

高力ボルト継手の終局状態におけるボルト孔径の推定方法

石川工業高等専門学校 学生会員○福田 陽介
石川工業高等専門学校 正会員 三ツ木 幸子
石川工業高等専門学校 正会員 高井 俊和

1. はじめに

これまでに著者らは、高力ボルト継手のすべり発生以降に、降伏および塑性変形でエネルギー吸収に期待ができることに着目し、継手の引張載荷試験を行ってきた[1-4]。ボルト孔の変形量および最大荷重からエネルギー吸収量を評価し、またその算定法についても検討を行ってきた。しかし、従来のエネルギー吸収量の算定では、ボルト孔変形量を予測できず、測定する必要があった。

そこで本研究では、設計段階でボルト孔変形量が予測可能になるように、これまで行ってきた継手の引張載荷試験で得た最大荷重とボルト孔変形量の関係からボルト孔変形量を推定する式の検討を行った。

2. 分析ケース

本研究では、これまでに行ってきた継手の引張載荷試験[1-4]のうち、片側1本ボルトでボルトのせん断破断を起こした試験を対象にボルト孔変形量の予測式の検討を行った。表1に試験ケースの一覧を、図1に試験体形状の例を示す。

3. 分析方法

3.1 継手に発生する応力

本研究では、載荷試験で得たボルト孔変形量と最大荷重から得られる各種断面の応力から回帰分析により関係性の検討を行った。

継手に発生する応力である純断面引張応力 σ_n 、縁端せん断応力 τ_e 、支圧応力 σ_b のうち純断面引張応力と縁端せん断応力に着目し回帰分析を行った。応力は荷重 P_u 、板幅 B 、板厚 t 、ボルト孔径 ϕ 、ボルト径 d 、縁端距離 e を用いて次の式で求めた。

$$\sigma_n = P_u / ((B - \phi) * t) \quad (1)$$

$$\tau_e = P_u / (2 * (e - \phi/2) * t) \quad (2)$$

3.2 応力の無次元化

試験体により降伏応力度が異なるため、降伏応力度の差が回帰分析の結果に影響を与えないよう、各応力を降伏応力度で除して無次元化した値を用いた。これらを純断面引張強度 x_1 、縁端せん断強度 x_2 とする。

$$x_1 = \sigma_n / \sigma_y \quad (3)$$

$$x_2 = \tau_e / \tau_y \quad (4)$$

なお、降伏応力度 σ_y はミルシート値を用い、降伏せん断応力 τ_y は以下の式で算出した値を用いた。

$$\tau_y = \sigma_y / \sqrt{3} \quad (5)$$

4. 回帰分析結果

図2および図3に示すボルト孔変形量と各強度の関係から、重回帰分析により次に示す関係式が得られた。

$$\delta = 14.78x_1 + 4.62x_2 - 9.37 \quad (6)$$

ここで、

δ : ボルト孔変形量の予測値

なお、重決定係数 R^2 は0.90となった。式(6)をボルト孔変形量の予測式として考察を行う。

表1 試験ケース

母板板厚 (mm)	添接板厚 (mm)	板幅 (mm)	縁端距離 (mm)	孔径 (mm)	鋼種	軸力
19	11	120	60	24.5	SS400	あり
22	12		40	22.5	SM400A	あり
28	16		60		SS400	あり
					なし	

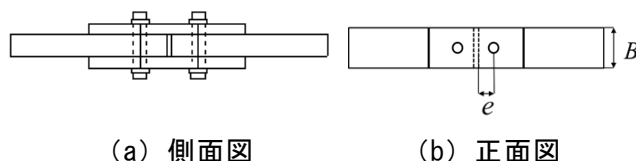


図1 試験体形状

キーワード：高力ボルト継手、終局挙動、ボルト孔変形量、回帰分析

連絡先：〒920-0392 石川県河北郡津幡町北中条タ1 石川工業高等専門学校 TEL：076-288-8163

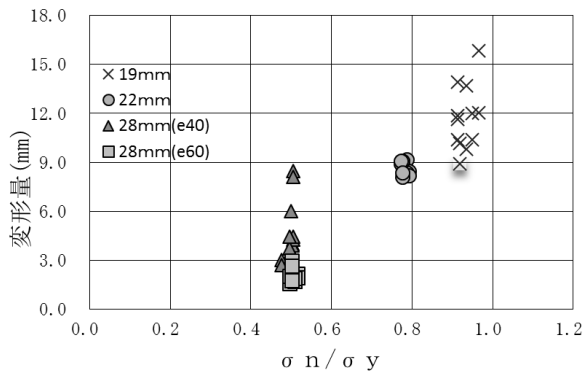
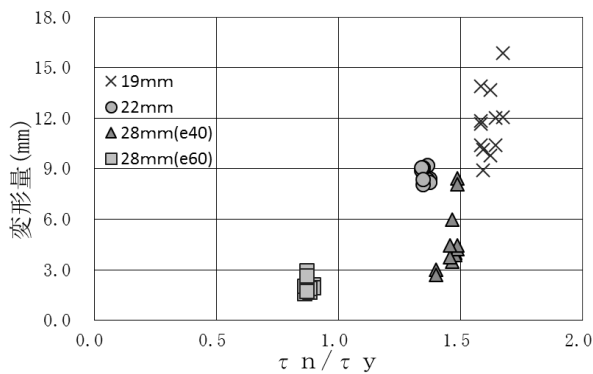
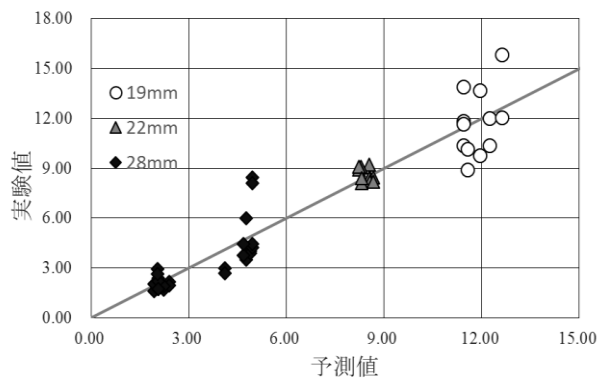
図2 変形量と x_1 の関係図3 変形量と x_2 の関係

図4 実験値と予測値の比較 (ボルト破断)

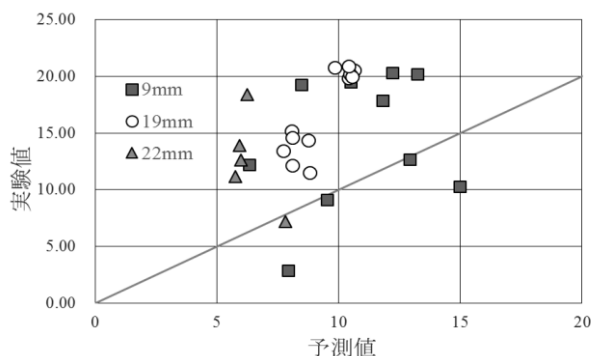


図5 実験値と予測値の比較 (縁端破断)

5. 予測式と試験結果の比較

式(6)に試験結果からの x_1 , x_2 を代入して得られる値 δ をボルト孔変形量の予測値とする. 1本ボルトでボルト破断したケースの実験値と予測値の比較を図4に, 縁端破断のケースの比較を図5に示す. 図中の直線は, 実験値=予測値を示す.

図4に示すケースでは, ほぼ直線上に分布しており, 予測値と実験値が近い結果となった.

一方, 図5に示すケースでは直線に対し幅広く分布しており, 予測値より実験値の方が大きいものが多い. この原因の一つとして, 最大荷重時の純断面引張や縁端せん断の応力レベルが, 縁端破断では高いことが考えられる. 今後の検討においては, この影響についてさらに検討する必要があると考えられる.

6. まとめ

本研究では, 1本ボルトでボルト破断を起こしたケースの継手の引張载荷試験の結果をもとに, ボルト孔変形量と最大荷重時の各断面の応力の重回帰分析を行い, ボルト孔変形量を予測する式の検討を行った.

- (1) ボルト孔径の変形量を予測する式は重決定係数が0.90と高い結果が得られた.
- (2) 予測式で得られるボルト孔変形量は, 縁端破断したケースにおいて, 実験値より小さい傾向にあった.

参考文献

- [1] 高井俊和, 山口隆司, 三ツ木幸子, 西川真未: 高力ボルト継手の終局挙動における孔変形に着目した2, 3の考察, 構造工学論文集, Vol.60A, pp.694-702, 2014.3
- [2] 舟山耕平, 三ツ木幸子, 前田啓伸: 板厚19mmの高力ボルト継手の終局挙動に関する実験的研究, 土木学会第70回年次学術講演会講演概要集, I-488, pp.975-976, 2015.9
- [3] 山本公男, その他: 母板厚22mmの高力ボルト継手の終局挙動に関する実験的研究, 土木学会中部支部研究発表会, I-002, pp. 3-4, 2016.3
- [4] 三ツ木幸子, 舟山耕平, 加古知也, 寺本圭吾, 前田啓伸: 板厚28mmの高力ボルト継手の終局挙動に関する実験的研究, 土木学会第70回年次学術講演会講演概要集, I-489, pp. 977-978, 2015.9