

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

構造工学研究室 大城泰樹

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な重要な部位である。しかし、この継ぎ手は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、連結板で座金周辺から腐食減肉する特徴的な腐食が見られた。この腐食減肉がすべり耐力を低下させる可能性がある。

本研究では、実環境下で腐食減肉した連結板を用い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、腐食減肉した連結板が高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力へ与える影響を検討するためにすべり耐力試験及びFEM解析を行った。

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、実腐食橋梁から採取した摩擦接合継手の連結板である。連結板の腐食形状タイプを大別すると図1に示す2種類であった。図1上側は桁内側で見られた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、図1下側は桁外側での連結板で、座金周りに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いため、ボルト孔周りに局所的に腐食減肉が生じたものと推察される。

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. 連結板の腐食減肉が摩擦面の接触圧に及ぼす影響

(1) 試験方法

連結板の腐食減肉と摩擦面の接触圧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、圧縮荷重を載荷した。なお、載荷荷重はF10TM22の設計軸力205kNを10%割増した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



写真1. 腐食した摩擦接合継手

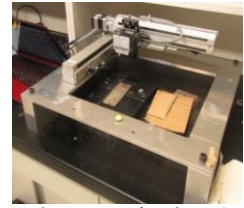


写真2. レーザー変位計

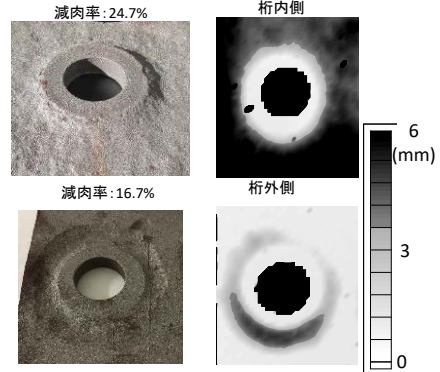


図1. 腐食タイプとコンター図

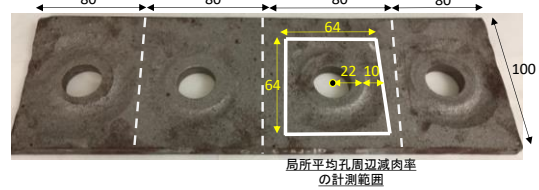


図2. 評価パラメータ範囲

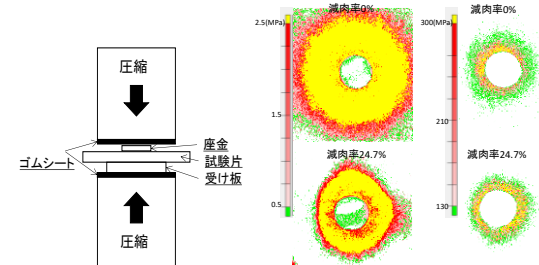


図3. 接触圧試験方法

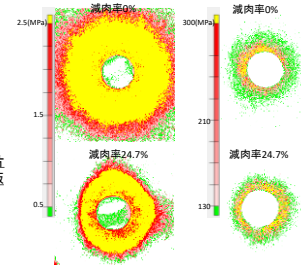


図4. 接触圧コンター図

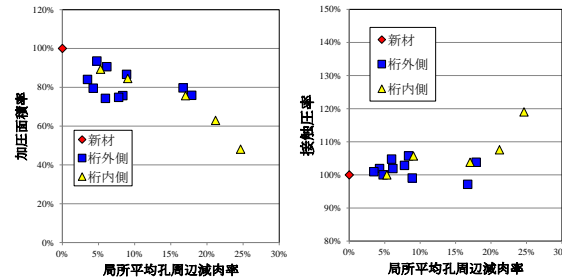


図5. 接触圧試験結果

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

本図の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。接触圧も減肉率が 15%を境に接触圧の急激な増加が見られ、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. 連結板の腐食減肉が摩擦接合継手のすべり耐力に及ぼす影響

連結板の減肉がすべり耐力に及ぼす影響を検証するためにすべり耐力試験を行った。

(1) 試験体

図に試験体概要を示す。すべり先行型となるよう母板の板厚を 19mm、連結板の板厚を 10mm とした。材質は SM490Y である。摩擦接合面はブラスト処理を行い、試験体の表面状態の均一性を確認した。ボルトは S10TM22 ボルトを使用した。

(2) 試験結果

表 1 に新材と腐食材のすべり荷重を示す。平均値で比較すると腐食の方が約 10%低下した。

図 7 に局所平均減肉率と腐食試験体のすべり荷重を新材の平均すべり荷重で除したすべり荷重比を示す。減肉率の増加に伴い、すべり荷重比が低下する傾向が見られる。

5. 連結板減肉とすべり挙動の解析的検討

連結板の減肉に伴うすべり耐力低下要因を FEM 解析により検討を行った。

(1) 解析モデル

図 8 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 モデルの新材モデルとドーナツ状腐食モデルで検討した。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、連結板と母板には接触を定義している。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、その後、引張荷重を作用させるため、母板端部に強制変位を与えた。

(2) 解析結果

図 9 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。すべり荷重は新材モデルが 583kN、腐食モデルが 572kN となり、減肉により約 10kN の耐力低下が生じた。この要因を検討するために、すべり発生時の接触圧のコンター図と導入ボルト軸力に対する軸力低下率を図 10 に示す。これより、腐食モデルでは高接触圧領域が増加するとともに、軸力低下率も約 2%大きい結果となった。これは、連結板の減肉により、孔付近で接触圧が高くなり、母板に局所的な降伏が生じることで、ボルト軸力低下を引き起こし、すべり耐力が低くなったと考えられる。

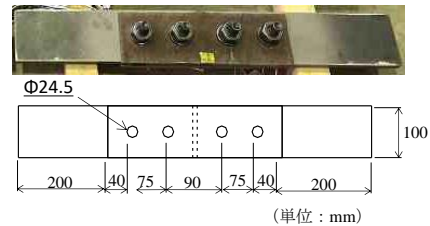


図 6. 試験体写真

表 1. すべり耐力

試験体	すべり荷重
新材平均	567.1(kN)
腐食1	531
	502
腐食2	450
	513
腐食3	550
	534
腐食4	545
	525
腐食5	482
	503
腐食平均	513.5

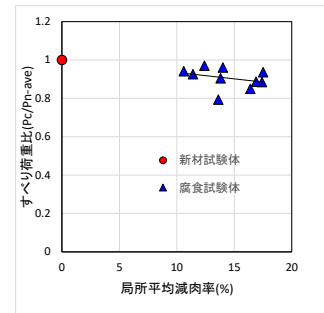


図 7. 減肉率とすべり荷重比

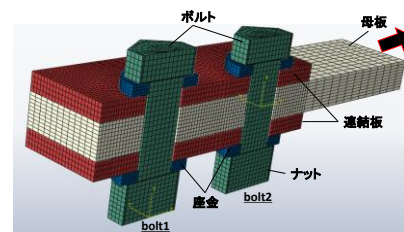


図 8. 解析モデル

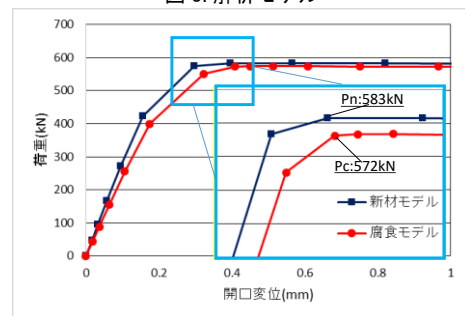


図 9. 荷重-開口変位関係

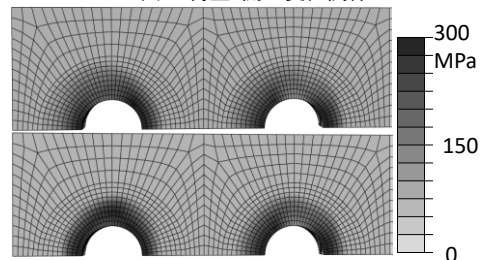


図 10. 接触圧分布コンター図

6. 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) すべり耐力低下の要因として、高接触圧領域の増加により、孔周りの局所的な降伏がボルト軸力を低下させたためであると考えられる。