

# 腐食したリベット継手の残存強度に関する研究

広島大学 学生会員 ○山下 泰勲

広島大学 正会員 藤井 堅

## 1. はじめに

現在, 架設後 50 年以上が経過した橋梁のリベットには際立った腐食損傷が現れ始めている. 特に塗装しにくいリベット本体や滞水しやすい添接板の腐食が顕在化し, その補修・補強対策は維持管理の重要課題となっているが, リベットに関する研究データはまだ少ない. 特に部材同士の応力伝達を目的として用いられている耐力リベットが腐食によって減肉している場合, 継手の強度低下が懸念されるため, 耐力リベットが腐食している継手部材の残存強度を明らかにすることは極めて重要である.

そこで本研究では実際に供用されていた橋梁からリベット継手を切り出し, リベット頭部や母材が腐食した際にリベット継手の残存強度評価を行う.

## 2. リベット継手の一面せん断試験

### 2.1 実験供試体

今回の試験で用いた供試体を, Fig.1 に示す. 腐食の進展状況の激しいもの, 腐食がほとんど進んでいないものなどさまざまな供試体の強度を明らかにするために, 今回の実験供試体数は 10 体とした. しかし, 母材やガセットプレートが腐食したものは多く見られたが, リベット頭部が腐食したものはほとんどみられなかった. このことから今回の供試体のうち 3 体はリベット頭部を削り取ることによって腐食を人工的に模擬することにした(Fig. 2). リベット頭部が健全のものは  $h/h_0=1$  であり, 完全に腐食したものは  $h/h_0=0$  であり, 高さの比が 0 に近づくにつれ腐食の進展が進んでいることを示している.

荷重は, 100tf の万能試験機を用いて, 板状にしたアングル部材の両端を持ち, 変位制御にて供試体が破壊するまで引張り試験を行った.

### 2.2 実験結果

今回の実験結果をまとめたものを Table-1 に示す. この節では破壊形式ごとに破壊原因の考察をおこなう.

#### (1)-a リベット頭部が健全な供試体( $h/h_0=1$ )

リベットがせん断破壊した供試体のせん断力-変位曲線を Fig. 4 に示す. また, Fig. 5 にリベットに作用したせん断力とずれの関係図を示す. Fig.4 を見ると荷重開始時

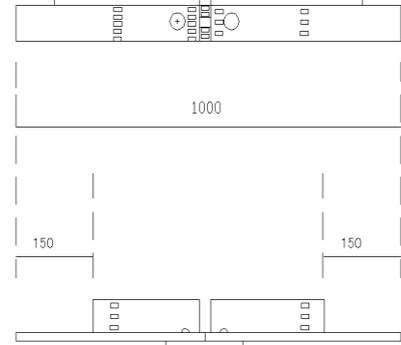


Fig.1 供試体概要

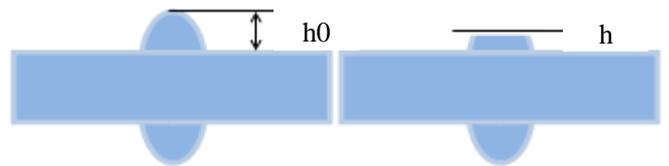


Fig. 2 腐食損傷の模擬

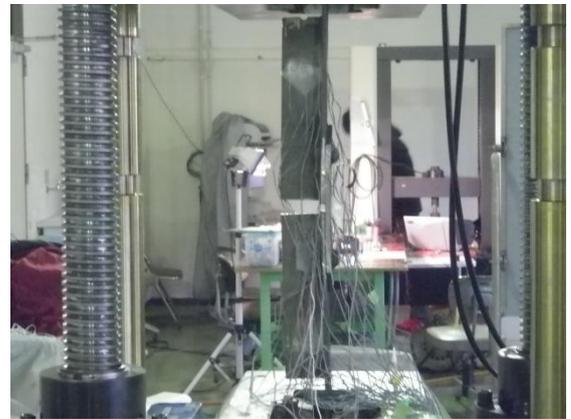


Fig. 3 荷重中の供試体

Table-1 実験結果一覧

供試体No.	最高荷重(KN)	リベット健全度( $h/h_0$ )	破壊形式
1	121.8	1	ガセット破断
2	133.7	1	チャック部で破壊
3	139.7	1	リベットせん断破壊
4	106.5	1	ガセット破壊
5	138.4	1	リベットせん断破壊
6	137	1	リベットせん断破壊
7	145.2	1	リベットせん断破壊
8	149.5	0.5	リベットせん断破壊
9	142.1	0.25	リベットせん断破壊
10	113.4	0	リベットの抜け

にチャック部のすべりが確認できるが、それ以降は荷重が90kNに達するまで線形的な増加を示し、その後90kNを超えてからは伸び剛性が低下していることが確認できる。また、Fig. 4からは、供試体に90kNが作用した際、リベットに大きなずれが生じていることが確認できる。

この原因としては、リベットが降伏していた可能性が考えられる。あるいは、母材が降伏する支圧力を算出すると、77kNとなっていることから、母材が降伏したことによって、ずれが大きくなった可能性も考えられる。

**(1)-b リベット頭部が腐食している供試体(h/h0≠1)**

リベット頭部の腐食を模擬した供試体で実験を行った際に得られたせん断力-ストローク曲線を Fig. 6 に示す。緑、橙、青色で示すのが、それぞれ健全度が0.5,0.25,0(0に近いほど腐食が激しい)のものである。なお、健全なものと比較するためにリベットが腐食していない(健全度=1)供試体 No.5 の実験結果も合わせて示す。健全度が0.5,0.25のものはそれぞれ腐食の程度は異なるが、リベットが健全なもの比べて最大荷重が低下することはなかった。

しかしながら、リベット頭部が完全に損傷しているNo.10をみると明らかに最大荷重が低下していることがわかる。これはNo.10がせん断破壊する前に、ガセットからリベットが抜け出したことが原因である。Fig. 5を見ると、供試体No.10は伸び剛性が80kNと95kNの2か所で変化していることが確認できるが、伸び剛性変化①が生じているのはNo.10のみである。これはリベットに作用する引張力がリベットの軸力による摩擦抵抗よりも大きくなり、ガセットから徐々にリベットが抜け出しはじめたためであると考えられる。その後90kNの際に再び伸び剛性変化(②)が生じているが、他の供試体も、90kNのせん断力がリベットに作用した段階で伸び剛性が変化していることから、剛性変化②はリベットや支圧力を受ける母材が降伏し、変形しやすくなったことによって伸び剛性が低下したことが原因であると考えられる。

以上の結果から、たとえリベット頭部が高さ方向に50%、75%減肉していたとしても供試体の伸び剛性や、リベットのずれに大きな影響を及ぼすことはないが、リベット頭部が全損している場合、母材やガセットからリベットが抜け出すことによる終局強度の低下を懸念する必要があると言える。

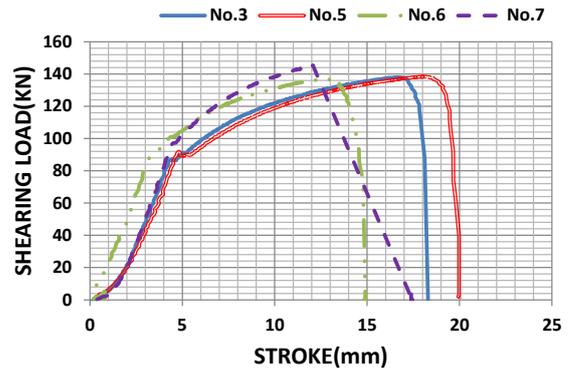


Fig. 4 せん断力-ストローク曲線

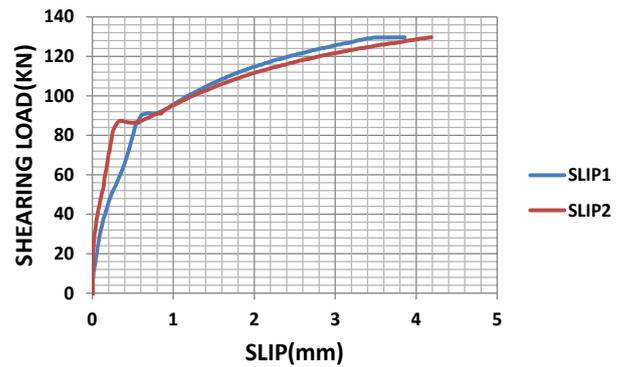


Fig. 5 せん断力-ずれ曲線(供試体 No.3)

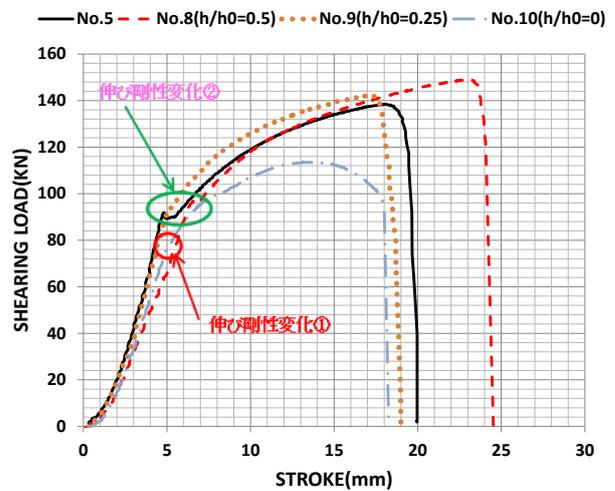


Fig. 6 せん断力-ストローク曲線

**(1)-c ガセットの破壊について**

今回、一面接合されたリベット継手の引張試験を10体行ってきたが、ガセットが破壊したものもあった。原因を解明するために試験が終了した供試体の破断面を切り出して成分分析と破断面観察を実施した。

破面観察では、マクロ破面上で破断面中央に凹凸が確認された。そして、その凹凸から放射状にき裂が進展し

た様相を示していた。走査型電子顕微鏡（SEM）でその凹凸部を拡大観察した結果、破面中央の凹凸部には起点因子である片状の介在物が観察され(Fig. 7)、その周囲を含む破面の大部分は粒内へき開破面（脆性破面）を示していることがわかり、裏面側の一部で伸長ディンプル（延性破面）が観察された。

また破断面観察に加えて、表面ブリーチによる組織観察も併せて行ったが、その結果、組織は炭素鋼の標準組織であるフェライト+パーライト組織を示していることがわかった。

このことから炭素量が多く含まれていることによって脆性破断が生じたとは言えない。

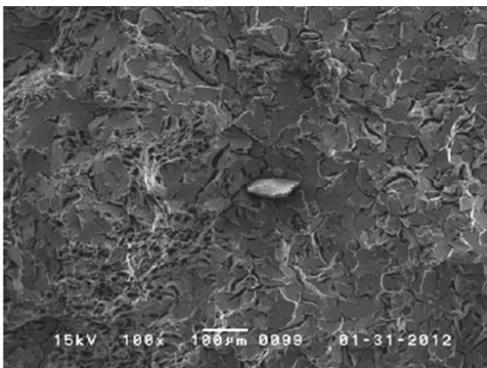


Fig. 7 破断面で確認された介在物

### 3. 結論

- (1) 耐力リベットの場合、頭部が腐食によって高さ方向に減肉していたとしても降伏応力や、終局耐力に影響を及ぼすことはないが、リベット頭部が腐食によって完全になくなっている場合、引張力がリベットの軸力による摩擦力を越えることによって、母材やガセットなどからリベットが抜け出す可能性がある。今回の実験の場合、終局強度は 2 割程度減少していた。
- (2) 100 年以上前に建設された橋梁の部材には偏析が起こっているものがあり、大きな介在物が存在することによって、それが破壊の起点となり脆性的に破断する可能性がある。

### 参考文献

- 1) 木村元哉, 中山太士, 松井繁之: 腐食桁におけるリベットの継手強度と高力ボルト置換に関する基礎的研究, 構造工学論文集 vol.55A
- 2) 柿本祥子, 藤井堅, 皆田理, 勝野壽男, 梶本勝也, 田

中雅人: 腐食したリベットの HT ボルト取りかえ補修における継手の力学挙動, 土木学会第 57 回年次学術講演会, 平成 14 年.

- 3) 平井, 藤井堅: 高力ボルトを用いたリベット継手の補修における研究, 卒業論文.
- 4) 池端文哉, 西村宣男, 亀井義典, 秋山寿行: 母材降伏先行型の高力ボルト摩擦接合引張継手の強度特性. 土木学会第 51 回年次学術講演会, I-A348, 1996.