鋼床版縦リブ損傷部の補修・補強構造に関する確認試験

首都高速道路株式会社　正会員　○木ノ本　剛　首都高速道路株式会社　正会員　梶原　仁
施工技術総合研究所　正会員　小野　秀一

１．はじめに

近年，鋼床版のデッキプレートと縦リブ溶接部の疲労損傷対策としてデッキプレートの剛性向上を目的とした上面補強工法の検討が数多く実施されている．これらの検討は，主に無損傷時に対する応力低減効果で評価されており，損傷部の補修方法などの影響についてはほとんど検証がなされていない．実橋梁では損傷が比較的長い状態で発見されることもあり，損傷箇所にボルト添接構造の縦リブを取り付けて機能を回復させる必要がある．本検討では，実物大の鋼床版試験体を用い，ボルト添接構造により取り付けた縦リブが継手境界部の溶接部に及ぼす影響を静的載荷試験により確認した．

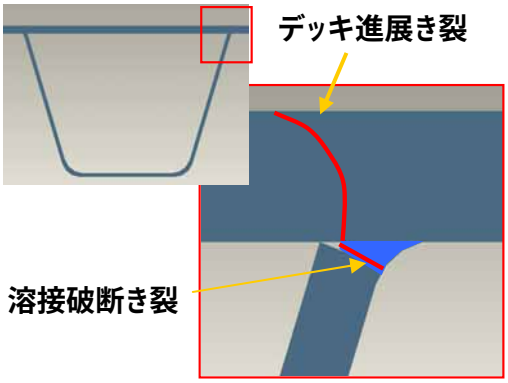

図-1　縦リブとデッキプレート溶接部のき裂

２．試験体と補修箇所

試験体は鋼床版箱桁橋梁の一部を取り出した形状であり，試験体の両側に箱桁ウェブに相当する縦桁，縦リブ 3 本，および横リブ 3 枚により構成され，鋼床版 2 パネル分を模擬している．補修対象とする損傷は**図-1** に示すように縦リブとデッキプレートの溶接ルートから発生し，溶接を破断するき裂（以下，「溶接破断き裂」），デッキプレート方向に進展するき裂（以下，「デッキ進展き裂」）に加え，縦リブ突合せ溶接部の損傷の 3 種類とし，試験体内の 9 箇所で想定き裂を配置（**図-2**）して試験を実施した．

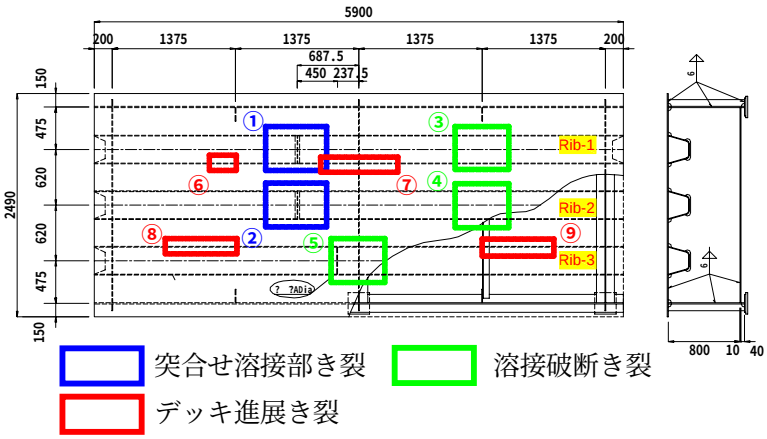

図-2　試験体と想定き裂配置図

３．試験概要

(1)溶接破断き裂　想定き裂長さを 600㎜ として，補修・補強としては縦リブへのストップホール（以下，「縦リブ SH」）のみ，T リブによる縦リブ復旧（**図-3**），デッキ上面補強の 3 段階とした．なお，デッキ上面補強は鋼繊維補強コンクリート舗装（50㎜ 厚）とした．また，T リブについてはリブ厚を変えた 2 種類を設置し，既設リブとの取合い部における添接板厚の影響を検討した．

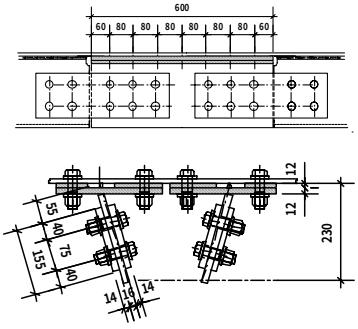

図-3　T 型縦リブ構造

(2) デッキ貫通き裂　想定き裂長さを 300㎜ と 800㎜ とし，補修・補強としてはデッキプレート面へのストップホール（以下，「デッキ SH」）のみ，T リブによる縦リブ復旧（800㎜ の想定き裂のみ），デッキ上面補強の 3 段階とした．また，300㎜ き裂については横リブ交差部と一般部の 2 箇所に設けた．

(3) 突合せ溶接部　溶接部全周破断を想定き裂とし，添接板厚，添接板位置，縦リブ SH の大きさ，デッキ上面補強の有無をパラメータとして検討した．

表-1 に各位置における補修及び試験ステップをまとめて示す．

キーワード：鋼床版，疲労損傷，ボルト添接構造，静的載荷試験
首都高速道路㈱　東京都目黒区大橋 1-9-13　TEL03-3462-6297　FAX03-3462-6420

表-1　各位置の補修方法および試験ステップ

		補修・補強構造								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
対象き裂	部位	トラフ突き合わせ溶接部	トラフ突き合わせ溶接部	ビード貫通き裂(一般部)	ビード貫通き裂(一般部)	ビード貫通き裂(横リブ交差部	デッキ貫通き裂(一般部)	デッキ貫通き裂(横リブ交差部)	デッキ貫通き裂(一般部)	デッキ貫通き裂(一般部)
	想定き裂長さ	−	−	600mm	600mm	600mm	300mm	300mm	800mm	800mm
補修工法	概要	ボルト添接化	ボルト添接化	縦リブSH＋リブ取替	縦リブSH＋リブ取替	縦リブSH＋リブ取替	デッキSH	デッキSH	デッキSH	デッキSH＋リブ取替
	構成	添接板位置低(50mm)	添接板位置低(29mm)	補強板厚12mm＋添接板厚9mm	補強板厚16mm＋添接板厚14mm	補強板厚12mm＋添接板厚9mm				補強板厚12mm＋添接板厚9mm
	パラメータ	添接板厚 t＝9，22mm SH径24.5mm、50mm	添接板厚 t＝9，22mm SH径24.5mm、50mm	−	−	−	−	−	−	−
適用補修・補強構造と載荷試験	STEP－1	ボルト添接化 添接板厚t＝22mm	ボルト添接化 添接板厚t＝22mm	縦リブSH	縦リブSH	縦リブSH	デッキSH	デッキSH	デッキSH	デッキSH
	STEP－2	ボルト添接化 添接板厚t＝9mm	ボルト添接化 添接板厚t＝9mm	リブ取替	リブ取替	リブ取替	↓	↓	↓	リブ取替
	STEP－3	ボルト添接化 添接板厚t＝9mm ＋SFRC補強	ボルト添接化 添接板厚t＝9mm ＋SFRC補強	リブ取替 ＋SFRC補強	リブ取替 ＋SFRC補強	リブ取替 ＋SFRC補強	↓ ＋SFRC補強	↓ ＋SFRC補強	↓ ＋SFRC補強	リブ取替 ＋SFRC補強
	STEP－4	ボルト添接化 添接板厚t＝22mm ＋SFRC補強	ボルト添接化 添接板厚t＝22mm ＋SFRC補強	リブ取替 ＋SFRC補強	リブ取替 ＋SFRC補強	リブ取替 ＋SFRC補強	デッキSH ＋SFRC補強	デッキSH ＋SFRC補強	デッキSH ＋SFRC補強	リブ取替 ＋SFRC補強

4．試験結果

試験結果の評価は補修後に疲労き裂が再発する可能性が高いストップホール部近傍において影響線載荷した際に得られる応力範囲で整理する．

(1) 溶接破断き裂　影響線載荷の結果，概ね着目箇所をダブルタイヤが跨ぐ載荷（以下，「直上載荷」）が最も応力範囲が大きくなることが確認された．**表-2** に直上載荷における計測結果をまとめて示す．T リブにより縦リブ機能を回復させることで縦リブ SH 周辺の発生応力を大幅に低減することが可能である．また，デッキ上面補強により更なる応力低減が可能である．

(2) デッキ貫通き裂　載荷位置と発生応力の関係は溶接破断き裂と同様であった．**表-3** に直上載荷における計測結果をまとめて示す．き裂長さとデッキ SH 部周辺の応力は明確な関係は確認できなかった．T リブの添接によりデッキ SH 周辺の応力を低減することが可能であるが，デッキプレート下面側よりも，上面側での応力低減効果は低い．この原因としては，デッキ上面補強厚を確保するためにデッキ上面側に添接板を設けない構造としたことが原因と考えられる．また，デッキ上面補強を実施することにより発生応力が当初の約 1/5～1/10 にまで低減され，十分な補強効果が確認できる．

(3) 突合せ溶接部　載荷位置と発生応力の関係やデッキ上面補強による応力低減効果に関しては他の損傷と同様であった．ここでは,添接板厚と添接板位置に着目する．**表-4** に直上載荷における計測結果を示す．添接板厚が発生応力に及ぼす影響は小さいが，添接板の設置位置はデッキプレートから離れるほど発生応力は小さくなる傾向が確認された．縦リブ SH 径は小径のほど発生応力が小さくなる傾向ではあるが，明確な関係は確認できなかった．

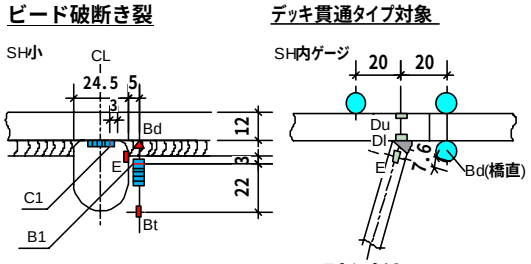

図-5 SH 周辺の計測位置

表-2　ビード破断き裂に着目した計測結果

	③			④			⑤		
STEP	Step1	Step2	Step3	Step1	Step2	Step3	Step1	Step2	Step3
リブ厚(mm)	-	9	9	-	14	14	-	9	9
C1:デッキ下面(3mm)	359	38	27	413	53	4	289	53	27
E:SH内トラフ沿い	110	18	11	109	15	10	79	30	2
Bd:デッキ下面(橋直)	173	26	7	202	29	8	83	20	5
B1:ビード止端(3mm)	247	32	21	278	25	23	170	29	16

単位:[MPa]

表-3　デッキ進展き裂に着目した計測結果

	⑥		⑦		⑧		⑨		
STEP	Step1	Step3	Step1	Step3	Step1	Step3	Step1	Step2	Step3
リブ厚(mm)	-	-	-	-	-	-	-	9	9
C1:デッキ下面(3mm)	175	27	413	4	289	27	289	53	27
E:SH内トラフ沿い	187	11	109	10	79	2	79	30	2
Bd:デッキ下面(橋直)	90	7	202	8	83	5	83	20	5
B1:ビード止端(3mm)	82	21	278	23	170	16	170	29	16

単位:[MPa]

表-4　突合せ溶接部のき裂に着目した計測結果

	①				②			
STEP	Step1	Step2	Step1	Step2	Step1	Step2	Step1	Step2
トラフSH径	小	小	大	大	小	小	大	大
取付け位置	55	55	29	29	55	55	29	29
リブ厚(mm)	22	9	22	9	22	9	22	9
C1:デッキ下面(3mm)	19	23	23	26	8	9	35	15
E:SH内トラフ沿い	39	36	38	46	45	38	99	62
Bd:デッキ下面(橋直)	67	66	-	-	-	-	77	75
B1:ビード止端(3mm)	28	27	-	-	-	-	12	102

単位:[MPa]

4．まとめ

損傷状態を模擬し，補修・補強を適用した静的載荷試験を実施した結果，新たな応力集中等は確認されず良好な結果を得られた．今後は実橋梁で同様な段階計測を実施し効果を確認していく予定である．