

スレッドローリングねじ(φ16)で接合された継手の疲労耐久性に関する検討

本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 ○金田 崇男 正会員 香川 耀平 正会員 遠藤 和男

1. 目的

既設橋の鋼部材補強に用いる接合方法は、高力ボルト摩擦接合とすることが多い。補強対象が密閉部材の場合は、ボルト軸径より部材の孔径が大きいことから既設部材内部の防食性の低下が懸念される。腐食環境の厳しい海峡部長大橋である瀬戸大橋の耐震補強工事においては、密閉箱断面であるトラス桁の主横下弦材に対し座屈防止補剛リブを密閉性が高いスレッドローリングねじ(以下、TRS という)^{1),2)}を用いて設置することを検討している。本報では、TRS φ16 を用いた接合構造に対する疲労耐久性を明らかにするため、実橋における応力頻度測定と TRS φ16 で接合された継手構造に対する疲労試験を実施した内容を報告する。

2. 実橋の応力計測

2.1. 計測概要

計測対象は鋼斜張橋のリブ補強する主横トラス下弦材のうち、発生応力が大きい格点において、実働応力が卓越すると想定される列車軌道直下の部材断面(8 測点)とした(図-1~4)。計測にはひずみゲージを用い、平成 29 年 8 月に 24 時間連続計測し、実働応力範囲と頻度をレインフロー法により算出した。

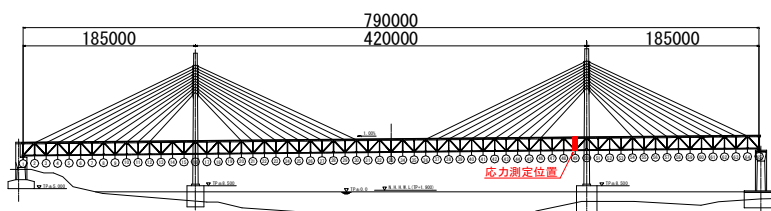


図-1 対象橋梁一般図

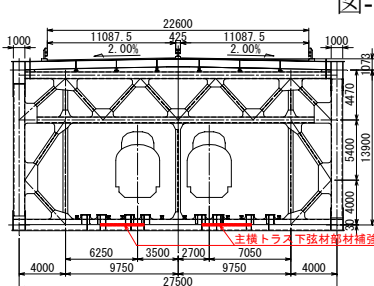


図-2 部材補強位置

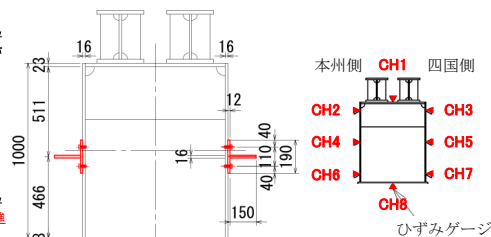


図-3 補強図

図-4 ゲージ位置

2.2. 計測結果

図-5 に全ゲージの中で最大の応力範囲となった CH3 と、CH3 と中立軸に対して対称な CH7 の応答波形のうち、CH3 で最大応力が発生した時刻を含む 1 時間の応答波形を、図-6 に CH3 の応力範囲頻度分布を示す。図-5 から明らかかなように、本部材は上縁側が圧縮、下縁側が引張の曲げが卓越する部材である。応力範囲頻度分布の応力範囲は、最大が CH3 における約 30N/mm² であり、F 等級の変動振幅応力の打ち切り限界以下であった。TRS φ16 の接合位置である CH4 及び CH5 における応力範囲は最大で 7.6N/mm² であった。

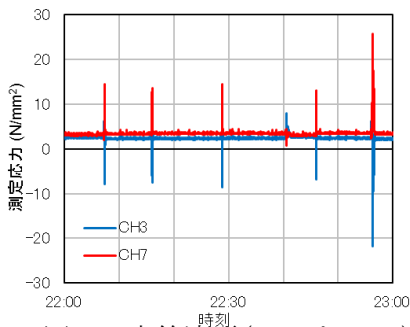


図-5 応答波形(CH3 と CH7)

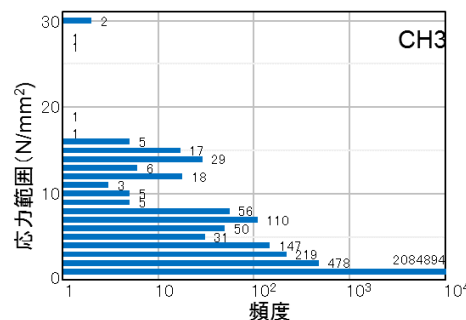


図-6 応力範囲頻度分布(CH3)

3. 疲労試験

3.1. 試験概要

試験体は、実橋と同様に既設部材厚 16mm、補強部材厚 12mm(ともに SM490YA)とした。接合は TRS φ16 を用い、各板へ 15.5mm を削孔し、最大トルク 260N・m のインパクトドライバーで締め付けた。既設部材の削孔は、Case-1 が貫通孔とし TRS 首下長さ 33mm のものを、Case-2 が削孔深さ 8mm とし TRS 首下長さ 20mm のものを使用した(表-1、図-7)。

表-1 試験ケース

試験ケース	継手形式	試験体数	TRS本数	削孔径	削孔深さ	削孔先端形状
Case-1	貫通継手	6体	1本	15.5mm	16mm(貫通)	-
Case-2	非貫通継手	6体			8mm(非貫通)	直角

キーワード：スレッドローリングねじ、貫通継手、非貫通継手、応力計測、疲労試験

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 TEL 0877-45-6965

3.2. 疲労試験結果

試験後の外観と破断した破面を写真-1~3, 疲労試験結果を表-2 と図-8 ~9 に示す. 貫通継手(Case-1)のうち破断した全て試験体で, ねじ孔側面から亀裂が発生し板幅方向に進展して破断した(写真-2). 非貫通継手(Case-2)のうち破断した全ての試験体で, ねじ底コーナー部又はねじ孔側面から亀裂が発生し, 板厚・板幅方向に進展して破断した(写真-3). ボルトのゆるみは両ケースともなかった.

疲労強度は, 総断面の場合, 両ケースとも D 等級の疲労設計曲線を上回った(図-8). 両ケースの差は小さいものの, 非貫通継手の疲労強度が若干高い傾向にある. ボルト孔による断面欠損を考慮した純断面での疲労強度は, 両継手とも C 等級の疲労設計曲線を上回り, 両ケースの差は小さくなった(図-9).

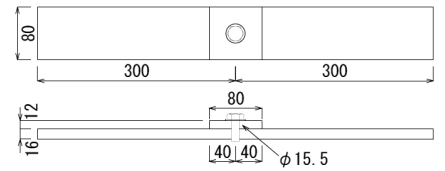


図-7 試験体形状(Case-1)

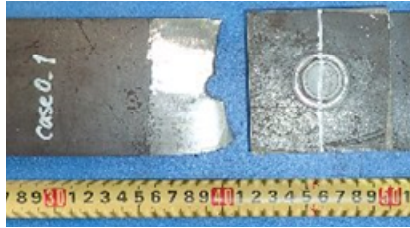


写真-1 外観(Case-1-1)

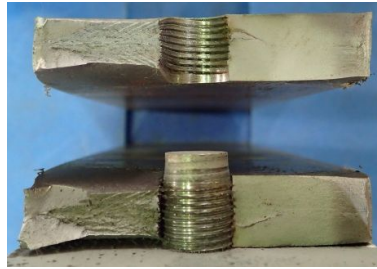


写真-2 破断面(Case-1-1)



写真-3 破断面(Case-2-1)

表-2 試験結果一覧

No.	試験体詳細				応力範囲 (N/mm ²)		疲労寿命 (万回)	破壊形態
	外形	削孔径	削孔深さ	削孔先端	総断面	純断面		
case-1-1		15.5 mm	16 mm (貫通)	-	180	223	60.9	ねじ孔側面からの亀裂進展による疲労破壊
case-1-2					180	223	50.6	ねじ孔側面からの亀裂進展による疲労破壊
case-1-3					120	149	500 以上	未破断
case-1-4					150	186	84.0	ねじ孔側面からの亀裂進展による疲労破壊
case-1-5					130	161	154.7	ねじ孔側面からの亀裂進展による疲労破壊
case-1-6					130	161	500 以上	未破断
case-2-1		15.5 mm	8 mm (非貫通)	直角	180	199	70.0	ねじ底コーナー部又はねじ孔側面からの亀裂進展による疲労破壊
case-2-2					180	199	71.8	ねじ底コーナー部又はねじ孔側面からの亀裂進展による疲労破壊
case-2-3					120	133	500 以上	未破断
case-2-4					150	166	133.4	ねじ底コーナー部又はねじ孔側面からの亀裂進展による疲労破壊
case-2-5					130	144	438.0	ねじ底コーナー部又はねじ孔側面からの亀裂進展による疲労破壊
case-2-6					150	166	131.9	ねじ底コーナー部又はねじ孔側面からの亀裂進展による疲労破壊

4. まとめ

応力測定結果より, 部材に生じる応力範囲は TRS の接合位置で最大 7.6N/mm²であった. 疲労試験結果より, 貫通・非貫通継手とも純断面に対し C 等級相当の疲労強度であることが確認できた. 以上より, 瀬戸大橋耐震補強において, TRS φ16 で接合された継手を適用しても疲労耐久性を満足することが示された.

謝辞

本検討にあたり, 坂野昌弘教授(関西大学)に多くの助言をいただいた. また, (株)横河ブリッジ及び(株)ロブテックスファスニングシステムの協力を得た. ここに記して感謝の意を表す.

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, Vol. 61A, pp.614-626, 2015
- 2) 溝上善昭・森山彰・小林義弘・坂野昌弘: U リブ鋼床版ビード貫通亀裂に対する下面補修工法の提案, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.73, No.2, 456-472, 2017.

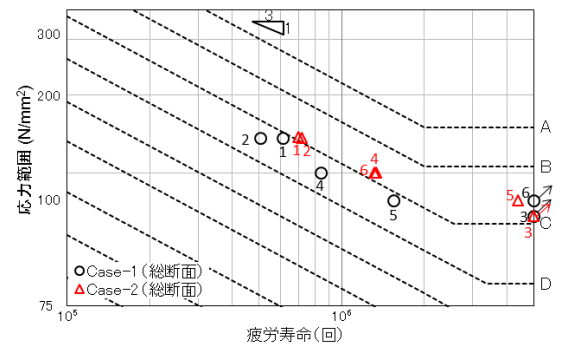


図-8 S-N 線図(総断面)

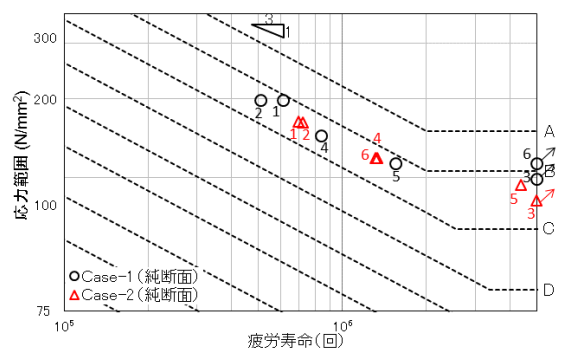


図-9 S-N 線図(純断面)