

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検討

大阪市立大学大学院 学生員 ○橋本 国太郎

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

大阪市立大学大学院 正会員 北田 俊行

1. はじめに

現在、高力ボルト摩擦接合継手は鋼構造物の継手構造として広く利用されている。昨今の許容応力度設計法から限界状態設計法への移行の流れを考慮して、摩擦接合引張継手の限界状態に関する様々な研究が現在行われている。例えば、摩擦接合継手の限界状態の区分に関する秋山らの実験的研究¹⁾などが挙げられる。本研究では、この摩擦接合引張継手の限界状態区分に関して、母材の降伏やすべり挙動に注目してFEM解析による詳細な検討を試みた。

文献1)では、限界状態の区分としてすべり係数 μ およびすべり荷重 N_{SL} と降伏荷重 N_{Yn} との比 $\beta=N_{SL}/N_{Yn}$ を用いて分類している。本研究では、文献1)で用いられている実験供試体を基本モデルとして、この基本モデルの母材板厚および使用鋼材（降伏点）を変化させることで β を変化させたパラメトリック解析を行った。なお、FEM解析には汎用の有限要素解析コードであるABAQUS²⁾を使用した。

2. 解析モデル

基本モデルの概要とその要素分割を図-1に示す。モデルは図-1に示すように対称性を考慮して1/8モデルとした。母材および高力ボルトの応力-ひずみ関係はバイリニア型とし、ヤング率や降伏点などの材料定数は公称値および文献1)の実験値を用いた。母材および連結板に用いた要素は8節点Solid要素、高力ボルトには8節点Solid要素および6節点Solid要素を使用した。母材と連結板との接触面はすべり面を設定し境界非線形性を考慮した。表-1に解析ケースとそれぞれのケースの設定パラメータを示す。なお静止摩擦係数による違いも検討するため、母材と連結板の間の静止摩擦係数を0.4、0.45および0.50と変化させた。ただし、座金とボルト、座金と連結板の間はすべりが起こらないものとしている。

解析は、まず、高力ボルトに所定の初期導入軸力を与え、その後、母材を水平方向に引っ張るという2段階で行った。初期導入軸力は、M20の設計軸力である182kN/本を強制変位によって与えている。また、引張力も強制変位によって与えている。なお、解析は、支圧状態に移行した時点で終了した。

3. 解析結果

すべり係数 μ とすべり荷重 N_{SL} と降伏荷重 N_{Yn} との比 β との関係を図-2に示す。図中には解析結果および過去に行われた摩擦接合引張継手の実験結果も併せて示す。図-2より、解析結果では、静止摩擦係数の大きさに関わらず、 β 値が1.3付近で傾きが変化している。したがって、 $\beta=1.3$ 付近で、限界状態がすべり先行型から降伏先行型へ移行し、その結果、すべり係数が低下していると考えられる。また、静止摩擦係数については、0.45の場合がよく実験値と符合しており、解析で設定する静止摩擦係数は0.45が望ましいと考えられる。

次に、静止摩擦係数0.45の場合の、すべり先行型($\beta=0.50$)、降伏先行型($\beta=1.49$)および $\beta=1.12$ 、1.28の場合の水平荷重と水平変位との関係、水平荷重とボルト軸力との関係を、それぞれ図-3および図-4に示す。図-3には、それぞれの純断面積から計算した降伏荷重およびその1.1倍した値を併せて示す。図-3および図-4

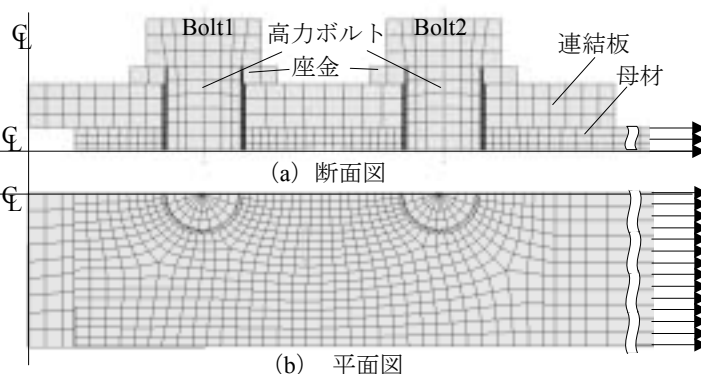


図-1 解析モデルの概要と要素分割

表-1 解析モデルと各種パラメータ

Analysis Case	Plate Thickness (mm)	Yielding Point (MPa)	Coefficient of Static Friction		
			0.4	0.45	0.5
9-490	9	399.5	0.4	0.45	0.5
10-490	10	399.5	0.4	0.45	0.5
10.5-490	10.5	399.5	—	0.45	0.5
11-490	11	399.5	0.4	0.45	0.5
12-490	12	399.5	0.4	0.45	0.5
16-490	16	399.5	0.4	—	0.5
19.5-490	19.5	399.5	0.4	—	—
27-490	27	399.5	0.4	0.45	0.5
9-400	9	235	0.4	0.45	0.5
12-400	12	235	0.4	0.45	0.5
13-400	13	235	0.4	0.45	0.5
14-400	14	235	0.4	0.45	0.5
15.3-400	15.3	235	0.4	0.45	0.5

キーワード 高力ボルト摩擦接合、すべり限界、降伏限界

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 TEL06-6605-2735

から降伏先行型 ($\beta = 1.49$) では、まず母材が降伏し板厚が減少した後、ボルト軸力 (bolt2) が減少しすべりが発生している。一方、すべり先行型 ($\beta = 0.50$) では降伏荷重を 1.1 倍した値に達する前にすべりが発生し、その後、ボルト軸力が減少している。 $\beta = 1.28$ のものでは、降伏荷重の 1.1 倍した値に達した直後にすべりが発生しており、降伏先行型と同様の挙動を示している。また、 $\beta = 1.12$ のものでは、すべり先行型と同様の挙動を示している。

4. まとめ

高力ボルト摩擦接合引張継手の限界状態の区分を、 β 値をパラメータとして FEM 解析により検討した。得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 1 行 2 列型の摩擦接合引張継手では、降伏荷重 N_{Ym} とすべり荷重 N_{SL} との比である β 値が 1.3 付近ですべり先行型から降伏先行型に移行する。より合理的な設計法を提案するために、降伏荷重を算定するための母材断面積（純断面積）の算定方法を検討する必要があると考えられる。
- 2) さらに、多様な摩擦接合引張継手の限界状態についても検討するため、千鳥配置の場合などを対象として解析する必要がある。
- 3) 本研究での解析にあたって文献を参考に定性的な解析結果の照査を行っているが定量的な照査は行っていない。したがって、解析結果の精度を検証する載荷実験が必要である。

参考文献

- 1) 秋山寿行, 亀井義典, 西村宣男, 池端文哉: 高力ボルト摩擦接合引張継手の限界状態の区分, 鋼構造年次論文報告集, 第 3 巻, pp289-296, 1995.
- 2) Hibbit, Karlsson & Sorensen, Inc.: ABAQUS / Standard User's Manual Volume I - III Ver.6.4, 2003.
- 3) 辻岡静雄, 脇山広三: 多列高力ボルト摩擦接合部のすべり耐力に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.40B, pp495-500, 1994.
- 4) 旧建設省土木研究所: 高力ボルト摩擦接合継手に関する試験調査, 土木研究所資料第 1871 号, 1982.9.

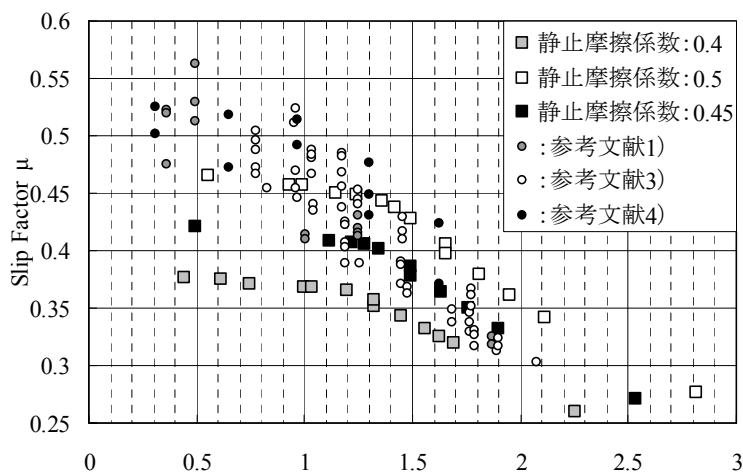


図-2 μ と β との関係

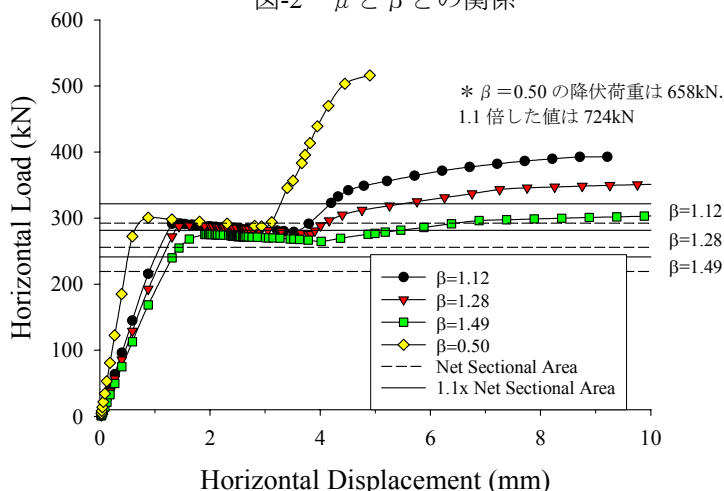


図-3 水平荷重—水平変位関係

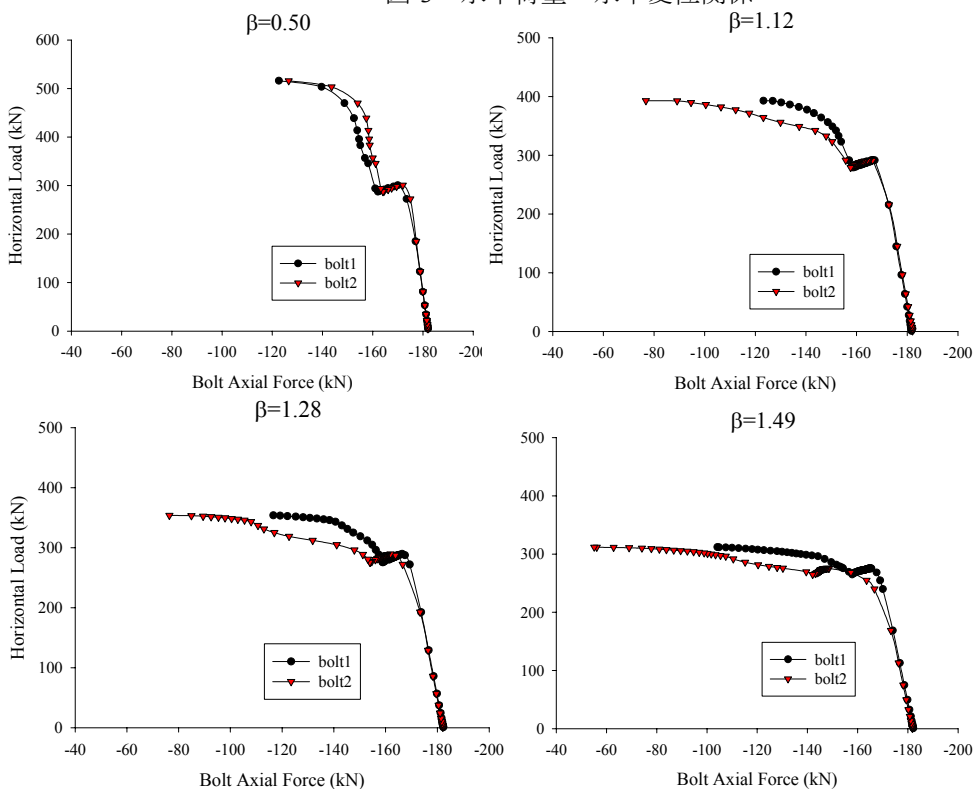


図-4 水平荷重—ボルト軸力関係