

90余年供用した2主桁リベット鉄道橋の静的及び疲労実験

J R九州 正 員 宮武 洋之 九州大学 正 員 大塚 久哲
九州大学 正 員 彦坂 熙 九州大学 4 年 稲田 健治

1. はじめに

鋼鉄道橋は架設後90年を経たなお供用されている橋が多数存在しているが、その多くは老朽化が進んでおり、その取り替え時期の的確な判断法の確立が強く望まれている。このうちプレートガーダー橋はすべてリベット接合である。リベット接合の疲労強度曲線は整備されているが、長年月自然環境にさらされ続け、しかも供用中に応力変動を繰返し受けた桁が、どれだけの残存寿命を有するかの判定基準は今のところない。本研究は、90余年供用された実橋を実験桁として使用し、静的及び疲労実験を行うことにより、剛性評価と疲労強度の把握を行ったものである。

2. 試験桁

試験桁は、供用期間92年の後、3年の放置期間をもつ経年95年の桁であり、上下対称I型断面の2主桁で、フランジは2つのアングルと1つのカバープレートで構成され、全てリベットを用いて組立てられている。リベットピッチは約8~14cmである。引張フランジは、アングル水平脚表面が全体的に腐食しており、貫通孔が所々に生じていた。圧縮フランジは、鉄道橋特有の枕木下の腐食が進んでおり、リベット頭部が欠損している箇所もあった。このように、上下フランジとも供用中に上向きにあった面あるいは水分の溜りやすい箇所腐食による鋼材の損傷が顕著であった。

本実験では、2主桁の横構、対傾構を切断のうえ除去し、2本の主桁に分け、ショットブラストにて塗装及び錆を落とした。そのうちの1本で静的曲げ載荷試験を行い、その後2本の主桁を切断し、中間を除く上下2体に新材の圧縮フランジを溶接で取付け曲げ疲労試験桁とした。静的曲げ載荷試験桁の形状及び切断箇所を図-1に、曲げ疲労試験桁の形状を図-2に示す。なお、切断の際切り取られたウェブ中立軸付近より引張試験片を作成し、1号試験片とした。

3. 実験及び実験結果

3.1 静的引張試験

実験桁に使用されている鋼材の機械的性質を把握するために、上記1号試験片により静的引張試験を行った。その結果、実験桁の鋼材はほぼSS41に相当し¹⁾、ヤング係数は $E=2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ であった。

3.2 静的曲げ載荷試験

静的曲げ載荷試験は、図-1に示すような1点曲げ載荷により行った。荷重(P)の載荷方法は、0tfから45tfまで7.5tf刻みの7段階で載荷した後、同じ刻み幅で0tfまで除荷した。各荷重段階ごとのたわみ増加量の平均値、 $P=45\text{tf}$ での応力を図-3に示す。図中、「原断面」は図-1に示す断面を用いて計算した理論値であり、「実断面」は上下フランジの腐食を考慮するため、橋軸及び橋軸直角方向を1~2cmのメッシュに区切り、フランジの板厚を測定した結果得られた断面減少率(9.2%)を用いて計算した理論値である。また、「FEM解析値」は桁高が高いために起こるせん断変形を考慮するため、FEMにより解析した理論値である。図-3より、腐食損傷以外に老朽化による曲げ剛性の低下は認められず、またリベット接合部の緩みはほとんどないと考えられる。

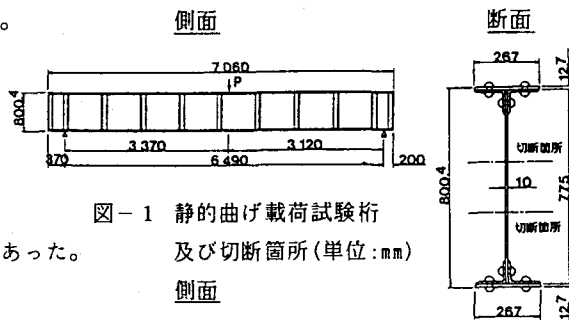


図-1 静的曲げ載荷試験桁
及び切断箇所(単位:mm)

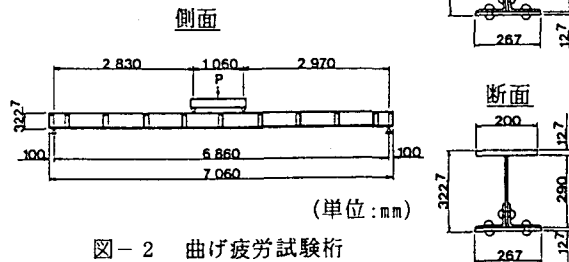


図-2 曲げ疲労試験桁

3.3 曲げ疲労試験

曲げ疲労試験は、図-2に示すような2点曲げ载荷により行った。繰返し载荷は電気油圧式試験機により、最大荷重16.5tf、最小荷重1.5tfの正弦波载荷で、繰返し速度は1.0~1.5Hzで実施した。

3.3.1 き裂発生状況

上フランジ試験桁1-U、下フランジ試験桁1-Lのき裂発生状況を各々図-4に示す。各試験桁とも、最初のき裂はアングル水平脚腐食凹み(1-U ㉓㉔㉕、1-L ㉓㉔)あるいは貫通孔(1-L ㉖)から発生し、アングル水平脚が破断した後、隣接したリベット孔のカバープレートにき裂が発生した。

3.3.2 疲労強度

各試験桁の疲労試験結果を表-1に示す。腐食による断面減少を考慮しない原断面、腐食による断面減少を考慮した実断面に基づく応力範囲と繰返し回数の関係を図-5に示す。実断面に基づく応力は、フランジ水平脚の原厚とき裂を生じた断面のフランジ厚の最小値との比を、原断面に対し算出した応力に乗じたものである。図中の直線A、Bは国鉄の非溶接継手に対する設計寿命曲線である。図-5より、原断面では全て、リベット継手に適用されるB等級以下であり、腐食をうけている状態では疲労強度は著しく低下する。一方、実断面ではほぼB等級に準じており、腐食部材の疲労寿命は、腐食部分の最小板厚から求めた実断面に基づく応力範囲について、B等級の設計寿命曲線から推定が可能と考えられる。また、供用中引張応力を受けていた下フランジ疲労寿命は、圧縮応力を受けていた上フランジに比べて特に低下は認められず、供用中の累積被害は無視できると考えられる。

参考文献

- 1) 大塚・彦坂・宮武・稲田：90余年供用した2主桁リベット鉄道橋のA E信号発生に関する基礎的考察，平成元年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集
- 2) 三木・森・坂野：70年間使用された鋼鉄道橋縦桁の疲れ強さ，東工大 土木工学科研究報告No. 37, 1987
- 3) 山田・宇都宮・神谷・都築：50年供用したリベット継手の疲労試験，構造工学論文集VOL36A

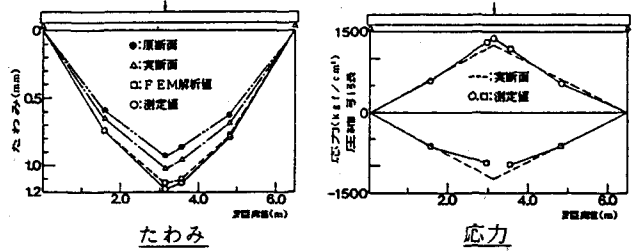


図-3 静的曲げ载荷試験結果

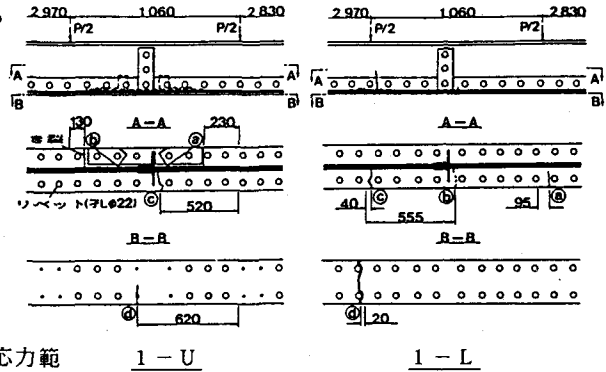


図-4 き裂発生状況

表-1 曲げ疲労試験結果

試験桁	荷重範囲 (kN)	応力繰返し回数 (10 ⁴ 回)	き裂位置	き裂発生時の応力繰返し回数 (10 ⁴ 回)	原断面に基づく応力範囲 (MPa)	下フランジの最小板厚 (mm)	実断面に基づく応力範囲 (MPa)
1-U	162	4.6	a	2.0	109	16.5	150
			b	2.0	109	14.0	177
			c	3.4	109	10.6	236
			d	4.3	136	17.5	176
1-L	162	7.46	a	6.5	105	13.5	177
			b	2.1	109	11.0	225
			c	2.9	109	13.5	183
			d	7.1	136	15.0	206

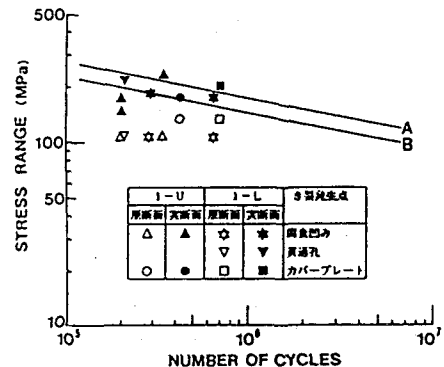


図-5 原断面、実断面に基づく試験桁の疲労強度