

高力ボルト摩擦接合継手の反復すべり挙動に関する解析的研究

片山ストラテック 正員 宇井 崇

片山ストラテック 正員 石原靖弘

大阪大学大学院 フェロー 西村宣男

1. まえがき

1995年に発生した阪神淡路大震災では鋼構造物にも大きな被害が生じ、鋼橋の代表的な接合構造である高力ボルト摩擦接合継手にも大小様々な被害が見受けられ、中にはすべり荷重を上回る地震力を受け補修が行われた例¹⁾もある。すべりを生じた継手はボルト軸力の低下やすべり係数の一時的な低下等の現象が生じ、すべり耐力の低下が懸念される。そのため、すべり抵抗強度を上回る荷重を繰り返し作用させ、継手の諸性状を実験的に調査したが、ボルト軸力は低下するもののすべり耐力そのものは低下しないという結論が得られた²⁾。また、荷重-変位履歴曲線はすべりに伴い大きなループを描き、エネルギー吸収能を有することも示唆された。

一方、大阪大学では高力ボルト摩擦接合継手に関して、荷重増加に伴う母材および添接板の板厚減少、ボルト軸力減少、すべり挙動、すべり後の支圧状態等を再現できる弾塑性有限要素解析ソフト(SABOL)を開発している³⁾。そこで、前述した反復すべり挙動を SABOL により解析するため、基礎的な検討を行ったので以下に報告する。

2. 解析概要

解析には前述の解析ソフト SABOL を用いた。これまで SABOL は単調載荷解析に限定して使用されてきており反復挙動を解析する機能は有していなかったが、荷重反転時における摩擦面のリセット機能を追加することによって反復すべり挙動解析を実施できるよう機能拡張を行った。SABOL では摩擦面のジョイント要素に作用する鉛直方向力と水平方向力との関係より、固着、剥離、すべりの状態判定を行っているが、荷重反転時に剥離領域はそのままの状態を維持し、すべり領域が固着状態に戻るという前提で計算を進めている。

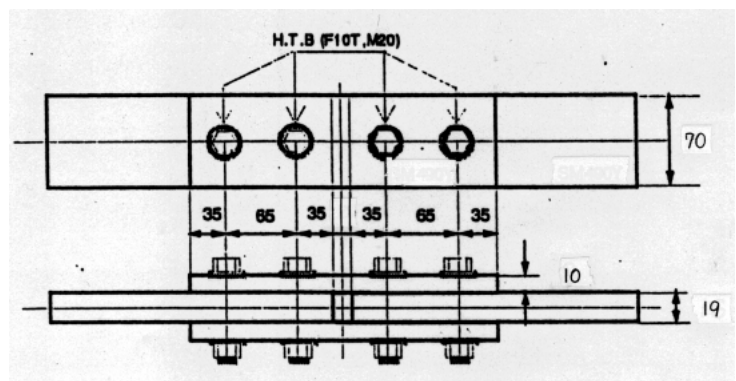


図-1 解析モデル

3. 解析モデル

解析モデルを図-1に示す。解析対象は1行2列の短冊型モデルであり、母材断面は70mm×19mm、添接板断面は70mm×10mm、鋼種はSM490Yである。また、高力ボルトはサイズM22、材質F10Tであり、初期ボルト軸力として177.9kN（標準ボルト軸力）を導入している。従って、継手パラメータは $\beta=0.82$ 、 $\gamma=1.05$ となり、すべり先行型となる。なお、構造および荷重の対称性を考慮して1/8部分モデルで解析を行っている。

キーワード：高力ボルト摩擦接合、反復すべり挙動、FEM解析、数値シミュレーション

連絡先：片山ストラテック株式会社 〒551-0021 大阪市大正区南恩加島6-2-21

TEL 06-6552-1235 FAX 06-6551-5648 E-mail : ui@katayama-st.co.jp

4. 解析結果

同じ変位振幅で10回反復してすべりを生じさせた場合の解析結果を図-2および図-3に示す。図-2はボルト軸力と荷重関係の関係を示している。縦軸は荷重を母材純断面降伏強度の設計値で除し、また横軸はボルト軸力を初期導入軸力で除し無次元化している。同図より、ポアソン効果による板厚の増減にともなうボルト軸力が増減する挙動が表現されている。また、ボルト軸力の増減は圧縮側より引張側の方が大きいことがわかる。

図-3は荷重と変位の関係を示しており、解析モデルがすべり先行モデルであるために、鋼材降伏の影響が顕著に表れず、弾性的な挙動からすべり挙動へと急激に移行している。また、すべりによる水平移動の後、荷重を反転させることにより、引張、圧縮の繰り返しすべり挙動が再現されている。

5. まとめ

大地震時を想定した高力ボルト摩擦接合継手の反復すべり挙動について、大阪大学で開発された高力ボルト継手シミュレーションソフト（SABOL）を用いて解析を行った。その結果、SABOLに荷重反転時の処理を追加することで、すべり先行型モデルの反復すべり挙動をある程度シミュレートできることが確認された。

今後は、繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式を導入して降伏先行型のモデルにも対応できるようにするとともに、同種の実験結果との比較を通して解析結果の妥当性・精度等について検討していく必要があると考えている。また、将来的には実構造物の高力ボルト摩擦接合継手を対象とした反復すべり挙動を解析的に再現できるよう機能拡張を行い、大地震時の挙動を明らかにしていきたいと考えている。

なお、本研究は（財）災害科学研究所・SABOL研究会（委員長：西村宣男）で行ったものであり、貴重なご意見をいただいた委員各位に感謝の意を表します。

《参考文献》

- 1) 山口，石原，夏秋，寺田，松尾：地震力を受けた高力ボルト摩擦接合継手の特性，第51回土木学会年次学術講演会講演概要集、1996.9.
- 2) 小林，石原，皆田，村中：高力ボルト摩擦接合の動的すべり実験，第54回土木学会年次学術講演会講演概要集、1999.9.
- 3) 亀井，池端，西村：高力ボルト摩擦接合引張継手の限界状態区分に関する解析的研究，土木学会論文集，No.584/I-42，1998.1.

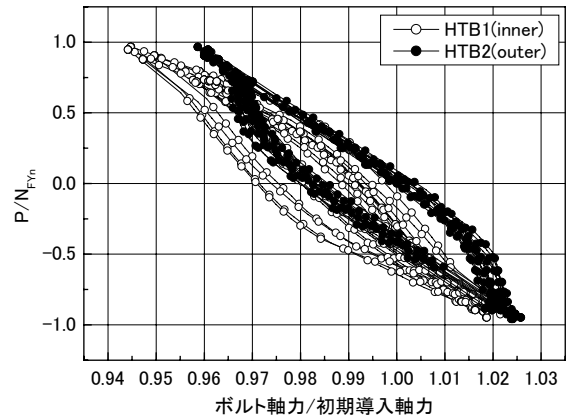


図-2 ボルト軸力-変位関係

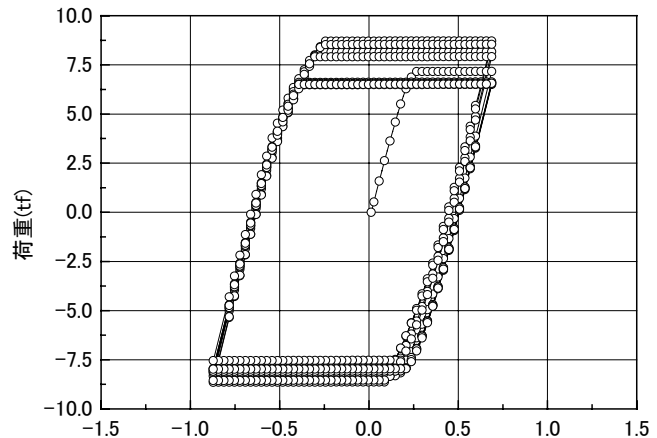


図-3 荷重-変位関係