

鋼トラス橋下弦材連結部の腐食損傷の調査

西日本高速道路(株)

山本 雅貴

西日本高速道路(株)

飯田 祥也

(株)富士技建

正会員 ○折原 里佳

(株)富士技建

三谷 一真

1. 背景と目的

鋼トラス橋において主構下弦材と端対傾構垂直材の連結部に腐食が原因と考えられる外側添接板の面外変形が確認された。面外変形は摩擦接合用高力ボルトから外側添接板の縁端までの距離が比較的長い(標準 40mm→現状 65~85mm)箇所に見られ、添接板に塑性域にまで達する面外変形が発生している連結部も確認されている。なお、長い縁端距離は道路橋示方書の規定(最大縁端距離は外側板厚の8倍とする)は満足している。

この腐食損傷による連結部の下弦材ウェブ、下弦材フランジ、添接板の摩擦接合面における腐食状況および摩擦接合用高力ボルト軸力への影響を確認するとともに、本調査が今後の橋梁維持管理および長寿命化に資することを目的とする。

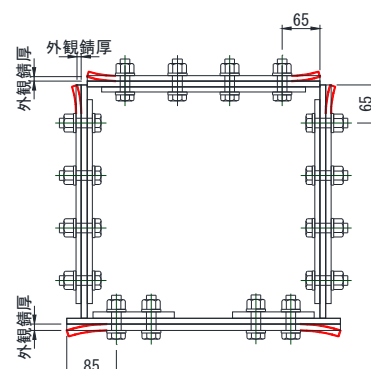


図-1 下弦材連結部

2. 山陽自動車道 小河原橋の状況

小河原橋(以下、本橋という。)は1987年に供用開始した3径間連続鋼トラス橋である。塗装の塗替えは第一回目2001年、第二回目2023年に行われている。本調査は2022年に行った。(写真-1~3)



写真-1 下弦材下フランジ



写真-2 下弦材上フランジ・ウェブ



写真-3 端対傾構垂直材

3. 調査項目と方法

調査項目は次の4項目とし、調査対象箇所は(1)については上下線1径間68箇所、(2)~(4)については添接板の一部を切取ることが可能な連結部かつ面外変形がある4箇所と面外変形がない4箇所とした。

(1) 外観調査

添接板の面外変形(縁端錆厚)の寸法を計測し、下弦材(箱型)内部の漏水状況の確認を目視にて行った。

(2) 摩擦接合面の腐食状況

添接板を一部切取り、摩擦接合面の減肉量を計測し、外観錆厚との関係性を明らかにする。計測方法は下弦材については画像計測(3D画像)、添接板は超音波板厚測定器により測定した。

(3) 摩擦接合高力ボルトの軸力測定

腐食による添接板の面外変形箇所およびその周辺、それらと比較するために腐食のない箇所の3ケースについて軸力を測定した。測定方法は、高力ボルトの頭に2軸ひすみゲージ(電気抵抗式)を貼付け、ボルト軸力解放後の抵抗値との関係からボルト軸力を推定した。

キーワード 鋼トラス橋、添接板、腐食、連結部

連絡先 〒532-0002 大阪市淀川区東三国4-13-3(株)富士技建 折原 里佳 TEL06-6350-6102

(4) 錆の分析

下弦材と添接板の間に生成したくさび状の錆の成分を比較するため、①錆の厚い側（添接板縁端側）、②錆の薄い側（高力ボルト側）、③一般部（添接板外側）の3試料について簡易定量分析（エネルギー分散型X線分光法）し、当該箇所が腐食を促進するとされる「酸素濃淡電池腐食」の環境下にあるか否かを確認する。

4. 調査結果

(1) 外観

縁端距離寸法が長い添接板の概ね全箇所にも腐食による面外変形が確認された。下フランジの変形量はウェブ、上フランジと比べて大きい傾向にあった。これは縁端距離寸法（65mm→85mm）が長いと、ウェブと下フランジの板組溶接によるひずみが影響したと考えられる。下弦材内部への水の侵入は確認されず、また撤去した高力ボルトも腐食していなかった。

(2) 摩擦接合面の腐食状況

摩擦接合面の腐食減肉状態は概ね平坦であり、添接板縁端から高力ボルトに向かって緩やかに減少する傾向がみられた（写真-4）。本調査においては、添接板縁端錆厚が20mm程度以下であれば、下弦材・添接板の摩擦接合面減肉量は各々において添接板縁端錆厚の20%程度と推定できる（表-1）。

表-1 外観平均錆厚と摩擦接合面の面的平均減肉量 単位：(mm)

			外観 平均錆厚	下弦材		添接板		下弦材+添接板	
				平均減肉量	比率	平均減肉量	比率	平均減肉量	比率
上り線	G1	φ27	5.9	0.7	0.12	0.7	0.12	1.4	0.24
	G1	φ26	0.4	0.3	0.75	0.1	0.25	0.4	1.00
	G2	φ27	5.5	1.3	0.24	0.6	0.15	2.1	0.38
下り線	G2	φ27	4.3	1.1	0.26	1.1	0.26	2.2	0.51
	G2	φ29	7.5	1.0	0.13	1.5	0.20	2.5	0.33
平均				0.19		0.18		0.37	



写真-4 撤去した錆

(3) 摩擦接合高力ボルトの軸力

測定を行った3ケースにおいて、軸力に大きな差はみられず、腐食による影響は少ないと言える。ただし、錆の生成過程に生じる膨張圧力により添接板にはボルト孔近傍から面外曲げ変形が生じており（写真-5）、高力ボルトに対して曲げモーメントが作用していると考えられるが、本調査では測定できないため不明である。



写真-5 面外変形した添接板

(4) 錆の分析

3試料とも主成分はFe（鉄）、O（酸素）、C（炭素）であり、酸素濃淡電池腐食の存在を示唆するCl（塩素）、S（硫黄）は検出されなかった。①錆の厚い側および③一般部において塩化物イオンの存在から生成されるβ-FeOOH（β-オキシ水酸化鉄）が検出されたことから、凍結防止剤からの塩化物イオン存在環境化であったことが推定される。

また、②錆の薄い側は①や③に比べ湿潤状態を保ちながら酸素供給が制限された環境であったと推定され、腐食が進行する環境であると考えられる。

5. まとめと今後の課題

本調査では、腐食による外側添接板の面外変形が確認された連結部の状況を把握することができた。今後の課題として、この事象を有する連結部の耐力の評価方法の確立、補修方法の検討がある。

またこのような事象は多くのトラス橋で確認されており、レベル2地震動に対する耐震性能が要求される現状において合理的な対策の構築が望まれる。