

トラス橋梁格点部の腐食劣化に対する補修について

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 佐藤 崇
 西日本旅客鉄道株式会社 前田 静男
 西日本旅客鉄道株式会社 大間 秀樹

表 1. 橋りょう諸元

建設時期	1919年(大正8年)	
経年	85年	
総延長等	486m	桁数：13連
(詳細)	1～6, 12連	上路プレートガーダ
	7～11連	下路トラス
	13連	槽状桁
環境	1級河川・江の川水系 河口付近 海岸地区・飛来塩分の影響有	

1. はじめに

鋼鉄道橋は、建設後 50 年以上が経過し、厳しい環境に曝され続けているものが多数存在しており、その保守管理方法の重要性は高まるばかりである。本論文では、鋼トラス橋梁上弦材格点部に局所的な腐食劣化が発見された経年 80 年を超える鋼トラス橋梁において行った補修工事及び、古材を摩擦接合継手として採用する場合の一提案をしたいと考えている。

2. 橋りょう概要

図 1 に橋りょうの概要図を、表 1 に諸元を示す。トラス部は、曲弦ワーレントラスであり、格点部ではリベット構造特有の複雑な集成構造となっている（図 2）。また、飛来塩分による影響を受けやすい環境であり、旧建設省による付着塩分量実測値においても、0.301mdd(耐候性鋼適用基準 0.05mdd)と、大きい値であった。

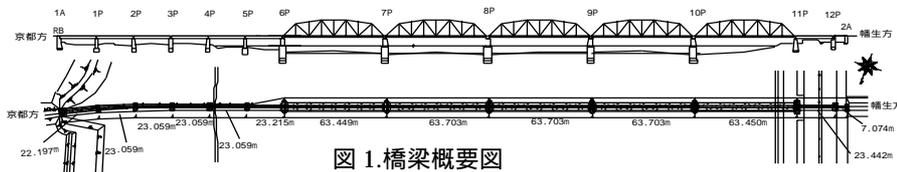


図 1. 橋梁概要図

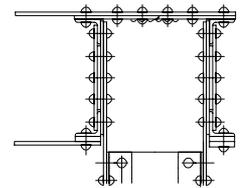


図 2. トラス部材断面(上弦材)

3. 変状と健全度判定

本橋梁において、H15 年にペイント塗替え工事を行った際に、その足場を利用した至近距離目視検査を行なった。その結果、格点内部の、形鋼境界部など塩分が付着し易く且つ直接雨水にさらされない部材を中心に著しい腐食劣化が発見された。

特に上弦材格点部のガセットプレートの欠食が著しいため、断面欠損量を測定し、当橋梁の入線最大列車荷重による、現有応力比率(保守限応力 / 発生応力)を用いて評価した(図 4・表 2)。その結果、即補修を行う状態(AA ランク)ではないが、応力集中及び円滑な応力伝達への懸念があるため、補修を行なう必要があると判断した。補修工法は、架け替えの可能性も含めて検討した結果、経済性及び施工性を考慮し、昼間施工可能である当て板工法(高力ボルトによる添接板補修)を基本とする補修方法とした。

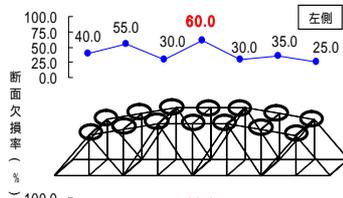


図 4. 格点部断面欠損率分布(7 連目)



図 3. 腐食劣化の例

判定	SR	断面欠損率				
		t	t	t	t	t
AA	100%	72.4	66.1	82.8	90.1	88.0
A1, A2	120%	66.9	59.3	79.4	88.1	85.6
B	150%	58.6	49.1	74.2	85.1	82.0

特に上弦材格点部のガセットプレートの欠食が著しいため、断面欠損量を測定し、当橋梁の入線最大列車荷重による、現有応力比率(保守限応力 / 発生応力)を用いて評価した(図 4・表 2)。その結果、即補修を行う状態(AA ランク)ではないが、応力集中及び円滑な応力伝達への懸念があるため、補修を行なう必要があると判断した。補修工法は、架け替えの可能性も含めて検討した結果、経済性及び施工性を考慮し、昼間施工可能である当て板工法(高力ボルトによる添接板補修)を基本とする補修方法とした。

4. 補修工法の概要と施工

前項で決定した当て板工法に関して、今後の保守管理と二次応力の発生を考慮して、現状のガセットプレート程度の大きさとなるように補修部材の検討を行った。また、昼間の列車間合いにて施工するため、施工中に受ける応力の検討として、現行最大入線列車荷重から求めた格点に発生する応力に対して必要なボルト本数の検討を行い、必要ボルト本数を常に確保できるような施工方法を検討した。

主な作業手順は以下の通りである(図 5・図 6 参照)。

上弦材タイプレートを撤去し、格点内部の作業空間を確保する。

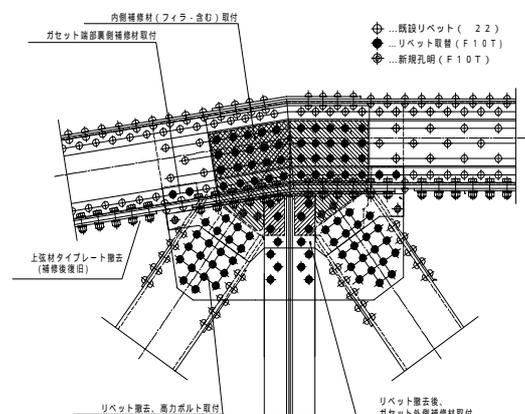


図 5. 格点部当て板補修手順 (U3)

キーワード 鋼鉄道橋 トラス 補修 継手

連絡先 〒683-0036 米子市弥生町 2 番地 JR 西日本米子支社 米子施設区 TEL 0859-32-0214

斜材・垂直材とガセットプレートを連結するリベットを高力ボルトに取替える。取替える本数は、発生する軸力に対し安全側となる高力ボルトの本数を確保する。ガセット端部の補修板を取付ける。内側補修材(フィラー含む)取付け。取替える全ボルトのうち、約30%程度を高力ボルトに置き換え、補修材を取付け、リベットを高力ボルトに置き換える。ガセット外側補修材を取付け、内側補修材と連結させる

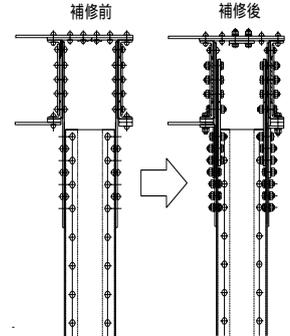
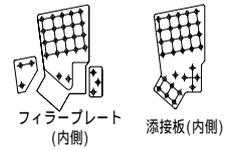


図6 格点補修図

本補修工法は、高力ボルトによる摩擦接合によるものだが、今回の場合、腐食劣化によりマクロな凹凸が部材表面に発生しているため、接合部材間から塩分等の浸入が懸念される。そのため、そのような凹凸面には金属粉配合エポキシ樹脂を塗布してから、当て板を行い、高力ボルトの締付を行った。材料諸元を表3に示す。高力ボルト締付後、部材端部に対し腐食の発生原因となる因子の浸入を未然に防ぐ為に、部材境界部等にエポキシ樹脂系のシール工の施工を行った。また、狭隘な格点部内部及び、リベットに替わり凹凸が比較的大きい高力ボルトを使用すること等を考慮し、格点部周辺を中心として、重防食塗装を施すこととした。塗装工程の例を表4に示す。

5. 金属粉配合エポキシ樹脂を塗布した摩擦接合継手の評価

本工事では、古材の摩擦接合継手の凹凸部に金属粉配合エポキシ樹脂を塗布している。同様の樹脂を塗布した継手として、他に凹凸部に超厚膜型エポキシ樹脂を使用した施工例もある¹⁾。これらの継手は腐食因子浸入防止には非常に有効であるが、通常の摩擦接合と比較して、同程度のすべり係数が確保できるかが懸念される。そこで、樹脂使用の摩擦接合継手の性能評価を目的とした、劣化状態と樹脂を塗布した状態をモデル化した継手供試体を作成し、引張試験を行なった。

今回使用した試験片のモデルを図7に示す。1軸引張・2面摩擦の試験体とした。

パラメータは、凹凸と樹脂とし、以下のようにした。なお、パラメータ毎に3体試験を行なった。

- H57・・・直径57mmの凹部(添接面積の20%)を設けたもの。
- H80・・・直径80mmの凹部(添接面積の40%)を設けたもの。
- H80R・・・上記のうち、リベット頭下の母材が残っているケースをモデル化したもの(添接面積の37%)
- F・・・通常の凹凸のない試験体に樹脂を塗布したもの。
- S・・・標準試験体(凹凸なし・樹脂塗布無し)

- H・・・樹脂塗布と同時に軸力を導入したもの。(本工事の施工モデル)
- H・・・樹脂塗布、硬化後に表面処理を行って軸力を導入したもの。
- H N・・・樹脂を塗布しないもの。

表5に試験の結果の得られた、すべり係数を示す。Nシリーズ(樹脂塗布なし)では、添接面積が減少する程に測定されるすべり係数の値も小さくなっており、本工事のような古材に対し添接板補修を行なう場合の危険性を示している。シリーズとシリーズとの比較であるが、平均値、最大値、最小値ともにシリーズの方が大きい値を示した。これは、樹脂塗布と同時に軸力を導入することにより、エポキシ樹脂の接着効果が現れたものだと考えられる。また、初期変位も、シリーズはSとほぼ同等であるが、シリーズはやや大きく変位ができることから、樹脂塗布後、同時に軸力を導入した今回の施工は、施工性の面だけでなく、強度の面でも有利であると考えられる。またシリーズはその施工手順からも、樹脂材料のクリープによる軸力低下を抑えることができると考えられる。これらの結果、サンプル数がまだ少ない段階だが、本工事の継手の場合、実験値の最低値に安全率(80%)を考慮したすべり係数0.25という値が妥当であると考えられる。

【謝辞】本研究において、工事では鉄道総研鋼・複合構造研究室に、試験では名城大学理工学部・渡辺孝一先生には大変お世話になった。紙面を借りてお礼申し上げる。

参考文献 1)水野光一郎他：鋼トラス橋の腐食変状と対策工の効果，第8回鋼構造物の補修・補強技術報告会論文集 P.55-62, 2002

表3. 金属粉配合エポキシ樹脂材料諸元

項目	単位	主材	硬化剤
主成分	-	鉄粉配合エポキシ樹脂	変性ポリアミドアミン
性状			
外観	-	黒	淡黄色透明
粘度(25)	Pa·s	5500	0.85
比重	-	2.6	0.95
配合比(重量比)	-	100	10
可使時間	分		60
硬化物特性			
引張せん断接着強さ(25・24h)	N/mm2		14.2
引張強さ	N/mm2		47.0
圧縮強さ	N/mm2		217.0
硬化収縮率	%		0.41

表4 塗装工程の一例(格点部外部)

塗装工程	塗布量(g/m ²)	膜厚(μm)
第1層 厚膜型変性エポキシ樹脂塗料	200	50
第2層 超厚膜型変性エポキシ樹脂塗料	800	400
第3層 超厚膜型変性エポキシ樹脂塗料	800	400
第4層 厚膜型変性エポキシ樹脂塗料	200	50
第5層 厚膜型ポリウレタン樹脂塗料	150	50

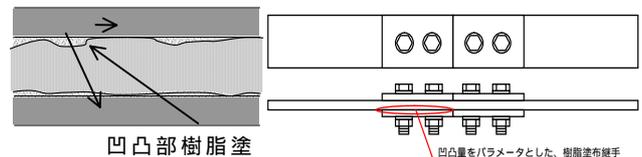


図7 試験片

表5 すべり試験結果(すべり係数)

試験片名	測定されたすべり係数		
	最大	最小	平均
S	0.510	0.496	0.503
F	0.436	0.385	0.413
H57	0.468	0.385	0.418
H80	0.492	0.307	0.408
H80R	0.488	0.447	0.469
H57	0.340	0.282	0.321
H80	0.445	0.396	0.414
H80	0.441	0.409	0.428
H57N	0.403	0.382	0.395
H80N	0.340	0.327	0.336
H80RN	0.374	0.315	0.352