

鋼床版 U リブー横リブ交差部に発生する疲労き裂の補修・補強対策に関する試験報告

川田工業(株) 正会員 ○嶋田 修 溝江 慶久
(独)土木研究所 正会員 村越 潤 梁取 直樹 石澤 俊希

1. はじめに

鋼床版橋において、Uリブー横リブ交差部の下側スリットまわし溶接部(以下、着目部)に、疲労き裂の発生が報告されている。著者らは、該当き裂の発生原因および補修・補強効果(以下、改良構造)について FEM 解析を用いた検討結果を報告している¹⁾。本報では、実物大試験体を用いた載荷試験による改良構造の応力低減効果、き裂進展の遅延効果等について述べる。

2. 試験方法

図-1 に試験体の形状、寸法および載荷位置を示し、図-2 に改良構造を示す。また、表-1 に試験項目を示す。試験は、疲労き裂発生前に改良構造を施工する U リブ(R3, R4: 以下、予防保全側)と、疲労き裂発生後に改良構造を施工する U リブ(R1, R2: 以下、事後保全側)の 2 ケースで実施した。予防保全側では、改良構造による着目部の応力低減効果を静的載荷試験によって確認し、疲労き裂発生後の抑制効果を定点疲労試験により検討した。事後保全側では、定点疲労試験でき裂を発生させた後、改良構造施工前後での輪荷重走行試験により疲労き裂進展の遅延効果を検討した。静的載荷試験での荷重は、予防保全側で最大載荷荷重 $P=160\text{kN}$ 、事後保全側で最大載荷荷重 $P=150\text{kN}$ を載荷した。定点疲労試験では、衝撃を考慮した片輪分に相当する 150kN の荷重振幅(下限 10kN ～上限 160kN)を 2Hz の正弦波で与えた。輪荷重走行試験では、荷重 150kN を 200 万回載荷した。荷重は、ダブルタイヤの設置面積を模擬したゴム板を介して載荷した。既報¹⁾の結果から、橋軸直角方向の載荷位置は、予防保全側では各リブの直上(L2, L6)および偏心位置(L4)とし、事後保全側では偏心位置(L4')とした。橋軸方向は、静的載荷試験では各載荷ライン上に影響線載荷、定点疲労試験では図中の a 点、輪荷重走行試験では図中に示す 3m の範囲に載荷した。なお、試験結果は載荷荷重 100kN に換算して整理した。

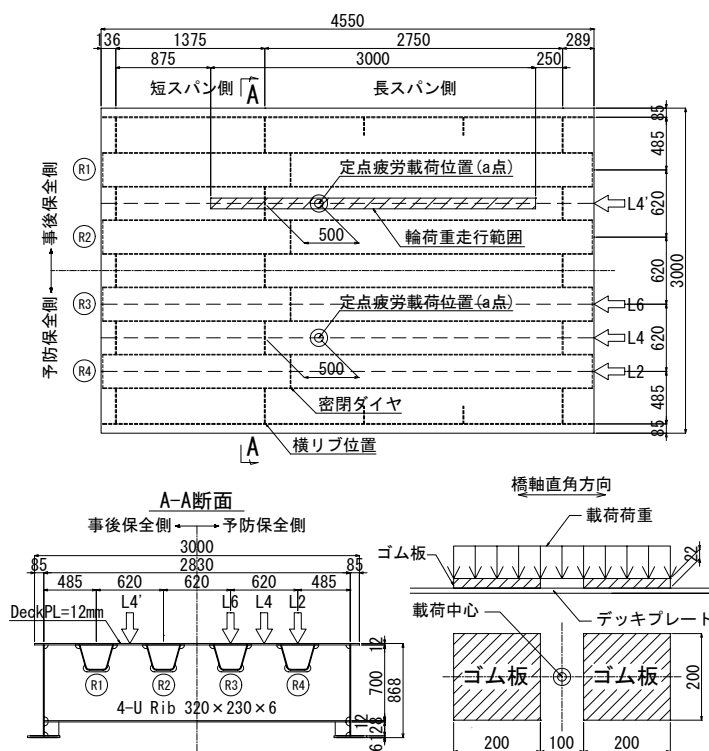


図-1 試験体の形状、寸法および載荷位置

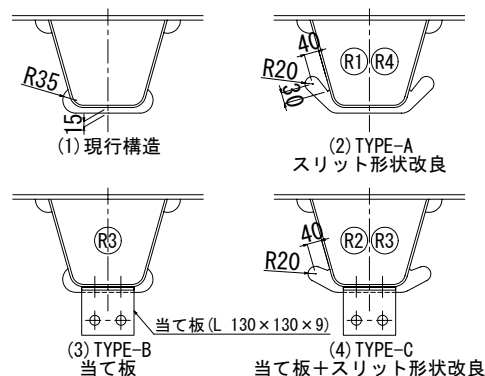


図-2 改良構造と対象リブ

表-1 試験項目

	STAGE	実施内容	載荷位置	載荷荷重	載荷回数
予防保全側 R3, R4	1	静的載荷試験	L2, L4, L6	160kN	-
	2	TYPE-A,B施工	-	-	-
	3	静的載荷試験	L4, L6	160kN	-
	4	TYPE-C施工	-	-	-
	5	静的載荷試験	L2, L4, L6	160kN	-
	6	定点疲労試験	L4	$\Delta 150\text{kN}$	200万回
事後保全側 R1, R2	7	静的載荷試験	L4'	160kN	-
	8	定点疲労試験	L4'	$\Delta 150\text{kN}$	30万回
	9	静的載荷試験	L4'	150kN	-
	10	輪荷重走行試験	L4'	150kN	20万回
	11	TYPE-A,C施工	-	-	-
	12	静的載荷試験	L4'	150kN	-
	13	輪荷重走行試験	L4'	150kN	200万回
	14	静的載荷試験	L4'	150kN	-

キーワード 鋼床版, 疲労き裂, Uリブ・横リブ交差部, 補修・補強, スリット形状改良

連絡先 〒114-8562 東京都北区滝野川 1-3-11 川田工業(株) 橋梁事業部 保全技術室 TEL 03-3915-3301

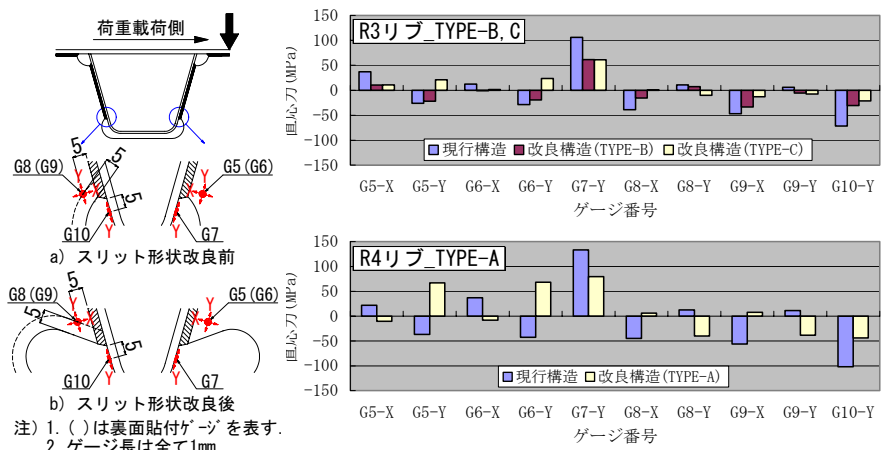


図-3 改良構造施工前後の計測結果(L4 偏心載荷時)

表-2 疲労き裂の発生時期と作用応力範囲

	Uリブ側止端 き裂発生回数	Uリブ母材 き裂進展回数	Uリブ側止端 作用応力範囲	TYPE	
現行構造	R1リブ 4万回	8万回	188MPa	A	比較対象
	R2リブ 2万回	20万回	144MPa	C	
改良構造	R3リブ -	-	82MPa	C	
	R4リブ 16万回	48万回	128MPa	A	

注) 作用応力範囲は、き裂発生前のUリブ側止端応力である。

表-3 改良構造施工前後のき裂進展速度

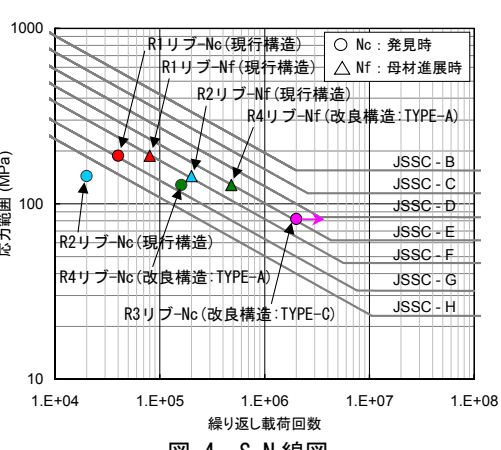
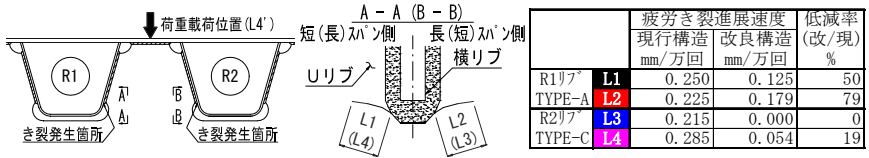


図-4 S-N 線図

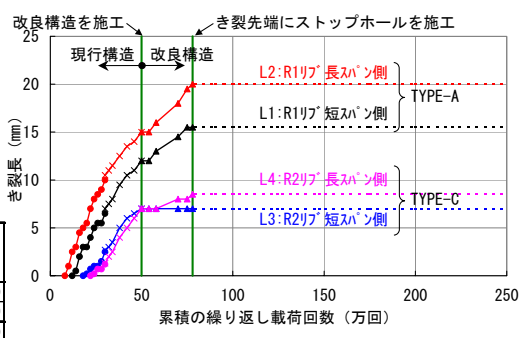


図-5 繰り返し載荷回数とき裂長さ

3. 試験結果

(1) 改良構造による応力低減効果 図-3 に予防保全側の静的載荷試験による改良構造施工前後の計測結果を示す。ここでは着目部の主なき裂発生要因のUリブ側止端応力に影響が大きい偏心載荷時(L4-a 点)の結果を示す。図から、TYPE-B, C では全ての着目点で応力低減効果が見られた。TYPE-A では横リブ側止端の溶接線平行方向応力(G5-Y,G6-Y,G8-Y,G9-Y)が最大で約3倍に増加したものの、Uリブ側止端応力(G7-Y,G10-Y)は4割程度に低減した。なお、FEM 解析¹⁾でも同様の傾向が得られている。

(2) 改良構造による疲労き裂発生の抑制効果 定点疲労試験の結果、き裂は予防保全側(STAGE6: 改良構造)、事後保全側(STAGE8: 現行構造)共にUリブ側止端から発生し母材に進展した。表-2 にき裂発見回数、母材進展回数と作用応力範囲を示す。試験中は、磁粉探傷を予防保全側では16万回毎、事後保全側では2万回毎に実施し、き裂検出時の繰り返し載荷回数を発見回数(N)とした。また、Uリブ側止端から5mm離れた位置に貼付したひずみゲージにより計測した、き裂発生前の応力範囲(S)で整理した。さらに、図-4 に表のデータをプロットした S-N 線図を示す。表から、改良構造施工済みの予防保全側は現行構造の事後保全側に対して、き裂の発生時期が遅延できたことがわかる。また、図から改良構造では発生応力の低減により疲労き裂発生の抑制効果が得られたと推測される。

(3) 改良構造による疲労き裂進展の遅延効果 図-5 に事後保全側の輪荷重走行による繰り返し載荷回数とき裂長さの関係を示し、表-3 に改良構造施工前後のき裂進展速度を示す。図表から、改良構造により疲労き裂の進展を遅延できたことがわかる。TYPE-A, C ともに遅延効果が見られたが、低減率の差から TYPE-C の方が確実に遅延効果が得られている。また、ストップホールを併用することにより、き裂の進展はほぼ止められるものと考えられる。なお、輪荷重走行試験の終了時点で、他部位からのき裂発生は無かった。

4. まとめ

試験の結果、改良構造による応力低減効果、疲労き裂の発生抑制効果(予防保全)および疲労き裂の進展遅延効果(事後保全)を確認した。また、全般に TYPE-B の方が高い効果が得られた。本研究は、(独)土木研究所と川田工業(株)による「鋼床版橋梁の疲労耐久性向上技術に関する共同研究(その5)」の一環として実施したものである。

参考文献

1) 石川ら、鋼床版のトラフリブ-横リブ交差部に発生した疲労き裂に対する補修・補強検討、第62回年次学術講演会概要集、2007.9