

既設リベット橋のウェブ継手に使用された熱間鍛造リベットの機械的性質

熊本大学大学院自然科学教育部 学生会員 秦 子策

徳島大学社会産業理工学研究部 正会員 森山 仁志

熊本大学大学院自然科学教育部 正会員 松村 政秀

1. 研究背景および目的

補修・補強の対象となる高齢橋梁の鋼部材接合部にはリベット接合が採用されていることが多く、架設時期によっては部材自体もリベットにより集成されている。リベットはその凹凸形状から腐食しやすく、部材・継手要素あるいは橋梁全体の健全性に影響を与える。

腐食損傷したリベット継手・集成部材の耐荷性評価には、応力－ひずみ関係などリベットの機械的性質の情報が必要となるが、調査された事例は少ない。そこで本稿では、既設ランガー桁橋ウェブ継手¹⁾に使用されたリベットの機械的性質を、材料試験により調査した。

2. 既設リベットの引張材料試験

穿孔機器（日東工器（株）製：アトラエース A-35）を用いて、ウェブ継手から材料試験片加工用のコアを採取した。採取コアを機械切削し、図-1に示す14A号試験片²⁾を製作した。平行部中央には載荷軸方向に塑性ひずみゲージ（（株）東京測器研究所製：YFLA-2-3-LJCT-F）を貼付けた。

材料試験は500kN精密万能試験機（MTS Systems Corp. 製：Landmark 油圧サーボ試験システム Model 312.41）を用いて変位制御で実施した。各供試体に対して予備載荷（0MPaから約105～140MPaまで）を行い、曲げひずみと軸ひずみの比率が10%未満となる試験条件を確保した。予備載荷後は約4.5MPaまで一度除荷し、本載荷に移行した。本載荷の変位速度は、予備載荷完了時の応力 σ －ひずみ ε 関係を基に算出した弾性係数を参照し、応力速度が2MPa/sになる値に供試体ごとに設定した。応力速度がJIS Z 2241²⁾の最小速度3MPa/sより小さいのは、同じ桁から切出したリベット要素継手の引張実験¹⁾の載荷速度と対応させるためである。

3. 実験結果およびその考察

リベット材の応力 σ －ひずみ ε 関係を図-2、無次元化した応力 σ/σ_y －ひずみ $\varepsilon/\varepsilon_y$ 関係を図-3にそれぞれ示す。材料試験により得た機械的性質は度数分布（図-4）として整理した。伸びと引張強度の度数分布については、JIS

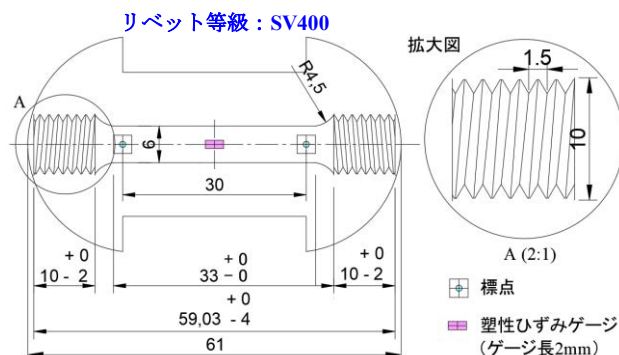


図-1 14A号材料試験片（単位：mm）

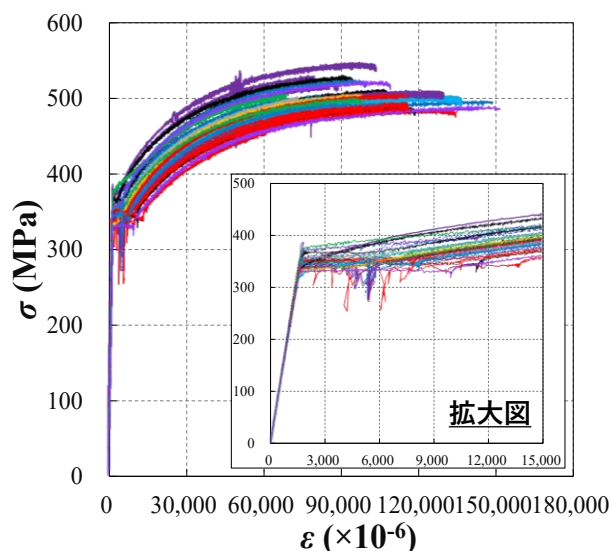


図-2 応力 σ －ひずみ ε 関係

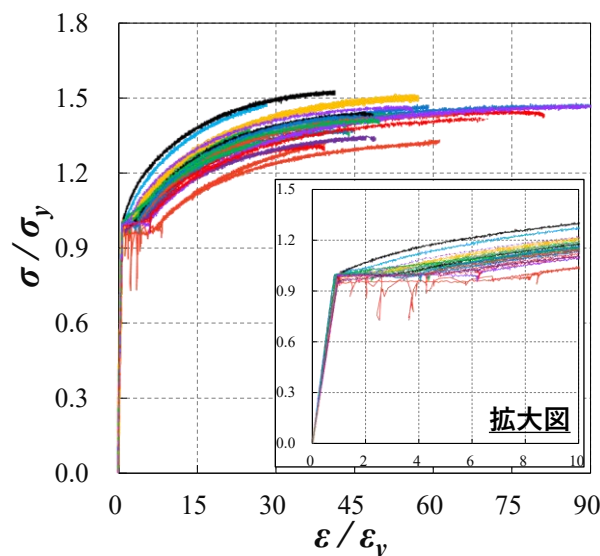


図-3 無次元化応力 σ/σ_y －無次元化ひずみ $\varepsilon/\varepsilon_y$ 関係

キーワード：リベット、機械的性質、応力－ひずみ関係、施工誤差

連絡先 〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1 熊本大学大学院 自然科学教育部 TEL: 096-342-3546

G 3104³⁾が定める規定値を破線で示している。

リベット SV400 の σ - ε 関係は、SS400 や SM400 のそれと同様の概形を示した。加工硬化係数 $H = d\sigma/d\varepsilon$ は、 σ - ε 関係の概形から判断するにばらつきは小さいと予想される。一様伸び(引張強度 σ_t 時のひずみ)は 10~15% であった。以上より、リベットの材料構成則は、5%程度のひずみを対象としたバイリニア型 ($H=E/100$, E : 弾性係数) よりも、降伏棚を有するトリリニア型、マルチリニア型の適用が望ましいと考えられる。

弾性係数 E はいずれの供試体においても 200GPa を超え、平均値は約 209GPa であった。上降伏点 σ_{yu} と 0.2% オフセット耐力 $\sigma_{y0.2}$ はいずれも 320MPa を超え、平均値はいずれも約 356MPa であった。一部の供試体では、 σ_{yu} が 400MPa を超えるものも確認された。

硬化開始ひずみ ε_{st} は降伏ひずみ ε_y の約 1~9 倍ほどあり、機械的性質の中では最もばらつきが大きかった。

引張強度 σ_t については、JIS が定める規定値に収まる供試体は少なく、多くの供試体で 490MPa より大きい。伸びについても同様であり、規定値 28% を超える供試体は少なかった。これらの結果は、リベットが現場鍛造されていたこと、リンP・硫黄Sのみ含有量が制限されており種々の非金属・金属元素が混入していたことが関係していると推察している。絞りは平均値が約 70 であり、十分な延性が有していることが確認された。

4. まとめ

以下に、本研究で得られた結果をまとめる。

- 1) リベット SV400 の応力 σ -ひずみ ε 関係は、SS400 や SM400 のそれと同様の概形を示した。また、一様伸びが 10~15% であったことから、材料構成則は降伏棚を有するトリリニア型、マルチリニア型とするのが望ましいと考えられる。
- 2) 引張強度 σ_t および伸びは JIS G 3104 の規定範囲を満足する供試体は少なかった。

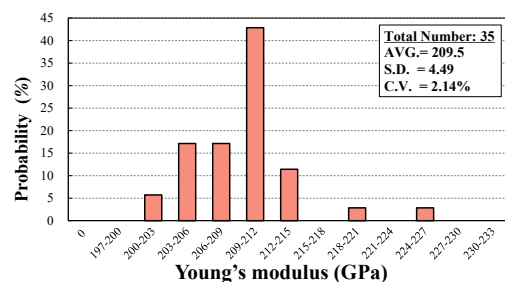
今後は、調査橋梁を増やし、機械的性質と含有成分の関係を解明、材料構成則の提案を行う予定である。

謝辞

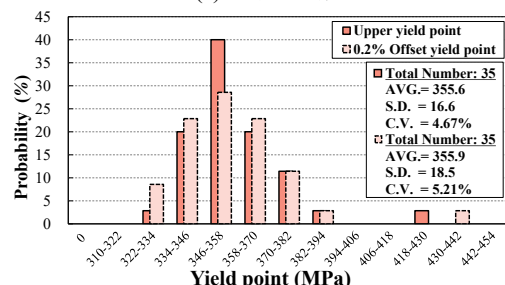
本研究は(一社)日本鋼構造協会の 2021 年度鋼構造研究助成および JSPS 科研費(課題番号: JP19K15076)を受けて行った。ここに記し、謝意を表す。

参考文献

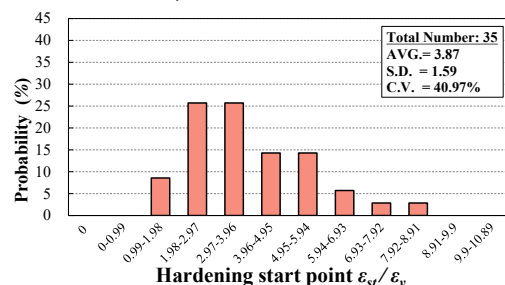
- 1) 森山仁志, 否笠弘実, 秦子策, 松村政秀: 連結板際部で母板が腐食したリベット継手の片側溶接補強, 鋼構造年次論文報告集, Vol. 29, pp.58-65, 日本鋼構造協会, 2021.
- 2) 日本産業規格: 金属材料引張試験方法, JIS Z 2241, 2022.
- 3) 日本工業規格: リベット用丸鋼, JIS G 3104, 2004.



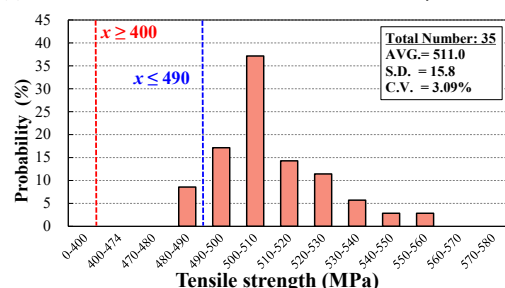
(a) 弾性係数 E



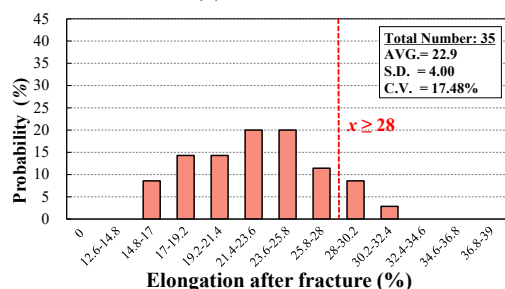
(b) 上降伏点 σ_{yu} および 0.2% オフセット耐力 $\sigma_{y0.2}$



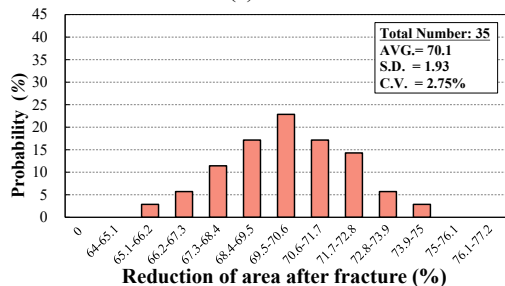
(c) 硬化開始ひずみ ε_{st} と降伏ひずみ ε_y の比率



(d) 引張強度 σ_t



(e) 伸び



(f) 絞り

図-4 機械的性質の度数分布