

鋼橋縦ビードの塗膜劣化に対する現況評価及び対策の検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 藤本 大輝

1. はじめに

東海道新幹線の鋼橋では、2年に1回の全般検査にくわえて、8年周期で鉄けた特別検査を実施している。近年、鋼橋主桁の腹板と下フランジの縦ビード部において塗膜割れが確認される事例が増加している。こうした箇所では、溶接表面の腐食が生じている場合がある（写真-1）。縦ビード部は疲労損傷が進展した場合、重大な結果を招くおそれがある。そこで、縦ビード部の塗膜劣化に着目し、塗膜割れに起因する腐食の現況評価と対策の提案を行ったのでその内容を報告する。



写真-1 溶接表面腐食



写真-2 膨れ割れ

2. 塗膜割れの状態調査

5橋梁を対象に、溶接表面が腐食傾向にある「膨れ割れ」（写真-2）の調査を行った。桁種別によらず塗膜割れが発生していることがわかった（表-1）。

表-1 塗膜割れ調査対象橋りょう及び塗膜割れ数量

橋りょう名	桁種別	連	桁長(m)	塗膜割れ数量 (箇所)	単位延長あたり (箇所/m)
A	下総プレートガーダー 開床式	2	17.5	86	4.9
		3	35.0	84	2.4
		4	17.5	88	5.0
B	下総トラス	8	60.0	31	0.5
1		52.8	79	1.5	
C	下総トラス	1	52.8	12	0.2
D		下総プレートガーダー 開床式	1	30.0	26
E	上総プレートガーダー 断面		4	35.0	33
		2	35.0	19	0.5
		3	35.0	18	0.5

3. 塗膜割れ発生原因究明

次に塗膜割れ発生原因の究明に取り組んだ。昭和37年架設以降、現在まで約8年周期で塗り替えを実施している。塗り替えは、塗膜表面の面あらし程度である替ケレン⁴で実施していることや、縦ビードのような隅角部ではケレンが行いづらく、塗り重ねにより膜厚が厚くなりやすいことから、過大膜厚が塗膜割れの原因であると推察し、詳細な調査を行った。

①過大膜厚と塗膜割れの関係の調査

東海道新幹線で使用している塗料は、500 μm 程度の膜厚を超えると内部応力が高まり、塗膜割れが発

生しやすくなるとされている¹⁾。そのため、実橋の膜厚を測定し、膜厚500 μm を目安として評価することとした。

膜厚測定は、隅角部とケレン・塗布作業が容易な腹板部等の平坦部で実施した（図-1）。また、測定箇所は、塗膜割れの状況との比較を行うため、隅角部で塗膜割れがない箇所・微細な塗膜割れがある箇所・膨れ割れがある箇所から選定した

測定の結果、隅角部では、全測定箇所膜厚は500 μm 以上であった。一方で平坦部では、全測定箇所膜厚は500 μm 未満であった（表-2）。また、塗膜割れがない箇所、微細な塗膜割れ箇所、膨れ割れ箇所の順に膜厚が大きくなることがわかった。

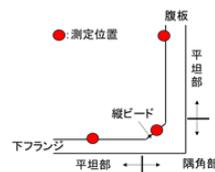


図-1 膜厚測定位置

表-2 膜厚測定結果

測定部位	塗膜状態	min		max	
		min	max	min	max
隅角部	縦ビード	塗膜割れなし	528 μm	1175 μm	
		微細割れ	756 μm	1353 μm	
		膨れ割れ	1278 μm	2641 μm	
平坦部	腹板部	塗膜割れなし	341 μm	487 μm	
	下フランジ 上面中央	塗膜割れなし	344 μm	495 μm	

②発生メカニズム

膜厚測定結果より、膜厚が厚くなると塗膜割れが生じやすくなることが分かった。これを踏まえ過大膜厚に伴う塗膜割れ発生メカニズムを推定した（図-2）。過大膜厚により塗膜割れが発生し、腐食因

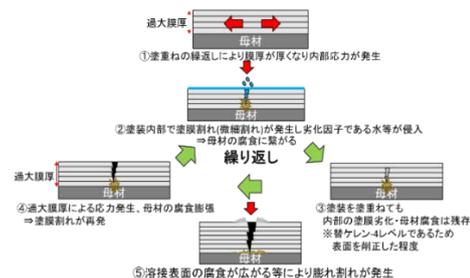


図-2 塗膜割れ発生メカニズム

子である水等が侵入することで鋼材を腐食させる。約8年周期で塗り替えるものの、ケレンが面あらし程度であるため、腐食部分が除去しきれず内部に残存し、塗膜割れが繰り返し発生したと考えられる。

4. 健全度評価

次に腐食箇所の健全度評価を実施した。

①健全度評価の解析概要

キーワード：鋼鉄道橋、縦ビード、過大膜厚

連絡先：〒533-0031 大阪市東淀川区西淡路一丁目2番56号新大阪駅構内 大阪新幹線構造物検査センター

腐食により縦ビードの表面に過大な凹凸が生じると、応力集中部から疲労亀裂が生じることが懸念される。縦ビード溶接棒継ぎ部の凹凸と疲労強度に関する文献²⁾を参考に腐食による疲労強度低下を評価することとした。

文献では、疲労強度の順序は凹凸による応力集中の順序と一致し、各試験体の疲労試験結果と応力集中係数が示されている(図-3)。そこで、腐食部の型取りを行い、型取り材を3D スキャンし、FEM 解析により応力集中係数を求めた(図-4)。

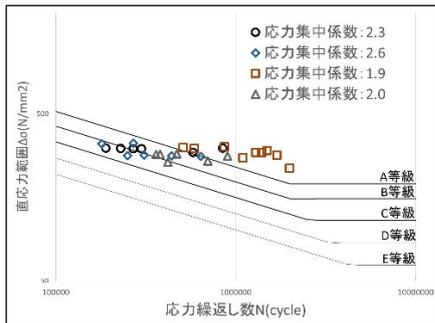


図-3 溶接表面凹凸による疲労強度と応力集中係数の関係²⁾

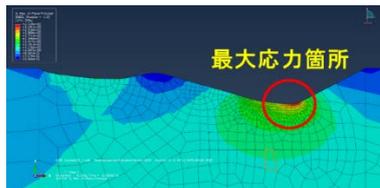


図-4 FEM 解析結果の例

②解析結果

解析の結果、腐食部の応力集中係数は最大で2.3となった。図-3のグラフに解析結果を照合すると応力集中係数2.3であることから、表面形状を考慮した疲労強度は、C等級以上(縦ビードの疲労強度は、内在欠陥に支配されるためD等級)と評価した。

橋りょう種別毎に公称応力を測定した結果、最大応力範囲で38.7MPaとなり、ばらつき係数1.7をかけても65.8MPaであり、疲労限84MPa(疲労強度D等級)を超えないため、疲労による問題は生じないといえる。

以上より、現在の腐食程度であれば縦ビードに疲労損傷が発生する可能性は低いことが明らかとなったが、さらに腐食が進行した場合、疲労が問題になる可能性があるため、腐食進行を防ぐ対策の検討を行った。

5. 対策の検討・試験施工の実施

① 対策(部分塗替え工法)の検討

ケレン種別は、さびの除去と過大膜厚解消のため、旧塗膜を完全に除去する替ケレン-1とし、施工はブラスト工を採用した。塗装系は、過大膜厚箇所以外で塗膜劣化が起因の変状が発見されていないため、ケレン程度を考慮しBMU1-7¹⁾を採用した。

ブラスト工の施工方法は、下記の3パターンから検討した。

	①全範囲ブラスト工のみ	②動力工具によるケレン工+ブラスト工法	③動力工具によるケレン工+縦ビード部ブラスト工法
施工内容			
施工手順	・ブラストのみでのケレン	・ブラスト時間短縮を目的 ⇒事前ケレンを行う ・その後ブラストにてケレン	・ブラスト時間短縮を目的 ⇒事前ケレンを行う ・その後ブラストにてケレン ⇒縦ビード部のみ
施工時間	64分(3.5m) 18分/m	44分(3.5m) 13分/m	36分(3.5m) 10分/m

図-5 ブラスト工の施工方法の検討

②試験施工の結果

ケレン状態は、塗装指針のケレン見本と比較し同等であった(写真-3)。塗装後の膜厚は171 μ m～235 μ mであり、本対策はさびの除去と過大膜厚解消に有効であることがわかった。

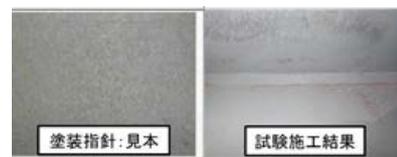


写真-3 塗装指針ケレン見本と試験施工結果

施工方法については、動力工具によるケレンを行った後、縦ビード部のみブラスト工を行う方法が最も効率的であった。

6. まとめ

下フランジ縦ビード部に腐食を引き起こす塗膜割れの原因は塗膜の過大膜厚と推定され、現在の腐食程度であれば縦ビードに疲労損傷が発生するおそれは少ないことが明らかとなった。一方で、今後更に腐食が進行した場合、将来、疲労損傷が発生するおそれが懸念されることから、対策として、さびの除去と過大膜厚解消のための部分塗替え工法を提案した。

参考文献

- 1) 公益財団法人鉄道総合技術研究所(2013)『鋼構造物塗装設計施工指針 2013年12月』
- 2) 縦方向すみ肉溶接継手の疲労強度-溶接棒継ぎの影響-, 三木他, 1986, 溶接学会論文