

リベット頭部が損傷したリベット継手の疲労強度に関する実験的研究

三菱重工鉄構エンジニアリング株式会社（研究当時大阪市立大学）

学生会員

○堀

嗣輔

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

松村

政秀

京都大学大学院

正会員

橋本

国太郎

1. 研究背景および目的

リベット接合は、高力ボルト接合や溶接接合が使用される以前では一般的に使用されていた接合方法である。現存するリベット接合は、架設時から 50 年以上経過したものが多く、リベット頭部がほぼ全てなくなる腐食や、疲労き裂、リベットの緩みといった経年劣化の事例も報告されている。このような経年劣化したリベット構造物に対し適切な補修・補強を行うためには、リベットに関する技術情報の蓄積が必要である。リベットでは軸力を管理して導入するという概念はないため、摩擦抵抗力を考慮せずに設計される。そのため、リベット頭部が損傷しても終局耐荷力には影響がないと考えられている。一方、疲労強度は、実際の疲労試験結果を元に設計基準が定められており、その結果には摩擦抵抗の影響が含まれていると考えられることから、リベット頭部損傷による疲労強度の低下が問題となる。

本研究では、リベット頭部の腐食損傷状況に着目し、リベット頭部の損傷量とリベット軸力の減少率の関係を明らかにした後、リベット頭部を損傷させたリベット継手の疲労試験を行い、リベット頭部の損傷状態からリベット継手の残存疲労強度を評価することを目的としている。

2. リベット軸力計測

2.1 実験方法

リベット頭部が損傷することによる作用軸力の減少率および健全状態での作用軸力を実験により評価する。実験では図-1 に示すような新規に製作したリベット 4 本（内 1 本は打ち損じ）に対し水平損傷を

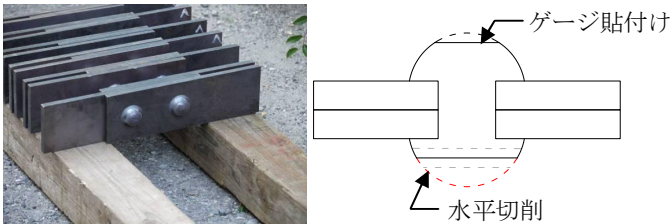


図-1 実験供試体および計測方法

導入し、各損傷度における軸力を計測した。計測方法は片側のリベット頭に 3 軸ゲージを取り付け、反対側のリベット頭部を徐々に切削し、各損傷量におけるひずみの計測を行う。リベット頭部を全て切削した後、板からリベットを抜き取り、リベットのキャリブレーション試験を行うことで荷重とひずみの関係を求め、切削時のひずみから作用軸力を算定した。

2.2 実験結果

表-1 に軸力計測結果を、図-2 にリベット頭部高さ と軸力減少率の関係を示す。図-2 よりリベット頭部損傷が大きくなるにつれて、軸力が減少している。ただし、打ち損じのリベットは他のリベットと低下傾向が異なっている。これは打ち損じリベットの作用軸力が小さいこと、打ち込み後のリベット軸径が小さいことなどが原因と考えられる。また、リベット頭部高さが健全状態の 8 割程度になっても、元の軸力の 50%程度しか減少していないことがわかる。

3. 疲労試験

3.1 試験方法およびケース

疲労試験は図-3 に示すように 2 面せん断リベット継手の片側のリベット頭部を切削した 2 ケース（8 割損傷と全損）および、健全状態の計 3 ケースに対し行った。

表-1, 軸力計測結果

	軸径 (mm)		軸力 (kN)	軸力/軸降伏荷重
	打ち込み前	打ち込み後		
リベット1	22.00	23.36	47.91	0.41
リベット2	22.00	23.27	40.15	0.35
リベット3	22.00	23.37	50.40	0.43
リベット4	22.00	23.13	15.68	0.14

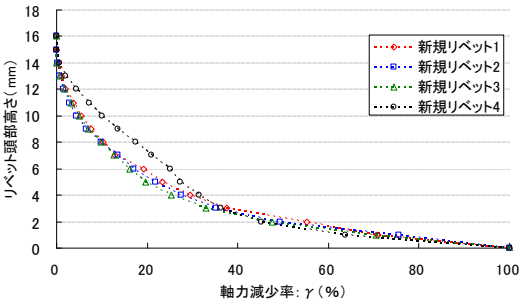


図-2 軸力減少率

キーワード：リベット，腐食損傷，疲労強度，軸力

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 Tel：06-6605-2735）

応力範囲は、供試体の木端面に貼ったひずみゲージの値より算定している．その他の試験条件は、応力比：0.1、波形：sin 波であり、継手が破断するまで載荷を行い、500 万回まで破断しなかった場合は応力範囲を上げて試験を行った．実験状況を図-4 に示す．

3.2 疲労試験結果

表-2 に疲労試験結果を、図-5 に S-N 線図を示す．図-5 より、リベット頭部損傷により疲労強度が低下していることがわかる．本試験結果によると、健全状態では JSSC の継手分類 E であるのに対し、軸力が約 50% 減少する 8 割損傷では継手分類 G と 2 ランク低下、全損では継手分類 H と 3 ランク低下している．また、疲労限応力範囲が大きく、繰り返し回数が 200 万回を超える疲労破断は確認できなかった．

4. 結論

リベット頭部が損傷することによる軸力減少率および疲労強度の変化を実験により検討し、得られた結果を以下に示す．

- 1) リベット軸力の計測の結果、健全時においては降伏軸力の約 35%～45%の軸力が導入されていることがわかった．また、リベット頭部高さが初期の半分となった場合においても、その軸力低下量は約 10%にとどまっており、残存するリベット頭部の高さが 2mm の場合、約 50%の軸力低下量となっていることが分かった．
- 2) 2 面せん断リベット継手の疲労強度は、リベット頭部が損傷するに伴い低下する．今回実験したリベット継手では、リベット頭部が水平に 8 割損傷したとき JSSC の設計基準で 2 ランク低下、全損状態で 3 ランク低下している．
今後は、供試体数を増やすとともに異なる形状の継手、特に偏心が発生する 1 面せん断継手や、母材も腐食損傷した状態に対する検討が必要である．

参考文献

- 1) Björn Åkesson : Fatigue Life of Riveted Steel Bridges CRCPress, 2010.
- 2) 日本鋼構造協会接合小委員会, 社団法人鋼材倶楽部 : 鋼構造接合資料集成ーリベット接合・高力ボルト接合一, 技法堂出版株式会社, 1997.3.1

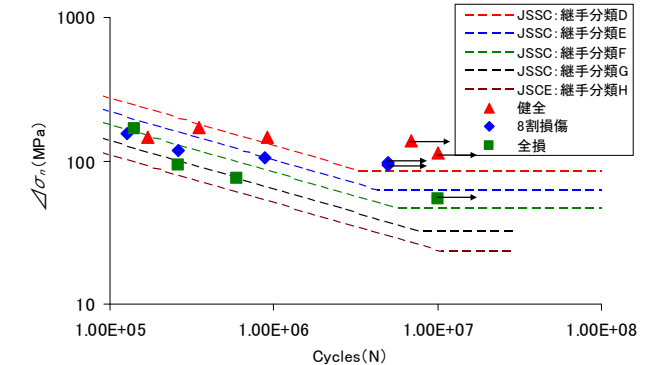
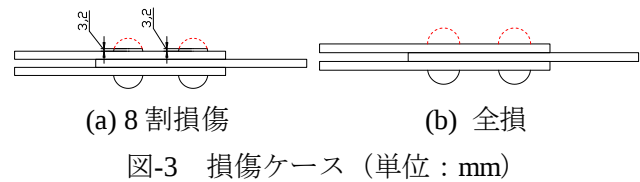


図-4 疲労試験状況

図-5 S-N 線図

表-2 疲労試験結果のまとめ

載荷速度 (Hz)	頭部形状	応力比	公称応力範囲 (MPa)		試験結果		
			試験機設定値	木端面ひずみ による補正値	破断回数 (N)	結果	備考
10	健全	0.1	270	171	346,832	破断	健全: 公称応力範囲200MPaの試験後供試体を使用
10			260	151	169,548	破断	健全: 公称応力範囲230MPaの試験後供試体を使用
10			250	145	913,443	破断	-
10			230	138	6,900,000	未破断	-
10			200	113	10,000,000	未破断	-
10	8割損傷		250	153	127,580	破断	8割損傷: 公称応力範囲170MPaの試験後供試体を使用
10			230	119	260,000	破断	8割損傷: 公称応力範囲170MPaの試験後供試体を使用
10			200	106	889,125	破断	-
10			170	97	5,000,000	未破断	-
10			155	94	5,000,000	未破断	-
5	全損		200	166	140,237	破断	全損: 公称応力範囲100MPaの試験後供試体を使用
10			200	93	262,177	破断	-
10			155	76	598,633	破断	-
10			100	55	10,000,000	未破断	-