

## 桁端部の腐食損傷に対する当て板補修の回復効果に及ぼすすべり耐力の影響

琉球大学 ○田井政行, 下里哲弘, 有住康則, 矢吹哲哉  
 沖縄しまたて協会 玉城喜章

### 1. はじめに

腐食環境が厳しい場所に架設された鋼I桁橋では、激しい減肉により桁端部のウェブ-下フランジの首溶接部で破断が生じる場合がある。このような腐食損傷は、鋼桁のせん断耐荷力を著しく低下させることが報告されており、補修・補強が必要となる。その補修法の一つとして、当て板ボルト補修工法があり、多くの補修・補強工事に適用されている。しかしながら、当て板ボルト補修工法による回復効果に及ぼすすべり耐力の影響は明らかになっていない。

そこで本研究では、当て板ボルト補修のすべり耐力が、せん断耐荷力の回復効果に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、当て板ボルト補修を適用したせん断耐荷力試験及び有限要素解析を行った。

### 2. 当て板補修のすべり耐力と桁端部のせん断耐荷力の回復効果

せん断耐荷力試験の载荷状況を写真1に示す。図に示すように、試験桁の両側に载荷桁を設置し、2点载荷(変位制御)・2点支持として試験桁中央の着目パネルでせん断力が卓越するような構成としている。

試験パラメータは当て板の有無とボルト軸力である。着目パネルのウェブ板厚は3.2mmであり、桁端部に生じる腐食損傷を再現するために、写真2(a)に示すようにウェブ-下フランジの首溶接及びウェブ-支点側補剛材の溶接部に沿って75mmの高さの範囲を機械加工により破断させた。そして、写真2(b)に示すようにウェブ側の当て板板厚を4.5mm、下フランジ側を9mmとしたL型鋼板をF10TM20(設計軸力182kN)の高力ボルトをウェブ・フランジ面にそれぞれ5本用いて接合した。すべり耐力の違いがせん断耐荷力の回復効果に及ぼす影響を明らかにするために、導入ボルト軸力が45.5kN(設計軸力の約25%相当)と91kN(設計軸力の50%相当)となるよう制御して試験体を作成した。なお、当て板と母材の接合面は電動工具により2種ケレン相当の処理を行っている。試験体パラメータを表1に示す。

载荷試験より得られた着目パネルのせん断力と各载荷点の鉛直変位の平均値の関係を図1に示す。図より、当て板ボルト補修によりせん断耐荷力の回復が見られ、その回復量は、当て板25%と比べて当て板50%では増加傾向を示した。これより、当て板ボルト補修のすべり耐力が増加することで当て板ボルト補修による回復効果が増加すると考えられる。

### 3. 有限要素解析を用いた当て板補修のすべり耐力がせん断耐荷力の回復効果に及ぼす影響の検討

当て板ボルト補修のすべり耐力によるせん断耐荷力の回復効果の差異について、有限要素解析により検討を行った。

試験体を再現した解析モデルを図2に示す。本解析モデルでは、当て板ボルト補修のすべり挙動を解析的に再現するために、母材(腐食モデル)と当て板をシェル要素、高力ボルトにはボルト軸力(45kNもしくは90kN)を導入するためソリ

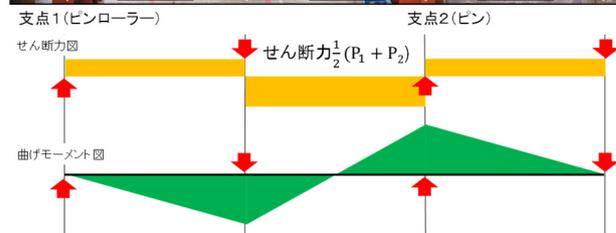
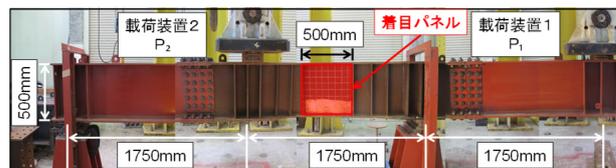
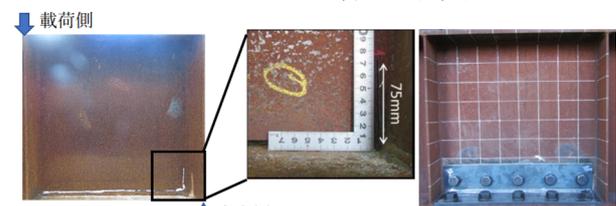


写真1 せん断耐荷力試験状況



(a) 腐食モデル (b) 当て板モデル

写真2 着目パネル概要

表1 試験パラメータ

試験体名	試験体概要
腐食モデル	首溶接及び支点補剛材側破断モデル
当て板25%	腐食モデル+当て板補修(ボルト軸力45.5kN)
当て板50%	腐食モデル+当て板補修(ボルト軸力91kN)

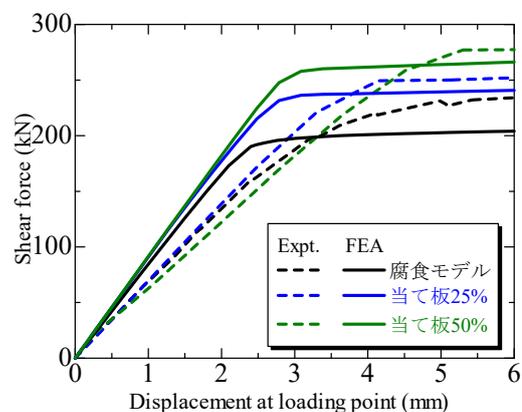


図1 せん断力と载荷位置の鉛直変位の関係

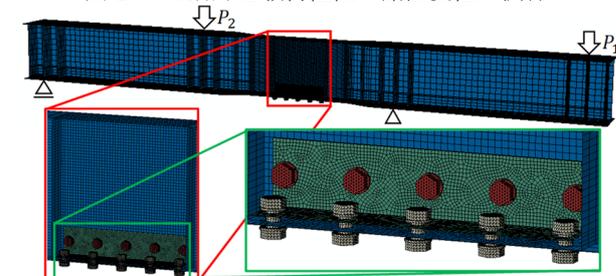


図2 解析モデル

ッド要素を用いて解析モデルを作成した。母材と当て板の間

キーワード 当て板補修, せん断耐荷力, 回復効果, すべり耐力

連絡先 琉球大学工学部工学科社会基盤デザインコース (〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地)

には接触を定義し、すべり係数は既往研究を参考に0.25とした。材料構成則は完全弾塑性とし、ヤング率を200GPa、ポアソン比を0.3、降伏応力には各材料のミルシート値を用いた。なお、事前に固有値解析を行い、その1次モードを最大変位3.3mm(ウェブ高さ/150)の初期不整合として導入した。

解析モデルの再現性を検証するために実験結果と解析結果との比較検証を行った。図1に実験値と解析値の比較を示す。図に示すように、剛性にわずかに差異がみられるものの、せん断力の最大値や変曲点はほぼ一致していた。これより、本解析モデルを用いて当て板のすべり耐力がせん断耐力力の回復効果に及ぼす影響の検討を行うこととした。

せん断耐力力の回復効果に及ぼす当て板のすべり耐力の影響を検討するために、解析モデルにおいて導入ボルト軸力を136.5kN(設計軸力75%相当)及び182kN(設計軸力100%相当)とした当て板136.5kN及び当て板182kNモデルの解析を行った。解析結果を図3に示す。図より、実験時と同様に導入軸力を増加させることで、せん断耐力力の回復効果が増加する傾向が得られた。しかしながら、導入軸力を75%(136.5kN)と100%(180kN)とした当て板75%と当て板100%ではせん断耐力力に大きな差異は見られなかった。

このすべり耐力(導入軸力)の違いによるせん断耐力力の回復効果の差異を検討するために、せん断耐力力に差異があった当て板25%及び当て板75%を対象に比較を行った。せん断力と当て板と母材の相対変位の関係を図4に、せん断力230kN時のvon Mises応力分布及び面外変位コンター図と当て板内部のウェブの変形挙動を図5にそれぞれ示す。図より、当て板25%のモデルでは、せん断力150kN程度で当て板と母材の相対変位が増加傾向を示したが、当て板75%のモデルでは、最大せん断力まで相対変位の著しい増加は見られなかった。また、図5より、当て板25%のモデルでは、当て板75%と比較して大きな面外変形を示す結果が得られた。当て板と母材のすべりによりウェブの面外変形が増大した要因としては、図に示すようにすべり耐力が低い場合、当て板内部のウェブで変形が生じていることから、ウェブの支持条件が4辺支持から3辺支持状態へ移行していると考えられる。それゆえ、図5に示すように、当て板75%と比較して当て板25%はせん断変形が増大、すなわち面外変形を増加させたと推察される。ウェブの面外変形の増大は曲げひずみを増加させるため、図6に示すように斜張力場の塑性化(コンター図灰色)を助長するため、これが当て板ボルト補修のすべり耐力の違いによるせん断耐力力の回復効果の差異の要因と考えられる。

#### 4. まとめ

- 1) 当て板ボルト補修のすべり耐力の増加に伴い、せん断耐力力の回復効果は増加傾向を示す。しかしながら、すべり耐力が一定以上となると回復効果に差異が見られなくなる。
- 2) すべり耐力が低い場合、すべりの発生によってウェブの支持条件が4辺支持状態から3辺支持状態に移行すると考えられ、せん断変形が増加する。このせん断変形の増加はウェブの面外変形を増加、すなわち曲げひずみを増加させることで斜張力場の塑性化を助長するため、これが当て板ボルト補修のすべり耐力の違いによるせん断耐力力の回復効果の差異の要因と考えられる。

今後は当て板ボルト補修に必要なすべり耐力や当て板に必要な剛度(板厚)等の検討を行い、合理的な当て

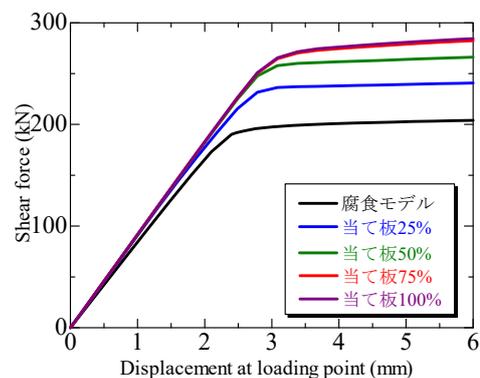


図3 解析結果

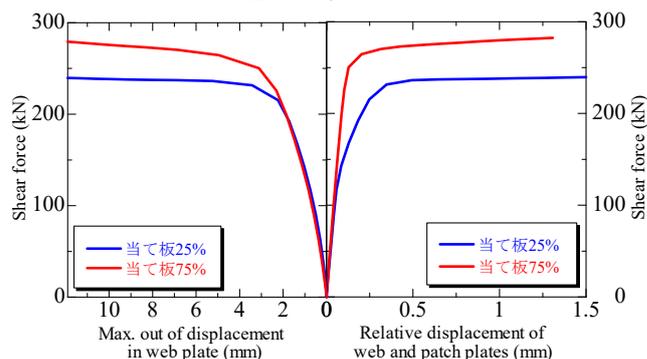


図4 せん断力とウェブ面外変位・当て板-ウェブの相対変位

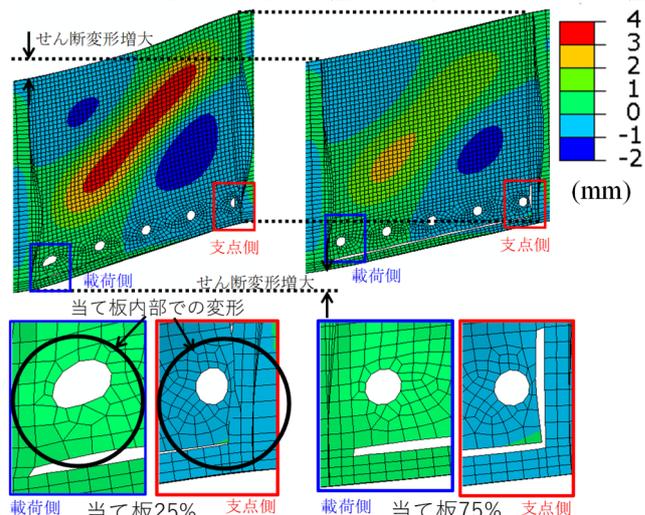


図5 ウェブの変形挙動の比較(せん断力230kN時)

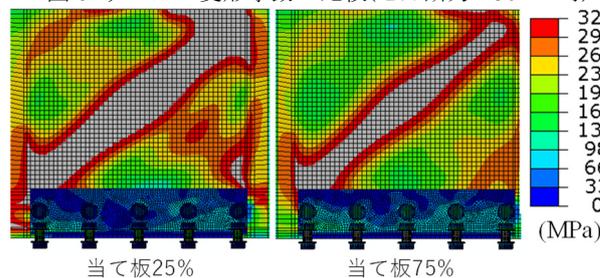


図6 せん断力230kN時の von Mises 応力分布

板ボルト補修工法の確立が必要であるといえる。

本稿は、日本鋼構造協会における鋼橋の強靱化・長寿命化研究委員会(Ⅱ期)鋼橋の腐食・耐久性研究部会WG-Bでの研究成果の一部を纏めたものである。

#### 参考文献

- 1) 土木学会:高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案), 2007.