

すべり耐力式改良による引張とせん断を受ける高力ボルト継手のコンパクト化

岩手大学 正会員 ○杉本 悠真
岩手大学 学生会員 菊池 領真

岩手大学 学生会員 加藤 創士
岩手大学 学生会員 金 優奈

1. 研究目的

落橋防止構造やブレース材の継手部の多くは引張とせん断が複合的に作用する。これらの構造は耐震改修等で既設構造物のサイズ制約を受けることが多く、その継手部はなるべくコンパクトとなることが好ましい。そこで本研究では、図1の引張とせん断を受ける継手を対象に、そのすべり耐力式を改良し、継手のコンパクト化が実現可能であるかを試設計により検討した。

2. てこ反力を考慮したすべり耐力式

道示¹⁾の引張とせん断を受ける高力ボルト継手部のボルト1本あたりのすべり耐力式 P_{slip_I} は式(1)となる。

$$P_{slip_I} = \frac{V_{fyd}(nB_0 - N)}{nB_0} \quad (1)$$

ここで、 V_{fyd} はボルト1本あたりのすべり耐力の制限値で、本研究では82.8kNとする。てこ反力をすべりに抵抗する接触力成分と考えることで、式(1)のすべり耐力式を改良する。図2に引張力を受ける継手の引張力-

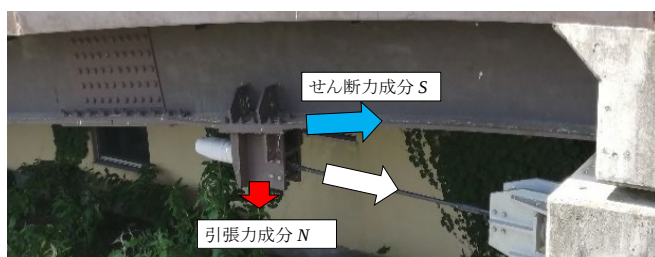


図1 引張とせん断を受ける継手の例（落橋防止構造）

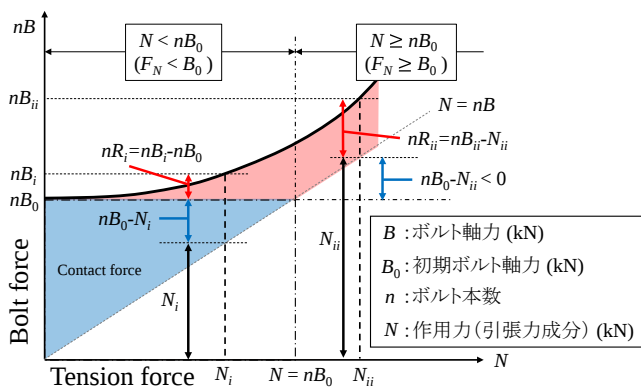


図2 引張力-ボルト軸力関係の一例

ボルト軸力関係を示す。式(1)では図2の青色の領域の接触力成分($nB_0 - N$)のみがすべりに抵抗すると考えられている。対して、著者らが提案する新すべり耐力式は、赤色の領域のてこ反力成分 nR もすべりに抵抗に寄与すると考え、すべり耐力式の改良を試みた。てこ反力成分の nR を考慮したすべり耐力式を式(2a), (2b)に示す。

$$B_0 > F_N$$

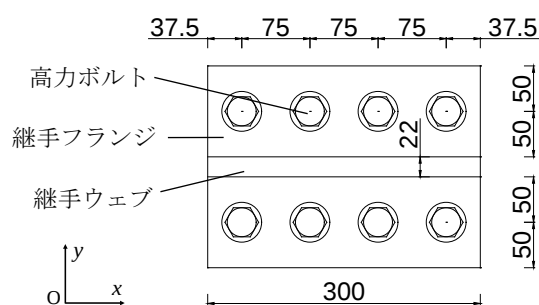
$$P_{slip_II} = \frac{V_{fyd} nR}{nB_0} \quad (2a)$$

$$B_0 \leq F_N$$

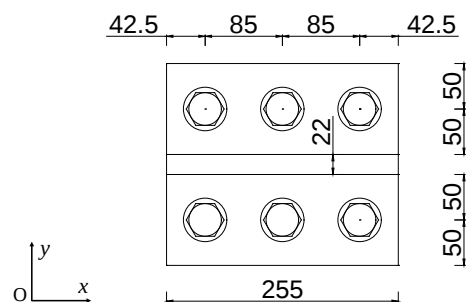
$$P_{slip_II} = \frac{V_{fyd}(nB_0 - N + nR)}{nB_0} \quad (2b)$$

3. 試設計の条件

図3(a)のType Aの継手から、式(2)のすべり耐力式を使用することで図3(b)のType Bの継手とすることができるとを検証する。Type AはM22(F10T)を8本、総継手長さ(x軸方向)が300mm、Type BはM24(F10T)を6



(a) Type A



(b) Type B

図3 検討する継手の平面図（単位：mm）

キーワード 高力ボルト引張継手, 高力ボルト摩擦接合継手, てこ反力, FEM 解析

連絡先 〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4-3-5 Mail: ysugimot@iwate-u.ac.jp TEL: 019-621-6436

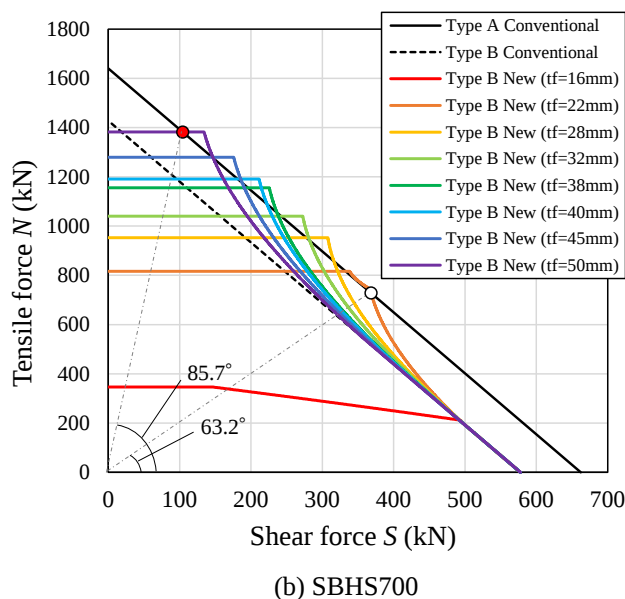
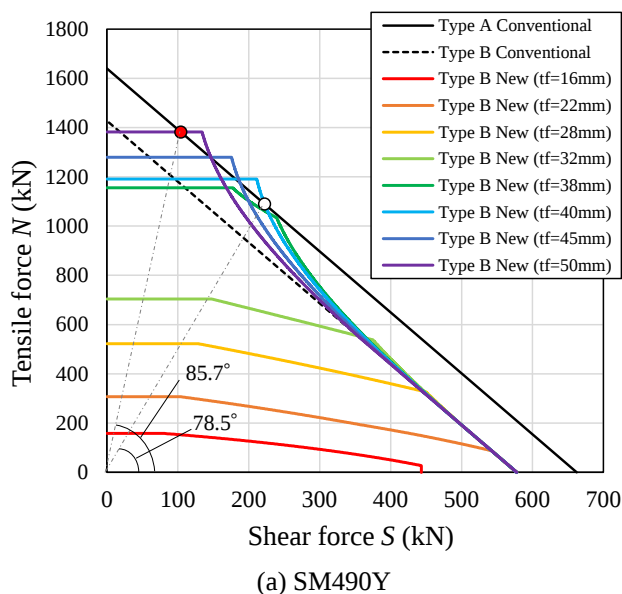


図 4 Type A と Type B のせん断-引張関連耐力曲線の比較

本, 総継手長さが 255mm となり, Type B は Type A よりもコンパクトな継手となる. Type A のすべり耐力は式(1)から算出し, Type B のすべり耐力を式(2)により算出する. ここで, 式(1)で求めた Type B のすべり耐力は Type A よりも必ず小さくなる.

試設計では, 式(1), (2)のすべり耐力式に加えて, JSSC 指針²⁾の「ボルト降伏耐力式」と「継手フランジ降伏耐力式」も考慮し, これらの中で最も小さな耐力を継手耐力とする. 式(1)はてこ反力が考慮されていないため, 継手フランジが剛であれば, ボルト降伏や継手フランジ降伏が生じず, 継手耐力が最も大きくなる. そこで, 比較対象の Type A の継手耐力を大きく評価する方針で, Type A の継手フランジは十分に剛であると仮定した. 対して, てこ反力を考慮する式(2)は, てこ反力が発生しやすい薄い継手フランジがすべり耐力向上に有利である場合がある. このため, Type B は継手フランジ板厚を 16, 22, 28, 32, 38, 40, 45, 50mm, 継手フランジ材質を SM490Y, SBHS700 と変化させて, 試設計を行った.

4. 試設計の結果

図 4 に Type A と Type B の継手耐力曲線を示す. 横軸はせん断力成分, 縦軸は引張力成分としている. 式(1)で求める Type A の継手耐力線を黒線で, 式(2)で求める Type B の継手耐力曲線を継手フランジ板厚ごとに色分けして表示している. 参考として, 式(1)から求める Type B の継手耐力線を黒点線で示した. Type B について, 特にせん断力が卓越する領域ではてこ反力が発生せず,

黒点線と着色線が重なっている. 引張力成分が大きくなるにつれて, てこ反力が生じ始め, 着色線が黒点線よりも大きくなり, すべり耐力が向上する. ここで, 着色線が黒点線の内側にある範囲は継手フランジの降伏により継手耐力が決定している. 図 4 より, 式(2)から算出された Type B の継手耐力が, 一部の区間で式(1)から算出された Type A の継手耐力を上回ることがわかった. 作用力角度 θ について, 純せん断方向を 0° , 純引張方向を 90° としたとき, Type B の継手耐力が Type A を上回るのは SM490Y で $78.5^\circ \leq \theta \leq 85.7^\circ$, SBHS700 で $63.2^\circ \leq \theta \leq 85.7^\circ$ の範囲となった. 特に, 作用力角度が小さい領域では, 継手フランジ板厚が小さい方が大きなすべり耐力を得られることがわかった. 継手フランジ板厚が小さい場合, 継手フランジ降伏がすべりやボルト降伏よりも先行しやすくなる. このため, 作用力角度が小さい領域で継手耐力を向上させるには, SBHS700 などの高降伏点鋼の適用が好ましい.

試設計から, てこ反力を考慮したすべり耐力式により, 作用力の角度によっては継手のコンパクト化が実現可能であることがわかった. 今後は FEM 解析や実験によりせん断と引張を受ける継手の力学的挙動を明らかにし, すべり耐力式の改良可能性について検討する.

謝辞

本研究は大畑財団の研究助成を受けて実施したものです. ここに記して感謝申し上げます.

参考文献

- 1) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説書, 2018
- 2) 日本鋼構造協会: 橋梁用高力ボルト引張接合設計指針, 2004.