

愛媛県庁 正 員 ○山田崇史
 大阪大学大学院 正 員 亀井義典
 大阪大学大学院 フェロー 西村宣男

1. まえがき

高力ボルト摩擦接合継手の摩擦面の処理状態として従来多用されていた黒皮除去後の粗面に加え、近年、無機ジンクリッチペイント、有機ジンクリッチペイントなどの塗装が採用されるようになった。しかし我が国の道路橋示方書では摩擦面に塗装処理を施した摩擦接合継手のすべり係数に関して規定されておらず、また明確な解析手法も確立されていない。ジンクリッチペイントを塗布した場合、摩擦面処理状態として黒皮除去後の粗面を用いた継手とは挙動やすべり強度に変化が見られる。本研究ではこれらを解析的に表現するため、弾塑性有限変位プログラムを用いて、すべり量、ボルト軸力の変化を実験と比較しながら検討を行う。

2. 解析ケース

(1) 解析モデル 解析モデルを図-1 に示す。摩擦接合継手を構成するボルト孔、高力ボルトおよび座金などの複雑な形状をモデル化するため、要素は 20 節点アイソパラメトリック立体要素を用いる。また、鋼板の接触面には、節点パネ型のジョイント要素¹⁾を導入する。

解析モデルは、筆者らが過去に行った実験²⁾に合わせて諸元を決定した。摩擦面処理状態としては黒皮除去後の粗面(A)、無機ジンクリッチペイント塗布(B)、有機ジンクリッチペイント塗布(C)とする。母材、連結板の鋼種はSM490Yとし、用いたボルトはF10T-M20とする。ボルト列数は2列および3列の非対称とし、図-1に示す位置のボルトの名称をB1-B5とする。導入軸力は初期導入軸力によるすべり係数の相違を見るため、F10T-M20の設計軸力16.5tfの1割増および1割減とする。各々初期導入ボルト軸力が18tf(設計軸力の1割増)モデルをそれぞれA18,B18,C18とし、15tf(設計軸力の1割減)モデルをそれぞれA15,B15,C15とする。

(2) ジョイント要素のすべり判定 図-2 にジョイント要素の接触面の状態から剛性を評価するフローを示す。今回対象とした実験供試体では、すべり係数が摩擦面の処理状態によって異なる。判定ではジョイント要素に作用する板厚方向の力 F_z とせん断方向の力 F_x, F_y の関係から状態を判定するが、その際に用いるパラメータ μ を変化させて解析を行う。実験の2列側のすべり強度から同定した μ の値は、黒皮除去後の粗面で0.624、無機ジンクリッチペイント塗布タイプで0.742、有機ジンクリッチペイント塗布タイプで0.599である。これらの値は3列側の解析結果からその整合性を確認し、以下にその結果を示すものとする。

(3) 要素分割 解析モデルは、継手の対称性を利用し、継手全体の1/4モデルとした。要素分割図を図-3に示す。外力はボルト軸力を荷重制御にて与えた後、継手端部に軸引張力が生じるように強制変位として与えた。

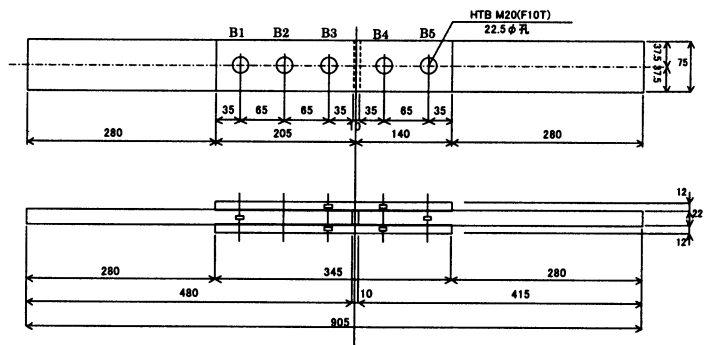


図-1 解析モデル

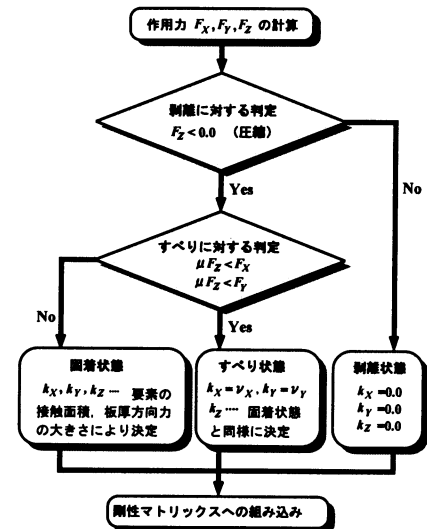


図-2 ジョイント要素の剛性評価

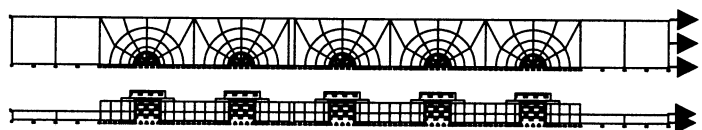


図-3 要素分割図

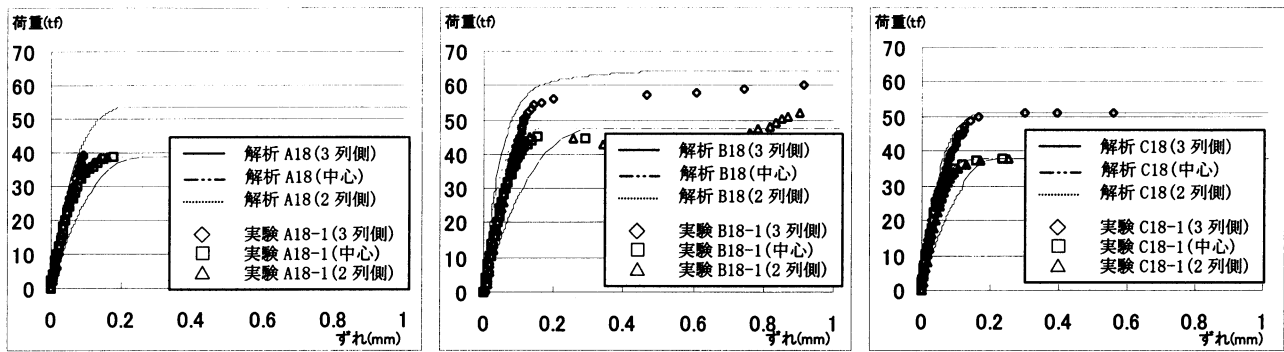
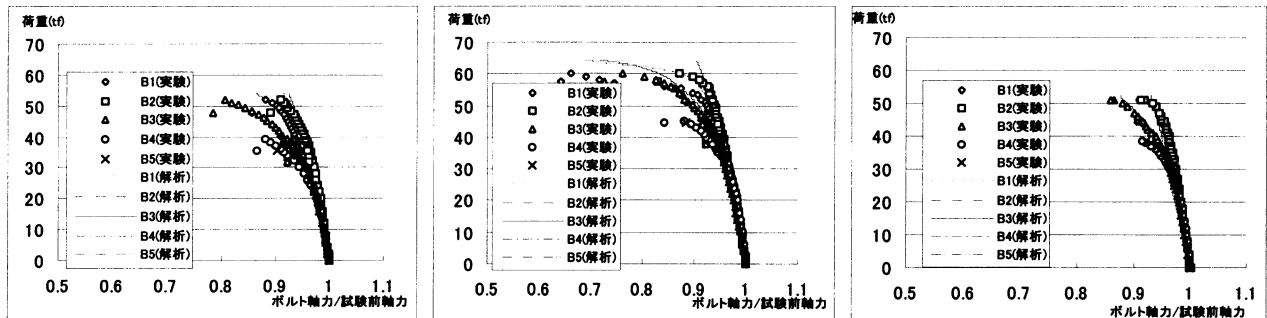


図-4 相対変位量の解析と実験の比較



A18 ボルト軸力

B18 ボルト軸力

C18 ボルト軸力

図-5 ボルト軸力の解析と実験の比較

3. 解析結果

表-1 解析と実験によるすべり係数の一覧

(1) 相対変位量 図

図-4 に連結板端部での母材と連結板の相対変位量、母材つき合わせ部での相対変位量を示す。実験と解析の両方ですべり発生まで一定の割合で変位が生じ、すべり発生直後、変位が増大する。すべり強度を相対変位が急激に増加する時点での荷重と考えると、有機タイプでは最も小さい荷重ですべりが発生する。つき合わせ部の相対変位量に若干の誤差があるが、連結版端部での相対変位量はほぼ実験を表現できている。

一定の割合で変位が生じ、すべり発生直後、変位が増大する。すべり強度を相対変位が急激に増加する時点での荷重と考えると、有機タイプでは最も小さい荷重ですべりが発生する。つき合わせ部の相対変位量に若干の誤差があるが、連結版端部での相対変位量はほぼ実験を表現できている。

(2) ボルト軸力 図-5 に引張試験のボルト軸力の変化と解析によるボルト軸力の変化を示す。図では横軸はボルト軸力を初期導入軸力で無次元化している。载荷当初は、全ボルトで一定の割合で軸力抜けが生じるが、すべり直前で軸力の抜けが大きくなる。グラフからも実験を十分に再現できていると言える。

(3) すべり係数 表-1 にすべり強度、すべり係数の一覧を示す。各モデルの添字は実験供試体の番号を表す。15tf タイプについては設計軸力 16.5tf の 2 割減を設計軸力と仮定しすべり係数を算出した。2 列側で若干の差が認められることを考慮すると実験と解析で良い一致が得られたと考えられる。今回ジョイント要素のすべり判定のパラメータ μ を実験 2 列側で評価したが、その判定条件を使って 3 列側で評価した結果、3 列側も十分に実験を再現できていることが分かる。C18-2 の 2 列側に若干の誤差が見られるが、これらは実験上の誤差と判断し、解析パラメータの評価及び全体の評価では除外している。以上のことによりジョイント要素のすべりに対する判定のパラメータ μ を変えることにより摩擦面に塗装処理が施された継手の挙動を表現できると言える。

参考文献

- 1) Nishimura, N., Kamei, Y. and Ikehata, B. : Analysis of HSFG Bolted Joints Considering Local Slip, TECHNOLOGY REPORTS OF THE OSAKA UNIVERSITY, Vol. 46, No. 2257 pp. 227-236, 1996. 10.
- 2) 山田崇史他：ジンクリッチペイントを塗布した高力ボルト摩擦接合継手の引張試験，平成 12 年度関西支部年次学術講演会