

高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力に及ぼす連結板の腐食減肉の影響

琉球大学 学生会員 ○大城泰樹 山下修平 田井政行 下里哲弘 有住康則

1. はじめに

鋼橋において、高力ボルト摩擦接合継手は構造的に重要な部位の一つである。しかしながら、凹凸部が多いため腐食因子が滞留しやすく、さびやすい箇所となっている(写真1)。実環境下における鋼橋の摩擦接合継手を観察したところ、連結板の座金周辺で著しく減肉する特徴的な腐食が見られた。このような連結板の腐食減肉がすべり耐力を低下させることは既往研究¹⁾により報告されているが、その要因については明らかとなっていない。

本研究では、実腐食減肉した連結板を用いて作製した試験体により摩擦接合面の荷重伝達機構に着目した接触圧試験を行った。また、FEM解析を用いて連結板の減肉がすべり耐力に及ぼす影響を解析的に検討した。

2. 実腐食連結板の腐食減肉特性

本研究で使用した連結板は、図1に示すように主に桁内側と桁外側で2種類の腐食形状タイプが見られた。桁内側の連結板は板全体的に腐食している状態で、飛来塩分などの腐食因子が付着した場合の雨水による洗浄効果が乏しく、全面の腐食減肉が生じやすくなったものと考えられる。一方で、桁外側は座金周りからドーナツ状に腐食している状態で、連結板と座金の境界が滞水し易く濡れ時間も長くなり、ボルト孔周りで局所的に腐食が進行したと推測される。

次に写真2に示すレーザー変位計を用いて、連結板の腐食減肉量の計測を行った。測定間隔は2mmピッチとした。図1に各タイプのコンター図の例を示す。連結板表面の腐食減肉分布評価パラメータは、局所平均孔周辺減肉率で評価した。局所平均孔周辺減肉率とは最も減肉が激しい座金との接触面周辺の範囲を評価するパラメータとして、図2に示すようにボルト孔中心から32mm(=座金半径22mm+減肉幅10mm)範囲における減肉量の平均値を設計時の板厚で除した値としている。

3. 連結板の減肉が摩擦面の接触圧に及ぼす影響

(1) 試験方法

連結板の腐食減肉に伴い、荷重伝達に影響を及ぼすと考えられる摩擦面の接触圧が変化することが予想される。そこで、摩擦面の接触圧と連結板の腐食減肉の関係を検討するため接触圧試験を行った。着目するボルト孔を腐食連結板から1つ選定し、図3のように受け板と連結板の接合面に感圧紙を挟み、圧縮荷重を载荷した。なお、载荷荷重はF10TM22ボルトの設計軸力205kNを10%割り増した226kNとした。

感圧紙は超高压用と超低压用の2種類を用いた。超高压用はボルト孔周りの高接触圧領域を検証するために用い、超低压用は接触圧分布の広がりを検証することを目的に用いた。

(2) 試験結果

腐食連結板を用いた接触圧試験結果のコンター図を図4に示す。減肉により接触圧の加圧面積が狭くなり、高接触圧領域が増加することが分かる。

図5は各ボルト孔周りの局所平均孔周辺減肉率と加圧



写真1. 腐食した摩擦接合継手



写真2. レーザー変位計

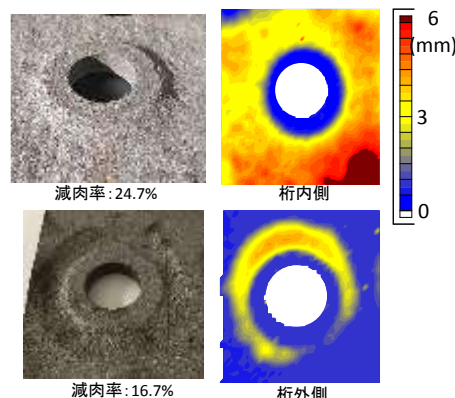


図1. 腐食タイプとコンター図

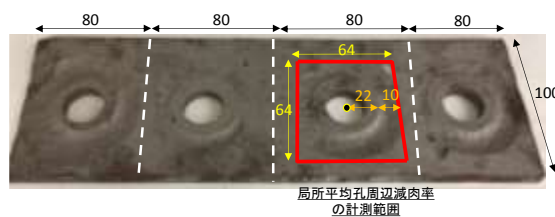


図2. 評価パラメータ範囲

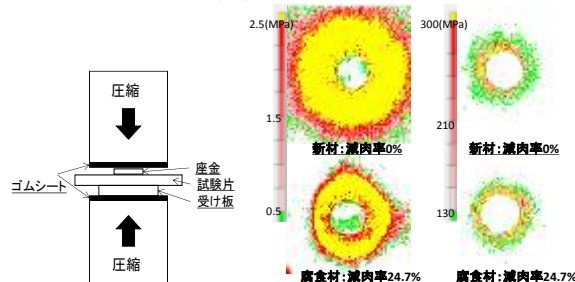


図3. 接触圧試験方法

図4. 接触圧コンター図

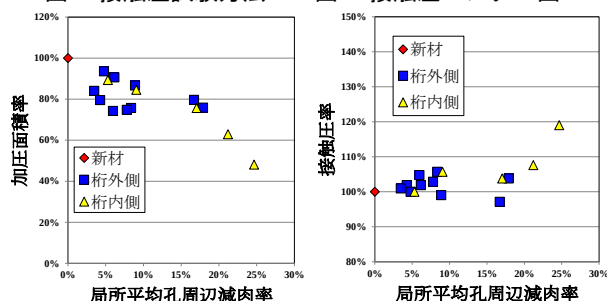


図5. 接触圧試験結果

面積や接触圧について、腐食ボルト孔での結果を新材ボルト孔の試験結果で除した比率で表している。

図より、加圧面積率は局所平均孔周辺減肉率が15%を超えると減肉に伴い線形的に低下しており、減肉率が25%になると加圧面積率が50%程度に減少した。接触圧率も減肉率が15%を境に急激な増加が見られ、局所平均孔周辺減肉率が25%時には約20%接触圧が増加した。

以上の結果より、減肉率15%を境に加圧面積は減少し、接触圧は増加する傾向を示すといえる。つまり、座金直下が残存している場合でも、座金と接触していた面周辺が減肉することで孔回りの接触圧が増加するといえる。

4. 連結板減肉とすべり挙動の解析的検討

連結板の減肉がすべり耐力に及ぼす影響の解析的検討を行った。

(1) 解析モデル

図6に解析モデルを示す。解析モデルはsolid要素を用いて、図に示すように対称性を考慮して、1/4モデルとした。連結板のモデルは図7に示すような新材モデルとドーナツ状腐食モデルで検討した。腐食モデルの減肉幅は10mm、減肉量は5mmとした。ボルトと座金、座金と連結板、連結板と母板には境界条件を設定し、接触の状態を再現できるようにしている。本解析で用いた材料特性は文献1)のすべり耐力試験で使用した値としている。

解析では、まず、F10TM22ボルトの設計軸力205kNの10%割り増した226kNをボルト軸部に与えた。その後、引張荷重を作用させるため、母板の外側の面に強制変位を与えた。

(2) 解析結果

図8に解析による新材モデルと腐食モデルの荷重-変位曲線を示す。すべり荷重は文献1)を参考に最大荷重と定義した。新材モデルのすべり荷重が582kN、腐食モデルが564kNと約3%腐食モデルが低い結果となった。図9はすべり時における母板部の接触圧と応力のコンター図である。それぞれの接触圧を比較すると、前章の結果と同様に腐食モデルで高接触圧領域が増加していることが分かる。また、応力コンター図では接触圧増加による孔周りの降伏領域の進展が見られる。

連結板の減肉に伴うすべり耐力低下の要因を検討するために、高力ボルトの軸力低下の評価を行った。図10に軸力低下率と開口変位の関係図を示す。すべり発生時の軸力低下率は健全モデルが9.5%、腐食モデルが13.2%となり、腐食モデルの方が約3.7%大きい結果となった。この要因として連結板の減肉により、孔付近で接触圧が増加し、母板の局所的な降伏が生じることで軸力低下を引き起こしたため、すべり耐力が低下したと考えられる。

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 連結板の腐食減肉により接触圧面積は減少するが、高接触圧領域は増加する。
- 2) 連結板の腐食により、すべり耐力が低下する傾向が得られた。
- 3) その要因として、高接触圧領域の増加により、孔周りの局所的な降伏が進行し、軸力低下率が大きくなったためであると考えられる。

【参考文献】

- 1) 山下修平, 下里哲弘, 田井政行, 有住康則, 矢吹哲哉: 実腐食形状を有する高力ボルト摩擦接合継手の強度特性, 鋼構造年次論文報告集, Vol.24, pp.29-36, 2016.

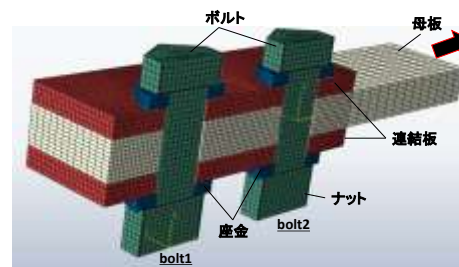


図 6. 解析モデル

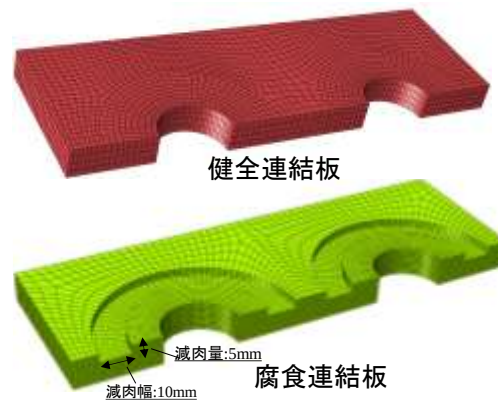


図 7. 連結板のモデル

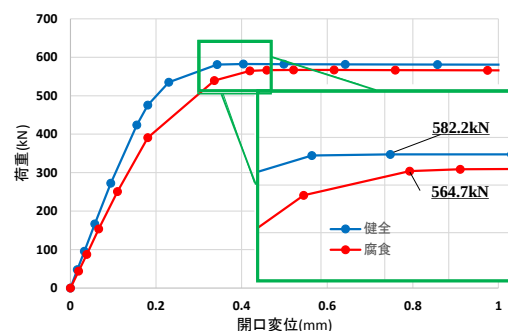


図 8. 荷重-開口変位関係

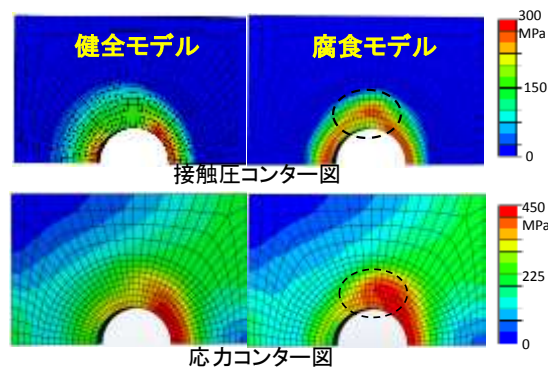


図 9. すべり時の孔周りコンター図

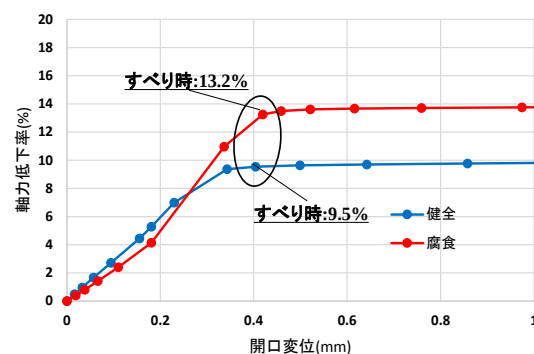


図 10. 軸力低下率-変位関係図