

槽状桁の疲労き裂における一考察

JR 西日本(株) 正会員 ○徳永 直
 JR 西日本(株) 正会員 今井 卓也
 (株)レールテック 正会員 七村 和明
 JR 西日本(株) 正会員 丹羽 雄一郎

1. はじめに

鉄桁塗替時の足場を利用した特別全般検査(至近距離検査)の実施に伴い、鉄桁の微細な疲労き裂が発見される確率が高くなっている。こういった状況の中、槽状桁(写真-1)では経年50年以内の比較的新しいものでも、端補剛材の機能を併せ持つ端支材の切欠部(図-1 中①②)に疲労き裂が確認されている。この種の疲労き裂は、発生した場合進行性が高く、部材の破断に至る危険性を秘めている。そこで本論では、これら槽状桁の調査を行い、き裂変状発生の原因を探ることとした。



写真-1 槽状桁

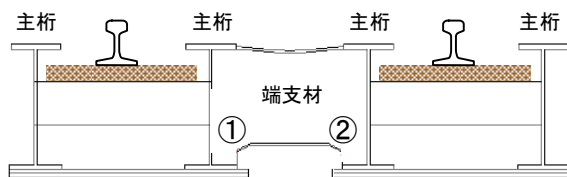


図-1 槽状桁断面図

2. 変状概要

調査対象とした144連の槽状桁のうち、14連に疲労が原因と考えられるき裂が確認できた。き裂は端支材下フランジ切欠部(写真-2 以下“き裂A”とする)、端補剛材下端(写真-3 以下“き裂B”とする)に発生したもので、支点変位の生じている箇所に多く見られる。今後、き裂が進行し主桁腹板に進展した場合は重大な変状となる。

目視調査結果(表-1)

- ・き裂A及びき裂Bは、支点変位が生じている箇所に多くみられた。
- ・き裂Aの進行パターンは、主桁腹板方向に向かって斜めに進むパターンが多い(写真-2)が、切欠部から真上に進展するケースも1箇所あった。
- ・き裂Bの進行パターンは、水平方向に進むパターンが多い(写真-3)。

表-1 目視調査結果

橋りょう	沓	ベトプレート 材質タイプ	き裂A (箇所)	き裂B (箇所)	支点変位 (mm)
14 連	56 基	ゴム	20 基	9	2~3
		鋼	32 基	16	14
		木	4 基	1	0



写真-2



写真-3

3. 応力・支点変位測定

き裂が発生しやすい箇所には応力集中が発生していると考え、同種構造の4橋りょうを選定し、支点変位(図-2 中①、写真-4)と応力(端支材下フランジ切欠部と端補剛材下端部(図-2 中②③、写真-5))を測定した。ひずみゲージは溶接ビート止端から、10mmの位置に1軸ゲージを貼付した。測定列車は各橋りょう毎に、当該線通過の3列車を測定した。代表的な測定結果を図-3、4に示す。

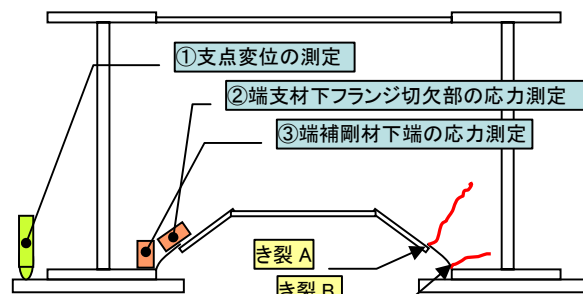


図-2 測定位置



写真-4



写真-5

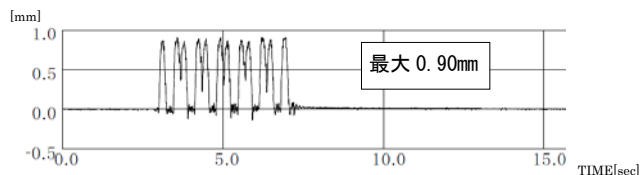


図-3 支点変位の波形

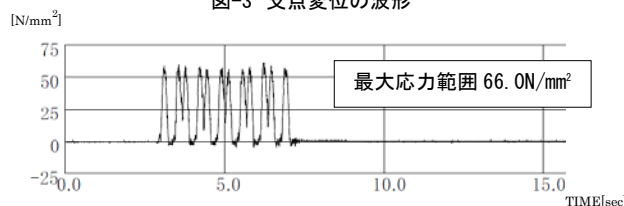


図-4 応力波形

キーワード 鋼鉄道橋, 槽状桁, 疲労き裂

連絡先 〒700-0024 岡山県岡山市駅元町1-3 JR 西日本岡山支社 岡山土木技術センター Tel.086-225-7012

4. 疲労評価

参考文献¹⁾に基づき、測定した応力から疲労き裂発生の可能性の評価を行った。継手の強度等級は、端支材下フランジ切欠部を F 等級、端補剛材下端部を E 等級と仮定した。評価フローを下記に示す。

- (1) 応力波形からレインフロー法により応力範囲を計数
- (2) 応力範囲と繰返し数から、疲労損傷度を算出
- (3) 各列車毎の疲労損傷度から、疲労き裂発生寿命を算出

評価結果の例を表-2 に示すが、最も早い箇所では、端支材下フランジ切欠部で 3 年後、端補剛材下端で 11 年後にき裂発生可能性があることが分かった。

表-2 疲労評価結果

計測位置	継手強度	打切限界(N/mm ²)	応力範囲(N/mm ²)	き裂発生寿命(年)
端支材下フランジ切欠部	F	21.0	66.0	3
			23.9	可能性極小
			30.4	148
端補剛材下端部	E	29.0	55.9	11
			3.4	可能性極小
			39.0	132

5. 支点変位抑制の効果

支点変位と応力の関係を確認するため、支点変位箇所にライナープレート挿入し、支点変位を 0.90mm から 0.58mm に抑制したときの応力を測定した(表-3, 図-5, 6)。

測定の結果、ライナープレート挿入後の応力範囲は、端支材下フランジ切欠部では 66.0N/mm² から 27.8N/mm² に、端補剛材下端部では 55.9 N/mm² から 15.1 N/mm² に低減した。疲労評価したところ、端支材下フランジ切欠部ではき裂発生寿命が 63 年延伸、端補剛材下端部においては今後き裂発生の可能性が極小という結果となった。この結果から、支点変位を抑えることで槽状桁の疲労寿命を大きく改善できることが分かった。

表-3 ライナー挿入前後のき裂発生寿命比較

計測列車		381 系 6 両 114km/h	381 系 6 両 118km/h
計測位置	内容	ライナー挿入前	ライナー挿入後
端支材下フランジ切欠部	支点変位(mm)	0.90	0.58
	応力範囲(N/mm ²)	66.0	27.8
	き裂発生寿命(年)	3	66
端補剛材下端	支点変位(mm)	0.90	0.58
	応力範囲(N/mm ²)	55.9	15.1
	き裂発生寿命(年)	11	可能性極小

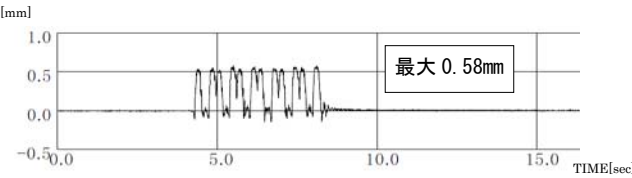


図-5 ライナー挿入後の支点変位の波形

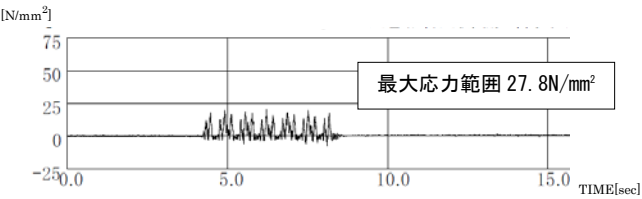


図-6 ライナー挿入後の応力波形

6. 対策

今回考案した槽状桁の端支材に発生したき裂の修繕方法を紹介する(写真-6, 図-7)。

端支材の疲労き裂を予防するためには、支点変位を抑えることが重要である。しかし、槽状桁の支点変位は完全に取除くことが困難な場合や、修繕後に再発する事例もある。そこで、支点変位がある程度生じた場合においても、構造上大きな応力集中の生じない下記の修繕方法を検討した。

- (1) 端支材き裂箇所は、ガウジングによりき裂を完全除去し、溶接補修(完全溶け込み溶接+グラインダー仕上げ)を行った。
- (2) き裂発生の原因と考えられる溶接箇所への応力集中を防ぐため、端支材には鉛直方向の切り込みを入れた(図-7 中①)。
- (3) 端支材の間隔保持材としての機能強化と、切り込み先端への応力集中を防ぐため、端支材を挟み込む形で平鋼と高力ボルトにより当板補強を行った。念のため、目視点検時に端支材の切り込み先端の状況を確認できるような構造とした(図-7 中②)。

本対策により、疲労上問題となるような応力集中は無くなったと考えられる。今後の検査で継続監視していく。



写真-6 修繕完了状況

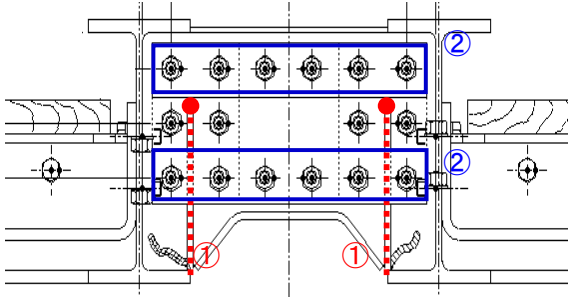


図-7 断面略図

7. まとめ

今回の調査結果から下記のことが明らかとなった。

- (1) 支点変位が比較的大きな箇所では総じて端支材にき裂が発生している。また、き裂が発生していない箇所でも、疲労評価の結果、近い将来き裂が発生する可能性がある。
- (2) 支点にライナーを挿入し、支点変位を抑えたところ、局部応力が低下した。疲労評価の結果、端支材の疲労き裂発生寿命を大きく延伸することが可能であることが明らかとなった。
- (3) 今回示した工法は、端支材、端補剛材の機能を保持しつつ、支点変位がある程度生じた場合においても、大きな応力集中が生じないと考えられる。

8. 参考文献

- 1) 鉄道総研，鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編) 鋼・合成構造物，H19.1