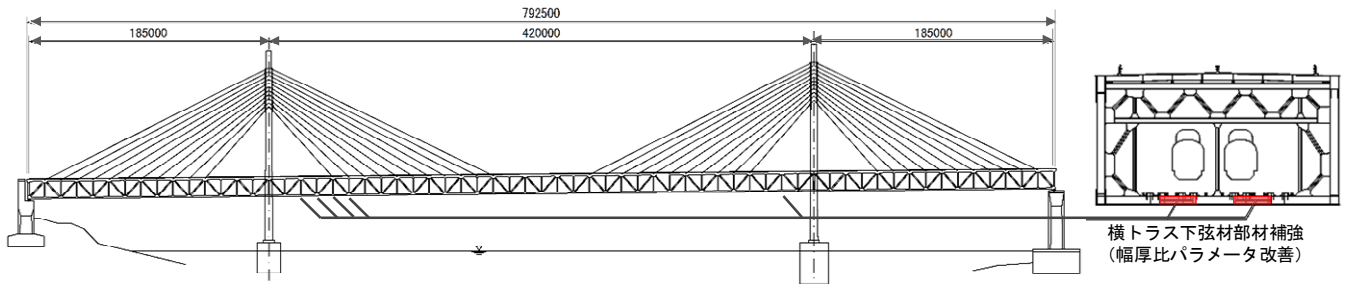


図-1 補強一般図 (岩黒島橋)

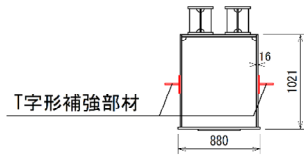


図-2 補強断面図

補強部材断面寸法
縦リブPL : 16×150
ベースPL : 12×190

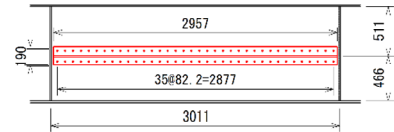


図-3 補強側面図

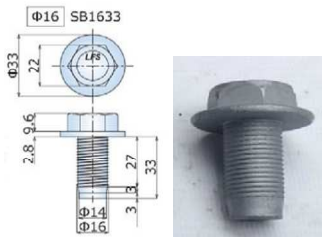


図-4 TRSφ16



写真-1 ガイドパイプ



写真-2 引き寄せ治具

検証については、これまで事例がなかったため、実施工に先立って、耐久性として密閉性試験²⁾、実橋応力計測、疲労耐久性試験及びFEM解析、耐荷性としてせん断耐力試験、座屈耐荷力試験³⁾、施工性として既設部材の実物大試験体により、足場等の施工環境を現地と同条件とする施工試験を行い、その適用性を検証した。

実施工においては、適用性検証で確認した性能を確保するため、特にTRSの直角度確保及びT字形材と既設部材間の肌隙管理が必要である。

直角度確保については、TRSが斜めに設置されると、曲げモーメントによる応力等が発生し、適用性検証で確認した補剛効果が得られない恐れがある。そこで、底面に磁石が付いたパイプ(ガイドパイプ)をTRSの周囲に添わせて、TRSをT字形材に対して直角に設置して締付けた(写真-1)。

肌隙管理については、TRSに不要な曲げを発生させないために、各施工段階で施工管理を行った。製作段階では、T字形材のフランジ直角度を許容誤差内に収まるように管理値を設定した。T字形材の接合段階では、T字形材と既設部材間の肌隙が管理値以内に収まるように、写真-2に示す専用の引き寄せ治具を用いて、引き寄せて、締付けた。また、締付け後も、TRS位置において肌隙管理を行った。

そのほか、締付け後のTRSに対しては、トルクレンチにて所定のトルクが導入できていることを確認した。

4. おわりに

本工事は、横トラス下弦材の座屈耐荷力向上を目的として、初めての施工事例であるTRSを用いたT字形材接合を実施したものである。

謝辞

本工事にあたり、坂野昌弘関西大学教授には試験計画及び試験方法等について多くの助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 鈴木博之: スレッドローリングねじで接合された継手の強度に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vo.61A, pp.614-626, 2015.3
- 2) 香川耀平・金田崇男・遠藤和男: スレッドローリングねじ(φ16)で接合された貫通継手の気密性・水密性に関する検討, 土木学会第73回年次学術講演会講演概要集, CS3-008, 2018.8
- 3) 金田崇男・香川耀平・村上博基: スレッドローリングねじで接合した補剛材を有する補剛板の圧縮力耐荷実験, 土木学会第73回年次学術講演会講演概要集, I-176, 2019.8