

I-A 390

アーチ橋垂直材取合いモデルの疲労試験

建設機械化研究所	正会員	○谷倉	泉
建設機械化研究所	正会員	竹之内	博行
日本道路公団		大谷	祥三
石川島播磨重工業(株)	正会員	石井	孝男

1. はじめに

近年の交通量の増加と車両の重量化に伴い、道路橋の一部でも疲労きれつが発見される事例が増加している。古い設計基準で設計されている東名高速道路のアーチ橋においても、垂直材の曲げ変形に伴う二次応力により補剛桁下フランジを貫通するタイプの疲労きれつが発生している¹⁾。これらの疲労きれつの発生原因は、設計で考慮されていなかった二次応力によるものが多く、最近改訂された道路橋示方書では、設計上これらの二次応力に十分配慮する旨が記されている。

本論文では、大掛かりな補強対策に代わるものとして局部補強案を提案し、着目する損傷部周辺の応力状態の改善と耐久性を確認したモデル試験体の疲労試験結果について述べる。

2. 疲労きれつの発生状況

疲労きれつが発生しているアーチ橋は、図-1に示す上路式ランガー桁橋である。疲労きれつは、アーチクラウンに隣接する格点部に発生している。きれつの起点は、同図に示す垂直材と補剛桁下フランジとの回し溶接のビード止端部であり、止端の位置により補剛桁下フランジあるいは垂直材フランジを貫通する2タイプのきれつが発生している。

3. 試験体

モデル試験体の構造については、実橋と同様に垂直材取付け部に曲げモーメントを生じさせるため、載荷時の補剛桁のたわみに伴って垂直材に水平変位が生じるように工夫した²⁾。その構造と支持条件を図-2に示す。部材の断面諸元については、試験体の載荷能力と着目部位に発生させる応力を踏まえ、補剛桁の桁高のみ実橋の約1/3としたが、他の部材については実橋と同じとした。

4. 載荷方法

試験には、載荷荷重が動的に20tfの容量の電気油圧サーボ式疲労試験機を用いた。疲労試験は荷重範囲14tf(2~16tf)、載荷周波数2.5Hzで行い、載荷回数は補強の前後でそれぞれ $N=200$ 万回を目標とした。また、載荷に際しては、載荷点直下に球面プッシュを設置し、偏心して載荷されないように配慮した。載荷荷重の設定に当たっては、試験機の能力および着目する溶接継手の疲労強度等級を考慮する必要がある。ここでは垂直材取付け部の疲労強度等級をF等級(200万回許容応力範囲65MPa; JSSC 鋼構造物の疲労設計指針・同解説)と想定し、溶接ビード止端から15mm離れた位置に発生する応力が100MPa程度となるように、FEM解析等の計算によってモデル試験体の寸法と概略の載荷荷重を求めた。

5. 補強構造

疲労きれつの発生原因である回し溶接部近傍の活荷重応力を低減させること、および補強部材のハンドリング等を考慮

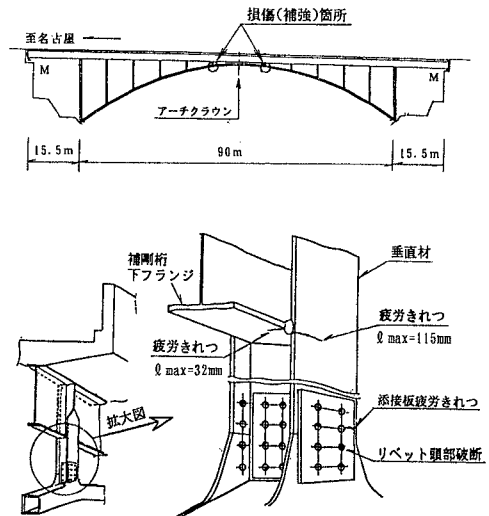


図-1 疲労損傷の発生状況

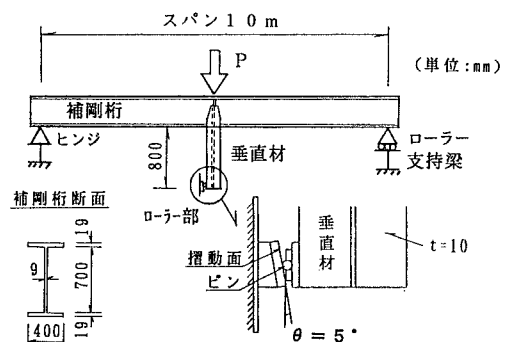


図-2 モデル試験体の構造と支持条件

し、図-3に示す補強構造を考案した。その特徴は、①内側コーナー部4箇所それぞれ1体の重量が約20kgのL形補強部材をボルト接合する簡便な方法であること、②垂直材フランジの外側に添接板を増厚、延長したプレートを取付け、補強を図ったことなどである。

6. 試験手順

疲労試験を開始する前に静的載荷試験を実施し、着目部に発生する応力と荷重の関係を求めた。所定の応力が発生する荷重範囲に対して補強前の疲労試験を行った後、補強工を実施し、引続いて補強後の静的載荷試験および疲労試験を行った。

7. 試験結果

- 補強前後の静的載荷試験で得られた補剛桁下フランジの応力分布を図-4に示す。下フランジ上下面の応力はほぼ50MPaであるが、垂直材取付け部は垂直材による曲げの影響が表れている。補強後は下フランジ側面の応力もほぼ50MPaとなり、補強によって垂直材による曲げの影響がほとんど除去されたと考えられる。
- 図-5に示すように、垂直材上端の応力も大幅に低減し、補剛桁下フランジと同様に補強部材の外側へ応力が流れるようになった。
- 疲労きれつは図-6に示すように、 $N=40$ 万回において補剛桁下フランジ回し溶接止端部において発生した。きれつ長が実橋とほぼ同じ40mmに達した $N=172$ 万回において補強前の疲労試験を終了した。補強に先立ち、実橋と同様に同図に示す応急対策（ストップホール穿孔）を実施した。
- 補強後の200万回繰返し載荷後、ストップホールおよび補強箇所からのきれつの再発は無かった。
- 補強工に関しては、ボルトの孔明け、部材の取付けなど滞りなく施工を完了できた。実橋においてもボルトおよび部材の取合い寸法に注意すれば特に問題は生じないと考えられる。また、補強部材に発生する各部の応力も微小なものであった。

8. おわりに

アーチ橋垂直材取付け部の疲労損傷対策として、今回考案した局部補強案については、補強効果、施工性の面で良好な成果が得られた。今後は実橋への適用により、局部補強が他の部位へ及ぼす影響の把握および追跡調査による耐久性の確認が課題と考えている。

疲労試験の実施に当たり、東京工業大学 三木教授を委員長とする「鋼橋補修・補強検討委員会」の御指導を賜った。ここに感謝の意を表します。

〔参考文献〕

- 日本道路公団東京第一管理局：東名高速道路 鋼橋の補修・補強に関する検討 報告書，1995-3
- 星尾，野村，寺西：アーチ橋格点部の疲労特性について，栗本技報 No.24，1991-1

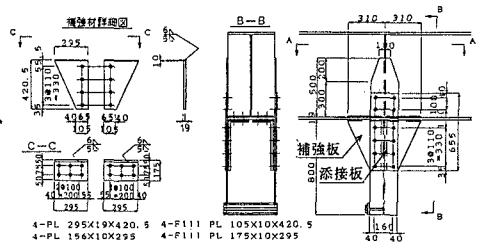
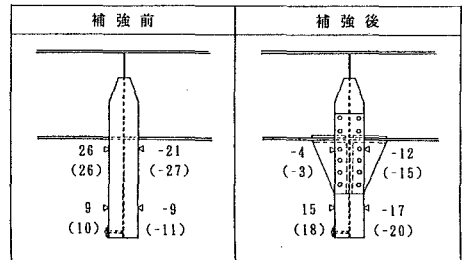


図-3 補強構造

	補強前				補強後			
上 面	垂直材							
	52	42	67	47	25			41
	52	50	66	49	24			39
下 面	85	68			-0.4	46		
	46	64	48	46	49	62		46
	49	71	51	48	51	73		51
		84	74			50		45

注) 図中の応力は橋軸方向の値を示す (単位: MPa)

図-4 補強桁下フランジ上下面の応力および側面の応力変化($P=14\text{tf}$)



注) ()内は向こう側のフランジ応力 (単位: MPa)

図-5 垂直材フランジ側面の応力変化($P=14\text{tf}$)

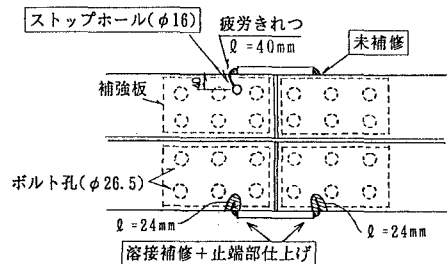


図-6 応急対策