京都大学 工学部 地球工学科 土木工学コース 学生員 〇藤本 貴正 京都大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 正会員 杉浦 邦征 京都大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 正会員 橋本 国太郎 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 正会員 山口 隆司

1. 研究背景および目的

我が国で供用中の鋼橋の多くは高度経済成長期に 建設されており,近年腐食や疲労などによる性能低 下が問題視されている.そのため,維持管理のため の性能評価法や長寿命化技術を開発するために老齢 化橋梁の性能データの蓄積が必要である.

そこで、本研究では老齢化橋梁に広く使用されて おり、腐食や疲労の弱点になりやすいリベット接合 部を対象に、腐食損傷の進展と耐震性能との関係性 を実験的に解明することを目的とする.

なお、本研究の供試体は福島県柳津町で 55 年間 供用された鋼ランガー橋(道路橋)から切り出した.

2.リベット継手の材料試験

本研究では、リベット継手の材料レベルでの耐震 性能に関する指標として低サイクル疲労寿命に着目 し、リベット材と母材に対する低サイクル疲労試験 ¹⁾を実施した.低サイクル疲労試験および同試験に 先立って行った引張試験とせん断試験の結果を表 2.1、表 2.2 および図 2.1 に示す.なお、表 2.2 お よび図 2.1 には以下の Manson と伊藤らの低サイク ル疲労寿命予測式²⁾による破断繰り返し数を処女鋼 材の寿命の目安として記載した.

- ・Manson の低サイクル疲労寿命予測式 $\Delta \epsilon_t = 3.5 (\sigma_B / E) N_f^{-0.12} + \epsilon_f^{0.6} N_f^{-0.6}$ (2.1)
- ・伊藤らの低サイクル疲労寿命予測式

$$\Delta \varepsilon_{\rm t} = 0.011 {\rm N}_{\rm f}^{-0.123} + 0.760 {\rm N}_{\rm f}^{-0.333} \qquad (2.2)$$

供試体	リベット	リベット	母材
試験力	引張	せん断	引張
降伏強度	378	193	301
引張強度	507	356	448
弹性係数	2.201×10^{5}	1.296×10^{5}	2.095×10^{5}
相当材料名	SV41	SV41	SS41

表 2.2 低サイクル疲労試験結果



図 2.1 低サイクル疲労寿命曲線

表 2.2 および図 2.1 より, リベット材, 母材とも に長期間の供用によって低サイクル疲労寿命は2つ の予測式値よりも低寿命側となる傾向を示している が,全ひずみ範囲に対する破断繰り返し数の変化は 処女鋼材と似た傾向を示している.

3.腐食損傷を考慮した1面1行1列継手の引張実験

リベット継手要素の腐食損傷による耐荷性能や挙動の変化を評価する引張実験を行った.供試体は1 面接合のリベット1本のみの継手であり、下横構部 材から4体切り出した.そして、健全な供試体と腐 食損傷を模擬するためにフライス盤でリベット頭部 の高さhを半分(0.5h)、1/8(0.125h)、0になるまで母 材と平行に切除した供試体に引張力を負荷した.

±	2 1	中野公田
衣	3.1	夫厥疝未

No.	リベット高h	継手耐力[kN]	破壊モード
1	h	162.5	せん断
2	0.5h	162.3	せん断
3	0.125h	117.0	抜け出し
4	0	84.3	抜け出し

Takamasa FUJIMOTO, Kunitomo SUGIURA, Kunitaro HASHIMOTO, Takashi YAMAGUCHI fujimoto.takamasa@ks7.ecs.kyoto-u.ac.jp



図 3.2 供試体 3,4の支圧挙動

実験結果を表 3.1 および図 3.1 に示す.供試体 1, 2 ではリベットのせん断破壊となったが、3、4 では リベットが抜け出し終局状態となった.本研究では、 図 3.2 において支圧ひずみが増加に転じた荷重をリ ベットの抜け出し開始荷重 P_s と定義した.そして、 No.4 の抜け出し開始荷重をリベット軸の摩擦耐力 とし、母材厚の差を比例配分で調整した値 F_n と、 No.3 のリベット頭部軸延長面上のせん断耐力 S_h と の和を求めた.その結果は 109.3[kN]と、No.3 の P_s =108.3[kN]とほぼ一致した.このことから、 P_s は F_ra と S_{rh} の和であり、この値がリベットのせん断耐力 を上回るか否かで表 3.1 に示すようにリベット継手 要素の破壊モードと継手耐力が大きく変化すると考 えられる.

4.腐食損傷を考慮したアーチリブ格点部の繰り返し載 荷実験

現実的なリベット継手の腐食損傷と耐震性能の関係を評価するために、アーチリブの格点部を切り出し、健全な供試体と図 4.1 に示すリベット頭部を切除した供試体に対して繰り返し載荷実験を行った.



載荷パターンは継手相対変位を載荷前と継手母材の降伏荷重にほぼ到達した時の範囲(0.96δ_y)で20

サイクル往復変形させた後,破断させた.その結果 を表 4.1 に示す.腐食損傷を模擬した供試体はリベ ットの抜け出しが発生したものの,共に継手1行目 (図 4.1A-A'断面)のリベット孔横に応力が集中し, 同断面で破断した.2 種類の供試体を比較すると, 表 4.1 より,静的な耐力の低下は3[%]程度であっ たがエネルギー吸収量が 33[%]低下した.このこと から,リベット頭部の欠損は動的にみた耐震性能を 顕著に低下させ得ると考えられる.

表 4.1 実験結果

供試体条件	健全	腐食損傷模擬		
最大耐力[kN]	2,228	2,159		
最大耐力到達				
までの総吸収	70,642	47,041		
エネルギー[J]				

5.結論および今後の課題

本研究で得られた結論は以下のとおりである.

- 長期間供用された鋼材の低サイクル疲労寿 命は処女鋼材よりも低寿命側に分布したが、 全ひずみ範囲との関係性に大きな差異はな かった。
- ② リベット頭部が欠損するとリベットが抜け 出し、動的な耐震性能を大きく低下させた. また、面外曲げが顕著な継手では静的な継 手耐力も低下した.
- ③ 今後は様々な継手に対する解析と実験を行い、腐食損傷と耐震性能の関係をより精緻に把握することが必要である。

6.**謝**辞

本研究の実施にあたって,京都大学大学院の技術 職員の有馬博人氏や学生の皆様に多大な協力を得た. ここに記して感謝の意を表する.

7.参考文献

1)日本工業標準調査会:JIS Z 2279 金属材料の高温 低サイクル疲労試験方法,1992

2)日本材料学会:疲労設計便覧,養賢堂,2008.10.