

ばね要素モデルを用いた腐食鋼桁端部の当て板ボルト補修に関する解析的研究

構造工学研究室 富永泰志

1 序論

鋼橋の問題の一つとして、腐食による損傷が挙げられる。特に、鋼桁端部は写真1に示すように著しく腐食が進行したことで、せん断耐荷力の低下が報告されている¹⁾。このような腐食に対する補修法として、当て板ボルト補修法が挙げられる。しかしながら、補修に使用する当て板の板厚やボルト本数がせん断耐荷力の回復効果に及ぼす影響は明らかとなっていない。そこで、当て板の板厚やボルト本数が、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とする。

本研究では、ばね要素を用いた当て板ボルト補修挙動を再現し、当て板板厚およびボルト本数がせん断耐荷力の回復効果に及ぼす影響について検討を行った。

2 当て板ボルト補修の解析法

2.1 引張試験体の摩擦接合継手モデル

2.1.1 解析モデルの概要

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当て板のすべり挙動をばね要素によるモデル化の検討を行った。本研究では、先行研究で行われた写真2に示す摩擦接合継手試験体の引張試験結果より、ばね要素特性の設定を行った。

先行研究の試験体を再現した Shell 要素を用いた解析モデルを作成した。添接板の板厚10mm、母材の板厚22mm、鋼部材のヤング率200GPa、ポアソン比0.3とした。本解析モデルでは、図1に示すようにボルトの軸力導入部の母材、添接板をばね要素により接合し、ばね方向が引張荷重方向に作用するように設定した。なお、ばね要素を接合することにより生じる局所応力による降伏を防ぐために、ボルト孔径相当の範囲の要素を剛体要素とした。ばね要素特性値は、図2に示すばね剛性およびすべり荷重値をパラメータにトライアルアンドエラーを行い、試験結果の再現を行った。

2.1.2 すべり挙動によるばね要素の設定と再現性の検討

トライアルアンドエラーより図2のように、ばね要素はばね剛性900kN/mm、すべり荷重107kNと設定した時の解析結果と実験結果の比較を図3に示す。図よりばね要素により摩擦接合継手のすべり挙動を概ね再現可能であるといえる。本モデルを用いて、次節にて桁端部試験体の当て板ボルト補修への適用性の検討を行った。

2.2 桁端部試験体の当て板ボルト補修モデル

2.2.1 解析モデル概要

前節で提案したばね要素モデルの当て板ボルト補修への適用性を検討するため、先行研究で行った実験結果と Shell 要素を用いて作成した FEM 解析モデルの結果との比較検証を行った。実験で使用された試験体の寸法、本研究の解析モデルを図4に示す。着目パネルの腐食損傷モデルはウェブ面の下フランジ側の損傷とその両端の損傷を模擬した下部損傷切上モデルを採用



写真1 鋼桁端部の腐食事例 写真2 摩擦接合継手試験体

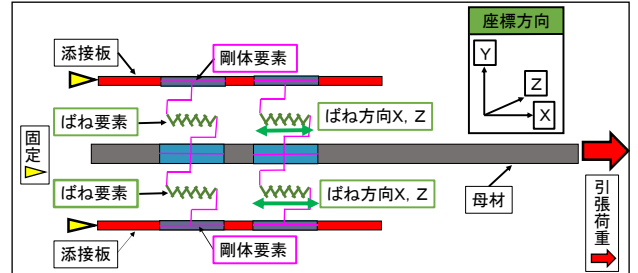


図1 摩擦接合継手のばね要素の概略図, ばね方向

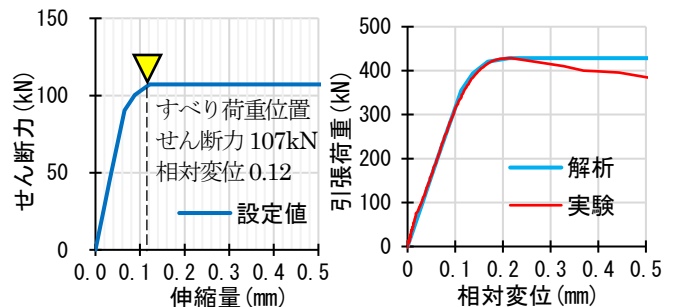


図2 ばね要素の設定 図3 引張荷重と相対変位の関係

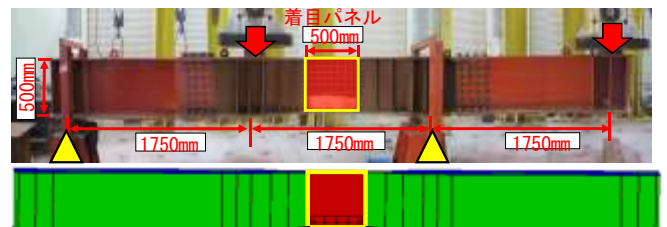


図4 セン断試験体モデル

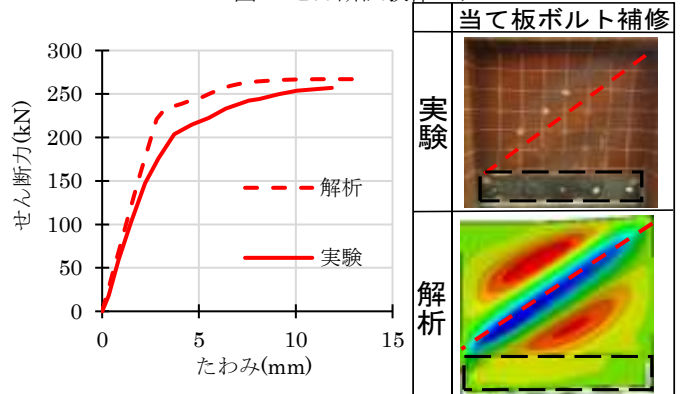


図5 セン断力-たわみ関係

図6 セン断座屈の形状

する。着目パネルの概要として、着目パネルのウェブ板厚 3.2mm、ウェブ面の当て板板厚 4.5mm、ボルト本数を 5 本、フランジ面の当て板板厚 9mm、ボルト本数を 5 本とした。本解析モデルのヤング率 200GPa、ポアソン比 0.3、降伏応力は実験値より 330MPa とした。ばね方向は当て板が接する面で平行移動するように設定した。

2.2.2 解析モデルの解析法と妥当性

図 5、図 6 は先行研究で得られた実験結果と本研究モデルの解析結果の比較である。図 5 の着目パネルのせん断力と载荷位置のたわみの関係より、降伏荷重に若干の差異がみられるものの、挙動は再現されているといえる。また、図 6 のせん断座屈の形状より、当て板上に同様な斜め張力場の形成がみられた。以上の結果より、ばね要素による当て板ボルト補修の挙動を再現可能であると考えられる。

3 桁端部モデルを用いたパラメトリック解析

3.1 解析ケース

当て板の板厚及びボルト本数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、ウェブ面の当て板板厚及びボルト接合位置をパラメータとした解析ケースを図 7 に示す。なお、図中には相対変位計測位置、最小主ひずみ算出位置も併せて示す。

3.2 解析結果

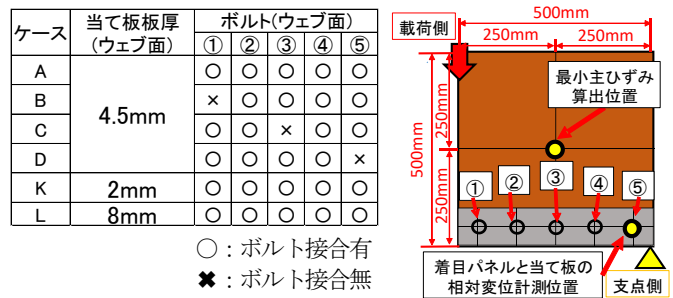
解析結果を図 8~10 に示す。図 8 に示すせん断力-载荷位置のたわみの関係より、せん断力-たわみ曲線の傾きが変化したせん断力をせん断耐荷力とした。図 9 の当て板のすべりの判定は、図 3 に示すように相対変位が 0.12mm となった時とした。また、せん断座屈強度は、図 10 に○で示す位置と表記した値を表裏の最小主ひずみの分岐点とした。

3.2.1 ボルト本数の変更時

せん断耐荷力はケース A、D より斜め張力場が最も作用する载荷側のボルトの減少で 10kN のせん断耐荷力の低下がみられた。ケース A、B、C、D よりすべり挙動はボルトの減少ですべり耐力の低下がみられた。ケース A、D よりせん断座屈ではせん断耐荷力と同様、载荷側のボルトの減少でせん断力が 5kN 低い値で発生した。よって、ボルト本数による影響は载荷側のボルトが減少することでせん断耐荷力の下降効果、すべり耐力の下降、せん断力が低い値でせん断座屈の発生などがみられた。

3.2.2 板厚変更時

せん断耐荷力はケース A、L より板厚が厚くなることで 7kN 上昇がみられた。ケース A、K、L よりすべり挙動は板厚の変化による影響はみられなかった。せん断座屈はケース A、K、L より板厚 2mm の時は板厚 4.5mm、8mm と比較してせん断力が 20kN 程度低い値で発生した。よって当て板の板厚による影響として、せん断耐荷力は板厚増加により上昇、当て板が 2mm 時で薄いとせん断力が低い値でせん断座屈の発生がみられた。



○：ボルト接合有
✕：ボルト接合無
図 7 解析ケース、ボルト接合や相対変位の計測、最小主ひずみ算出位置

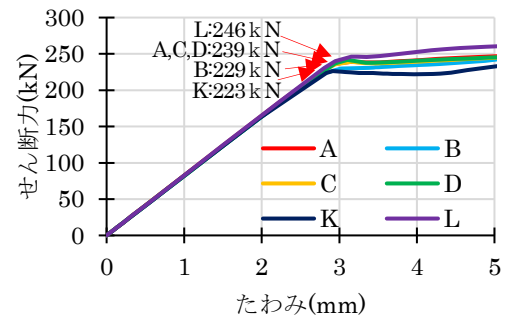


図 8 せん断力-たわみの関係 すべり発生位置

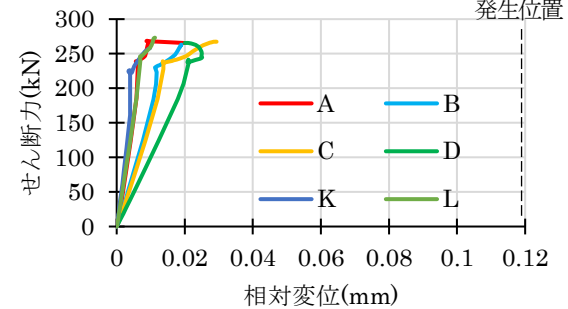


図 9 せん断力-相対変位の関係

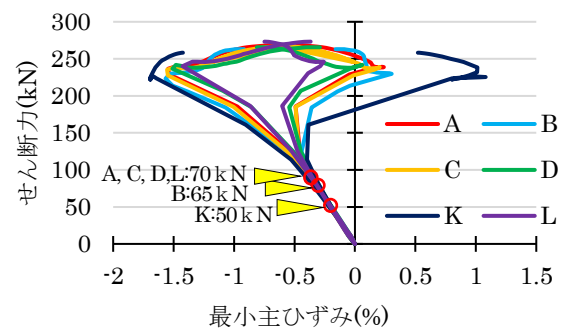


図 10 せん断座屈強度判定図

4. 結論

本研究では、ばね要素と用いて当て板ボルト補修の耐荷特性の再現を行い、当て板板厚及びボルト本数が腐食桁端部のせん断耐荷力の回復効果に及ぼす影響の検討を行った。当て板板厚やボルト本数の減少により、せん断座屈強度が減少し、せん断耐荷力低下する傾向が得られた。

5. 参考文献

- (1) 国土技術政策総合研究所：鋼道路橋の局部腐食に関する調査研究、ISSN1346-7328、国総研資料第 294 号、2006。