

リベット頭部が腐食損傷したリベット集成部材の曲げ耐荷力に関する実験的研究

大阪市立大学工学部 学生員 ○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
 新構造技術株式会社 正会員 三ツ木 幸子

1. 研究背景および目的

リベット集成部材からなる鋼リベット橋には、架設後 60 年以上経過したものが多く、腐食による損傷などが報告されている¹⁾。しかし、腐食劣化したリベット接合部の耐荷力に関する、基礎的な実験は実施されているものの、腐食の程度と接合部耐力の関係や、集成部材としての耐荷力については、明らかにされていないのが現状である。そのため、鋼リベット橋の補修の必要性の判断や適切な補修を施す上でも、損傷を受けたリベット集成部材の耐荷力特性を明確にする必要がある。そこで、本研究では、リベット頭部が腐食損傷したリベット集成部材の曲げ耐荷力について実験結果をもとに検討するとともに、腐食損傷を受けていない健全な部材と比較することで、リベット頭部の損傷が集成部材の曲げ耐荷力に及ぼす影響を検討している。

2. リベット集成部材の曲げ実験

2.1 供試体およびリベット損傷パターン

実験には、約 50 年間の供用後、撤去された滝谷川橋より切り出された横桁(リベット集成部材・I 桁)を 2 本使用する(写真-1 および写真-2)。なお、本橋の撤去理由は歩道の増設という橋の機能向上に関わるものであり、腐食損傷や、疲労き裂などの損傷は認められず、桁は健全な状態であった。本研究では、2 対のうち 1 対のリベット頭部に人為的に損傷



写真-1 滝谷川橋



写真-2 切り出した横桁

を与え、1) 損傷なし (P-1)、2) 損傷あり (P-2) の 2 体の供試体を準備した。ここで、供試体 P-2 では、リベット頭部が腐食損傷した状態を模擬し、文献 2) を参考にして、上下フランジに配置されているリベット頭部の上面のみを図-1 に示のように、リベット頭高さの 8 割以上をグラインダーにより削り取った。損傷ありと損傷なしのリベット頭部を写真-3 に示す。

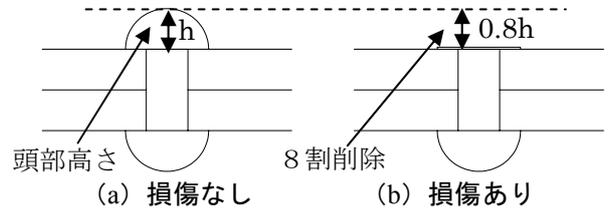


図-1 リベット頭部の損傷



(a) 損傷なし (b) 損傷あり

写真-3 リベット頭部の比較

2.2 載荷方法および計測項目

載荷には京都大学が所有する 5,000kN 載荷試験装置を使用した。図-2 に示すように 4 点載荷により供試体の中央パネルに純曲げモーメントを漸増させる。計測項目は、桁中央および支点のたわみ、リベット周りおよびウェブのひずみを計測した。載荷は、荷重が増加せず、たわみのみが増加し、それ以上荷重を載荷できなくなる時に終了することとした。

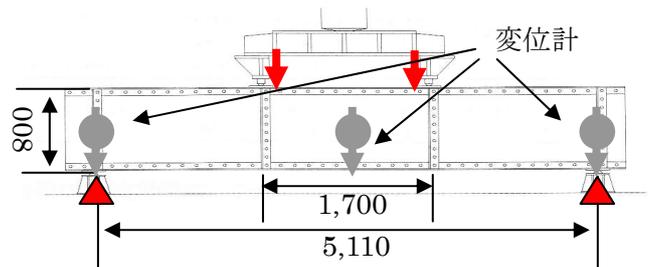


図-2 実験概要図 (単位: mm)

2.3 実験結果および考察

図-3 には供試体中央における荷重-変位曲線を示す。荷重は下フランジが降伏する時の降伏荷重 P_y で、変位はそのときのたわみ量 δ_y で、それぞれ無次元化している。なお、 P_y は材料試験から得られた σ_y をもとに、初等はり理論によって算定している。表-1 には、下フランジの降伏、およびすべりが発生したときの荷重および変位についてまとめている。

キーワード: リベット, 集成部材, 腐食損傷, 曲げ実験

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: 06-6605-2765)

図-3 より、 $P/P_y=0.6$ までは損傷の有無にかかわらず剛性は理論剛性と一致している。計算より求まる下フランジの降伏荷重よりも小さい $P/P_y=0.6$ 以降で供試体の剛性が理論剛性よりも低下している。この原因は、リベット孔周りの応力集中により局所的なフランジの降伏が発生したためである。さらに、供試体 P-1 に比べ P-2 の剛性の低下が大きい。これは、リベット頭部が健全な場合には桁の変形に伴うリベットの抜け出しが防止されていたのが、損傷がある場合には、写真-4 に示すようなき裂が発生したため、剛性の低下がより顕著に発生したと考えられる。 $P/P_y=1.1$ 付近で供試体 P-1 の変位が大きく増加している。その後の供試体 P-1 および P-2 は同じ挙動となることから、この原因は、リベット部でリベット孔周りの応力集中とそれに伴うフランジの伸び変形により、ずれが生じたためだと考えられる。また、 $P/P_y=1.3$ で、着目パネル以外のパネルにてせん断降伏したため、本実験では最大耐力まで荷重でできなかった。そのため、下フランジに大変形が発生した場合には、損傷リベット頭部のき裂がより顕著に進展し、桁の耐力挙動に大きな影響を与えた可能性がある。

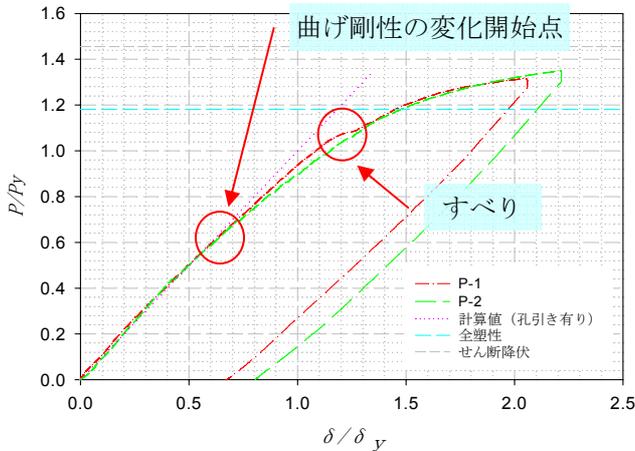


図-3 荷重-変位曲線

表-1 降伏，すべり発生時の荷重および変位

	P/P_y	P (kN)	δ/δ_y	δ (mm)
下フランジの降伏(P-1)	0.6	846	0.55	6.61
下フランジの降伏(P-2)	0.6	846	0.55	6.61
下フランジの降伏(計算値)	1.0	1410	1.0	8.38
すべり(P-1)	1.1	1551	1.1	9.22

実験では、両者とも上フランジにおける局部座屈の発生は認められなかったことから、リベット頭の8割程度の損傷は、圧縮力を受けるリベット集成部材の局部座屈発生に及ぼす影響はほとんどないと考えられる。



写真-4 き裂状況

3. リベットの抜け出しに関する解析的検討

下フランジの損傷したリベットに発生したき裂発生メカニズムを確認するため、汎用構造解析コード (abaqus.CAE) を用いて解析を行った。

図-4 に解析モデルと境界条件を、図-5 に解析結果をそれぞれ示す。

荷重は変位により与え、下フランジを再現するため、モデルに純引張曲げが作用するようにした。2枚の板間およびリベット軸と穴の境界に

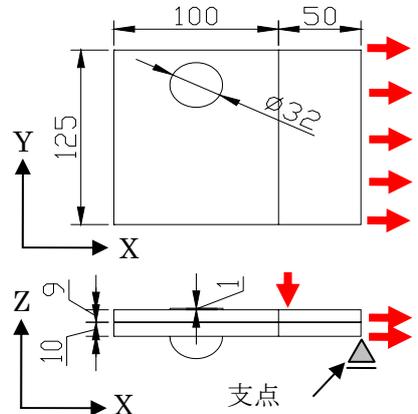
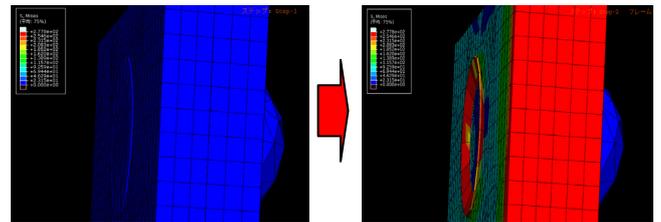


図-4 解析モデル(単位:mm)

は接触条件を導入している。図-5 より、桁のたわみにより、リベットがリベット孔から抜け出すような変形が発生していることがわかる。したがって、実験時に発生した損傷リベット頭部のき裂は、リベットが孔から抜け出すことにより発生したと考えられる。



(a) 荷重前

(b) 荷重後

図-5 解析結果

4. 結論および今後の課題

本研究では、リベット頭部の損傷が、リベット集成部材の曲げ耐力に及ぼす影響を明らかにするため、荷重実験を実施した。その結果、リベット頭部の損傷により、リベット集成部材に局所的な変化(下フランジのとじ合せの影響)は発生したが、桁全体の曲げ耐力については大きな影響を与えることがなかった。今後、リベット頭部の損傷がせん断耐力に及ぼす影響について、実験を行う予定である。

参考文献

- 1) 土木学会：鋼構造シリーズ 14 歴史的鋼橋の補修・補強マニュアル，2006.11.15
- 2) 橋本国太郎・山口隆司・三ツ木幸子・杉浦邦征：腐食損傷を受けた一面せん断リベット継手の力学的挙動に関する検討，構造工学論文集，Vol.56A，pp756-765，2010.3