

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

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

1. 目的

鋼部材の耐震補強に用いる部材接合では、摩擦接合用高力ボルトや高力ワンサイドボルトが用いられてきたが、密閉部材の補強では、密閉部を孔明けすることにより、施工時及び維持管理時に部材内部の防食性の低下が懸念される。そこで、腐食環境が厳しい瀬戸大橋海峡部の耐震補強工事において、鋼斜張橋の主横トラスの密閉下弦材に座屈防止のための補剛材を設置するにあたり、部材内部の密閉性確保を目的として、スレッドローリングねじ（以下、TRS）¹⁾²⁾と呼ばれる片側施工が可能なねじの適用を検討している。

本報では、TRS で接合された継手の実橋への適用性検討のうち、TRS $\phi 16$ で接合された補剛材による鋼板パネルの座屈防止効果を確認するため、1/2 スケールの箱形断面柱による座屈耐荷力試験結果を報告する。

2. 座屈耐荷力試験

2.1. 試験体

試験体は、実橋でウェブの圧縮応力度が局部座屈を考慮した許容応力度を超過する横トラス下弦材のダイアフラム間(図-1～3)を対象とした。ただし、実寸法で再現すると試験荷重が大きくなり試験が行えないため、実部材の 1/2 スケールとした (図-4, 5)。試験体は、無補剛並びに溶接接合、HTB 接合及び TRS 接合により補剛材を接合した試験体の 4 体(表-1)を製作し、圧縮試験により座屈耐荷力、座屈モード及び荷重-変位の関係を比較する。試験体の板パネル及び T 字形補強部材の断面は、座屈パラメータ及び縦補剛材の必要剛比が実部材と同等となるように設計した。

母材厚を 8mm、補剛材厚を 6mm(共に SM490YA 材)とし、ボルトの径、縁端距離及び中心間隔等も 1/2 とした。ただし、TRS は $\phi 8$ と $\phi 16$ のねじ山ピッチが同じであり、ねじ掛かり長が実部材に比べて短くなり 1/2 スケールとならない。そのため、圧縮試験で TRS の引抜きが生じなければ、実部材でも問題ないとして安全側に評価することとした。補剛材は、実部材と同じ座屈パラメータ等となるよう板幅中央から 11mm 偏心させて設置した。

Case-4 の TRS の締付けは、試験体中央部から端部に向かう順にシンプルトルコンランナーを用いて 50N・m のトルクで実施した。この際、母材と補剛材との間に試験体中央付近で最大 3.6mm の肌隙が生じた。これは高力ボルトと異なり、TRS 接合が支圧接合であるため、締付けによる部材同士の引き寄せが弱いためである。

2.2. 載荷試験

試験状況を写真-1 に示す。圧縮試験は、10MN 大型構造物試験機を用い、変位制御による静的載荷とし、載

キーワード：スレッドローリングねじ、局部座屈、補剛材、純圧縮力載荷実験
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 TEL0877-45-6965

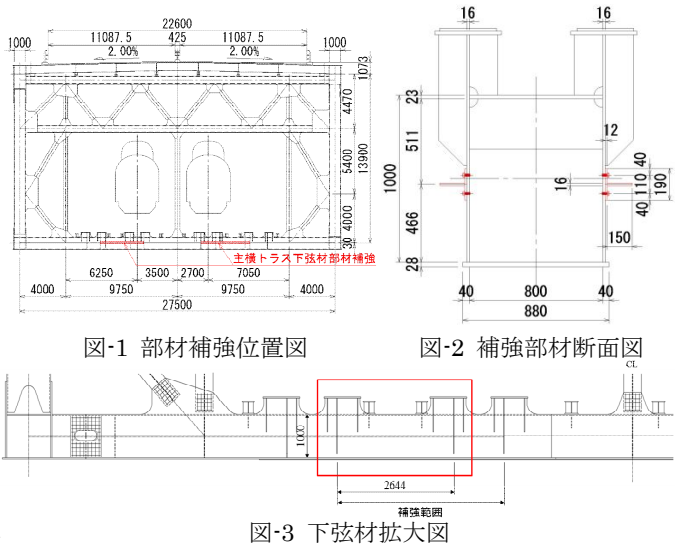


図-1 部材補強位置図

図-2 補強部材断面図

図-3 下弦材拡大図

表-1 試験ケース

	試験体ケース	補剛材形状	接合方法	員数
Case-1	無補剛板	—	—	1 体
Case-2	溶接接合補剛板	リブ	隅肉溶接	1 体
Case-3	HTB 接合補剛板	T 字形	HTB(M12×35)	1 体
Case-4	TRS 接合補剛板	T 字形	TRS($\phi 8 \times 23$)	1 体

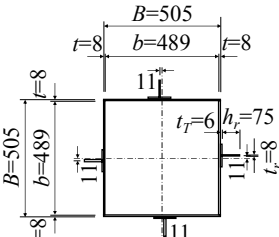


図-4 試験体断面図

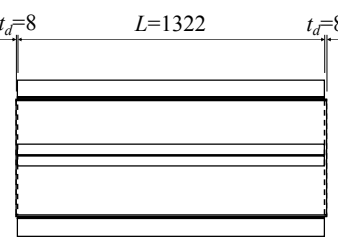


図-5 試験体側面図

荷速度は試験機の最低速度 0.01mm/s とした。最大荷重後、最大荷重の 80% となるまで載荷した。なお、初期軸力は導入有無の影響が小さいと判断されることから考慮しないこととした³⁾。試験体には変位計を設置し、軸方向及び面外方向の変位を計測した。また、局部座屈の発生を確認するため、ひずみゲージにより板パネル及び補剛材のひずみを計測した。



写真-1 試験状況

2.3. 試験結果

Case-1 は試験体中央部の変形が大きく、Case-2～4 は補剛材端部周辺で局所的な変形が生じた。最大荷重時から最大荷重の 80% に至るまでの間で Case-3 及び Case-4 を比較すると、Case-3 は母材の面外変形に追従して補剛材も大きく変形しているが、Case-4 は母材の面外変形に追従せず、終局時には補剛材端部の TRS が端部から最大 2 本が破断した（写真-2, 3）。破断面から TRS のせん断破壊と考えられ、TRS の引き抜きは生じなかった。また、母材及び補剛材ともに雌ねじが切られているため、TRS 自体が抜け落ちることはなかった。

各試験体の試験結果を表-2、荷重-変位曲線を図-6 に示す。図中の破線①～③は、各試験体の局部座屈荷重理論値であるが、各試験体とも最大荷重はその理論値を上回っている。また、Case-3 及び Case-4 を比較すると最大荷重は同程度であり、軸方向変位量は、Case-3 に比べ Case-4 の方が最大荷重時で 0.6mm、除荷時で 2.8mm 小さいことがわかった。

3. まとめ

TRS 接合試験体は最大 3.6mm の肌隙が生じていたが、HTB 接合試験体と同等の座屈耐荷力を有することが確認できた。また、補剛材端部において、HTB 接合試験体の補剛材は面外方向の変形に追従しているのに対して、TRS 接合試験体の補剛材は、終局時に補剛材端部の TRS がせん断破壊し面外方向の変形にはほとんど追従しないことが確認できた。

謝辞

本検討を行うにあたり、ご協力及びご助言いただきました坂野昌弘教授(関西大学)、(株)横河ブリッジ及び(株)横河ブリッジホールディングスの関係者の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 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.
- 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) 松村政秀・幸田真也・小野潔：ボルト接合した補剛材による鋼板パネルの座屈防止効果に関する圧縮力載荷試験，鋼構造論文集，第 21 巻第 84 号，2014.12



(a) Case-3 (HTB)

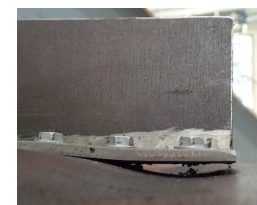


(b) Case-4 (TRS)

写真-2 試験体外観



(a) Case-3 (HTB)



(b) Case-4 (TRS)

写真-3 補剛材端部

表-2 試験結果

試験体名	無補剛板 試験体	溶接接合補剛板 試験体	HTB接合補剛板 試験体	TRS接合補剛板 試験体
局部座屈荷重理論値(kN)	1500	5254	5917	5917
最大荷重(kN)	3542	6562	6340	6360
最大荷重時変位(mm)	3.2	7.9	5.5	4.9
最大変位(mm)	6.5	18.9	13.0	10.0
残留変位(mm)	3.0	14.9	9.7	6.9
TRS破断開始時荷重(kN)				5991
TRS破断開始時変位(mm)				6.8

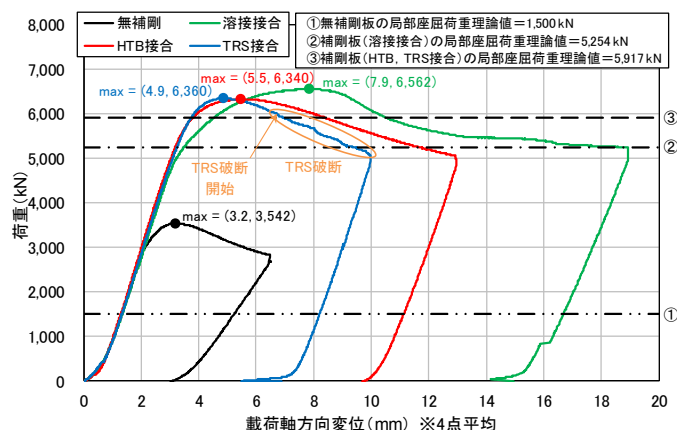


図-6 荷重-変位曲線