

鋼鉄道橋（箱型上路鉸桁）の内部リブ等に複数発生したき裂変状の分析と対策

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○佐々木 真紀
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 小菅 匠

1. はじめに

平成 29 年 7 月、経年 47 年の単線式箱型上路鉸桁（表-1）の内部に、複数のき裂が発見された。直ちに現地詳細調査を実施したところ、多種のき裂が多数認められた。本稿では、き裂の発生原因分析と対策を報告する。

表-1 橋りょう諸元

スパン	36.1m	設計荷重	KS-18
斜角	左74°	制作年	1970年
鋼材種別	SM50	図面番号	WDG836
軌道構造	橋マクラギ式 (合成マクラギ)	桁構造	BP-A桁 (高力黄銅支承板)

2. き裂変状の概要等

箱桁内部からの近接目視検査と磁粉探傷試験により、縦リブ/横リブ交差部や垂直補剛材部等において、6種類のき裂が合計40箇所を確認された(図-1)。

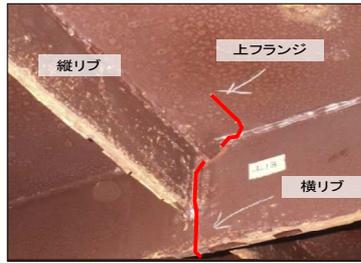


写真-1 き裂変状(タイプA)



写真-2 き裂変状(タイプC)

最も多いタイプ A の 26 箇所は、き裂が上フランジの橋軸方向に伸展していた(写真-1)。また、タイプ C の 2 箇所は、き裂先端が垂直補剛材と腹板の溶接ビードから僅かながら腹板へ達しており、部材を破断させる方向への伸展が特に懸念されるものであった(写真-2)。なお、合計 40 箇所のき裂は桁全体に分布しており、規則性等の特徴は認められなかった。

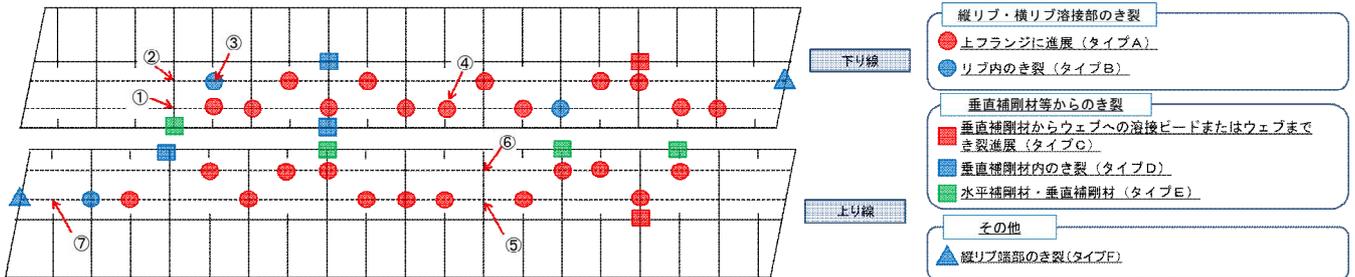


図-1 き裂変状の分布・種別と応力測定位置

3. き裂変状の分析等

(1) 応力測定

き裂発生部位等の応力状態把握およびき裂の新規発生等の予測を目的に、上下線桁スパン中央の下フランジ部における公称応力の他に、横リブき裂箇所の上フランジ(溶接継手 F 等級) 3 箇所、縦リブ/横リブ交差部(溶接継手 E 等級) 4 箇所の合計 7 箇所(図-1)において局部応力の測定を実施した。

表-2 旅客列車通過時の応力測定結果

上下	測定箇所	最大(MPa)	最小(MPa)	応力範囲(MPa)	継手等級	許容応力(MPa)	打切限界(MPa)
下線	下フランジ上面公称応力度	18.7	-1.2	-	-	-	-
	①縦リブ/横リブ交差部局部応力度(右)	10.7	-0.8	11.5	E	80	29
	②縦リブ/横リブ交差部局部応力度(左)	7.9	-1.1	9.0	E	80	29
	③横リブき裂箇所の上フランジ局部応力度(起点方)	6.4	-0.7	7.1	F	65	21
上線	④横リブき裂箇所の上フランジ局部応力度(終点方)	28.5	-2.2	30.7	F	65	21
	下フランジ上面公称応力度	15.5	-0.8	-	-	-	-
	⑤縦リブ/横リブ交差部局部応力度(右)	11.8	-0.8	12.6	E	80	29
	⑥縦リブ/横リブ交差部局部応力度(左)	11.5	-0.5	12.0	E	80	29
	⑦横リブき裂箇所の上フランジ局部応力度(起点方)	21.5	-3.6	25.1	F	65	21

測定の結果、公称応力は 20MPa 以下であり、かつ局部応力については 5 箇所が打切限界内、2 箇所が打切限界を僅かに上回る程度で、現状としては過大な応力発生では無いことを確認した(表-2)。

(2) 疲労損傷度と亀裂発生寿命の算出

応力範囲が最大となった下線の測定箇所④について、疲労損傷度とき裂発生寿命を算出した。当該線区は貨物運行線区のため、貨物列車通過時にも応力測定を実施したが、最大応力範囲は 49.3Mpa(図-2)であり、現状の列車本数から算出したき裂発生寿命は約 72 年であった。また、同様に測定と算出を行った測定箇所⑦のき裂発生寿

キーワード 箱型上路鉸桁, 疲労き裂, 当板修繕

連絡先 〒101-0041 東京都千代田区神田須田町 2-10-1 3 階 TEL03-3257-1694

命は約 122 年であり、いずれも実経年 47 年と乖離があった。

(3) マクラギ形状調査

上記より、現状の応力状態であれば疲労損傷度は大きくないにも関わらず多数のき裂が発生していること(図-1)に疑問を感じ、その他変状の有無や、橋りょう構造および軌道構造の特徴等、当該変状発生に影響し得る各種要因について詳細な調査を実施した。

その結果、列車荷重を桁へ伝達させるマクラギの形状が、現状と過去で異なることが判明した。現状の合成マクラギは腹板の概ね直上に配置される形状であるが、上フランジ面の腐食跡を調査したところ、過去のマクラギ形状は上フランジ端部から橋軸中心方向に 880 mm まで接触していた(図-3)。この位置は、箱桁内部の縦リブ/横リブ交差部位置に概ね一致する。なお、現状のマクラギ形状は平成 17 年度の合成マクラギ化からであった。

(4) き裂変状の発生原因分析

き裂変状の発生原因は、過去のマクラギ形状に起因したものと推定した。具体的には、本来は列車荷重が直接集中的に作用する設計では無い縦リブ/横リブ交差部への、列車荷重の直接的作用による応力集中で溶接ビードにき裂が発生、このき裂が交差部を破断させたのちに横リブのスカーラップから上フランジにき裂が進展したと考えられる。この縦リブ/横リブ交差部の破断により、列車荷重作用時には箱桁断面を内側に変形させる作用が強まり、その他部位におけるき裂発生を助長したものと考察した。一方、現状のマクラギ形状と応力状態からは、既存き裂の急伸や短期間での新規発生等の可能性は低いと想定した。

4. き裂変状の対策等

(1) 監視

き裂の急伸性や新規発生の可能性は低いと想定されるが、後述する修繕実施までの間は、監視を継続することとした。具体的には、全 40 箇所の子裂を写真台帳化するとともに、特に注意を要する箇所として、タイプ A の中でもき裂長の長い 4 箇所と、タイプ C の 2 箇所の合計 6 箇所を重点監視箇所を選定し、き裂先端における変化の有無を継続監視した。監視頻度は、き裂確認直後を 1 週間とし、その後は徐々に最長約 3 ヶ月まで期間を延ばしつつ確認を継続してきたが、想定のおりき裂の伸展や新規発生等は確認されなかった。

(2) 当板修繕の計画と実施

恒久措置としては、全 40 箇所の子裂に対して、タイプに応じた 6 種類の当板修繕を計画した。特にタイプ A は、箱桁内部の縦リブ/横リブ交差部(写真-3)に加え、上フランジ上面に当板を設置(写真-4)する必要があるが、当該橋りょうは合成マクラギが密に敷設されている。そこで、夜間線路閉鎖作業にて合成マクラギを移動させ入念な接合面処理を実施することで、品質確保の徹底に努めた。

5. まとめ

当該橋りょうでは、過去のマクラギ形状による変状発生への助長という特殊性があるものの個別の子裂発生部位や種別に関しては、過去に複数の事例が存在する維持管理上の着眼点であった。今回の事象に鑑み、東京都区内の類似構造橋りょうについては、直ちに箱桁内立入による随時検査を実施し、き裂変状が発生していないことを確認したが、今後についても確実な変状捕捉に努め、構造物の維持管理の徹底を図っていく。

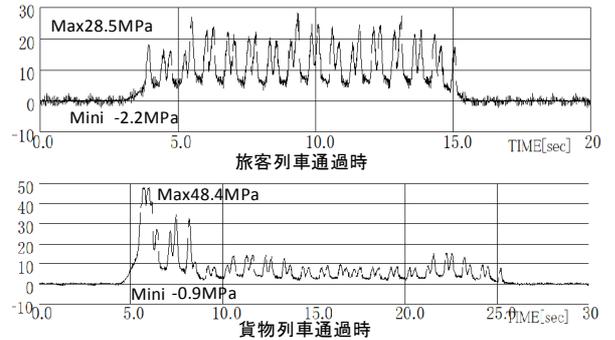


図-2 測定箇所④の応力波形

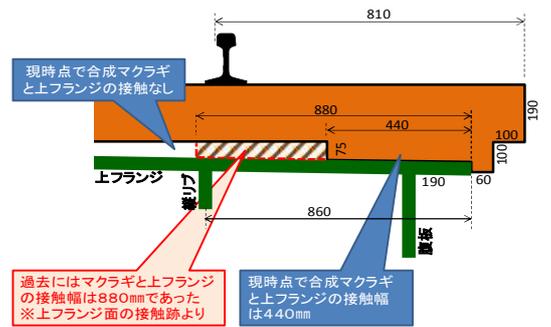


図-3 マクラギ設置状況



写真-3 タイプ A(箱桁内側)



写真-4 タイプ A(箱桁外側)