

斜角を有する開床式下路桁におけるニーブレース変状と対策工について

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○武藤 新志
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 高橋 武志
 東日本旅客鉄道株式会社 中村 裕充

1. はじめに

本報告では斜角を有する開床式下路桁における、端横桁ニーブレースと主桁との連結部において発生した疲労亀裂の変状原因と対策工について述べる。類似構造において同箇所の疲労亀裂に関しては、支点部のあおりによる連結部の繰返し応力が原因で発生することが確認されているが、本橋りょうにおいてはあおりが発生していないにも関わらず疲労亀裂が確認されたため、その変状原因を考察し対策工及びその効果について検証したので報告する。

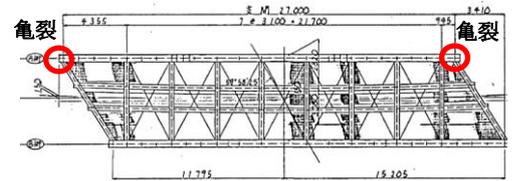


図-1. 橋りょう平面図

2. 桁構造の特徴と発生した疲労亀裂

疲労亀裂が発生した桁の平面図と断面図を図-1, 2 に示す。

本橋りょうは溶接構造の開床式下路桁で支間 27.0m, 斜角 60°で横桁がニーブレースと呼ばれる部材で主桁に連結されており、軌道形式はマクラギを介さずレールが桁に直接固定されている構造となっている。(以下鋼直結構造) 端横桁ニーブレースは、橋軸方向と斜めに配置されており、部材の端部が折り曲げられるようにして、主桁の端補剛材に取り付けられている。また、主桁の内側に橋側歩道が設置されており、外軌側の建築限界幅を確保するために縦桁を片側に寄せて設置されている。また、端横桁には中間に杓が設置されることもあるが、本橋りょうには設置されていない。

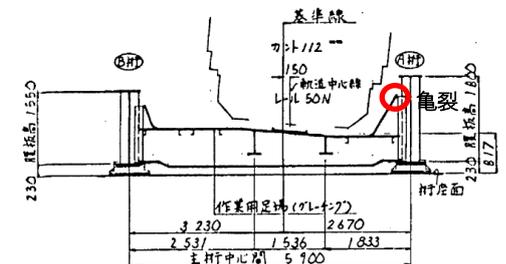


図-2. 橋りょう断面図

上記の複合的な要因により通常の開床式下路桁に比べ横桁のたわみが大きくなったことや左右の応力差が発生したことにより、疲労亀裂が発生したものと推察した。

発生した疲労亀裂はニーブレースの溶接ビードに沿って発生しており、変状を確認した直後にストップホールを施工したが、亀裂の進行は止まらなかったため更なる対策をするべく原因の調査を実施した。

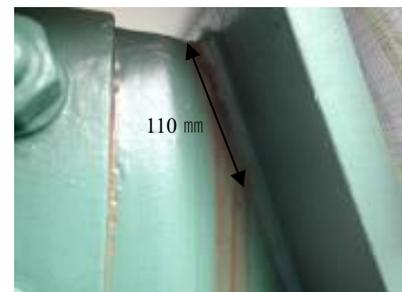


写真-1. 亀裂発生箇所状況

3. たわみ・応力測定による原因調査

1) たわみ測定

列車通過時の横桁のたわみによって亀裂が発生したと考えられたため、たわみ量の測定を行った。測定結果(表-1)から、端横桁よりも中間横桁のたわみ量大きいことが確認されたが、横桁たわみの限度値は端横桁で 4 mm, 中間横桁で 5 mm となっており¹⁾、いずれも限度値内に収まっていることが確認された。

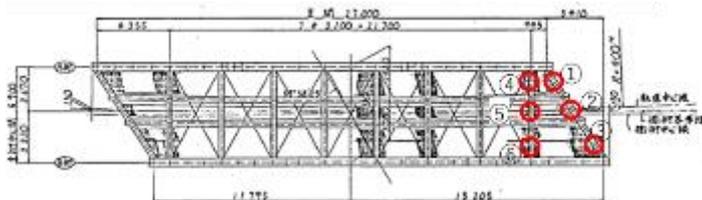


図-3. たわみ測定位置

表-1. たわみ測定結果

No.	測定位置	最大値(mm)	左=ブレスからの距離 (m)
①	端横桁左	0.5	0.5
②	端横桁中央	1.7	2.7
③	端横桁右	1.1	6.4
④	横桁左	2.0	0.5
⑤	横桁中央	3.9	2.5
⑥	横桁右	3.0	5.5

キーワード：鋼鉄道橋, 斜角桁, ニーブレース, 疲労亀裂, 応力測定, 当板工

連絡先：〒990-0039 山形県山形市香澄町1丁目 1-17 東日本旅客鉄道株式会社 仙台支社 仙台土木技術センター
 山形派出 TEL023-635-3731

2) 応力測定

疲労亀裂が発生している端横桁において、列車荷重によって発生する応力の測定を行い、部材内における応力の発生状況を確認した。

(表-2) この応力測定結果は亀裂を確認した直後にストップホールを施工後に測定した結果であるが、ニーブレースのストップホール先端において非常に高い応力が確認された。また、表-3 に示す応力波形データから、本来であれば主桁長や縦桁長に応じて車輪の応答が確認されるが、今回測定した波形は車輪の応答がなく、密な振動波形となっていることが確認された。これは、軌道構造がマクラギを有さない鋼直構造であることかつ、端横桁ニーブレースの剛性不足により振動波形となったことが考えられる。この振動により通常の桁より応力が繰り返し発生し疲労亀裂につながったと考えられる。亀裂が生じた場合に即座に列車運行に支障をきたす端横桁支点部においては高い応力は確認されなかった。

以上の結果から 2. で述べた構造上の特性により疲労亀裂が発生したと考えられたため、この原因に対する対策工を実施した。

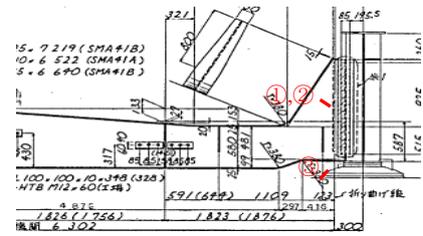


図-4. 応力測定位置

表-2. 応力測定結果 (ストップホール後)

ストップホール後				
No	測定部材	max	min	応力範囲
①	ニーブレース(左)(表)	126.1	-107.9	234.0
②	ニーブレース(左)(裏)	59.9	-59.7	119.6
③	端横桁支点部	18.5	-15.6	34.1

単位：MPa

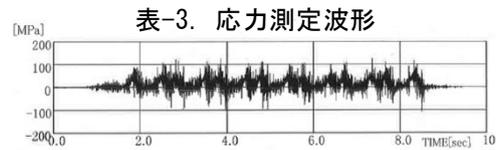


表-3. 応力測定波形

4. 対策工の概要と効果の確認

部材の剛性を高め応力緩和することを目的とした当板工を図-5、写真-2 の通り施工した。当板工の形状は亀裂を監視するため、両側から挟む形でなく片側からボルトで締結し、逆側から亀裂を監視できる形状とした。また、斜角を有する橋りょうであるため、ニーブレース接続部が曲げ加工された状態で取り付けられており、既設のニーブレースに合わせて当て板を行うとボルト締め付け時に狭隘になり工具が入らない可能性があることから、ニーブレースのフランジ部を拡幅させた形状とした。新部材の製作にあたっては、現場測量後に工場で作部材を製作し、現場で再調整を行い新部材の完成精度を高めた。

当板工後の応力測定結果を表-4、5 に示す。応力が緩和されており、今後亀裂の進展が懸念される継手強度等級から定まる基本疲労許容応力範囲以上の応力は確認されなかったため、対策工の効果は十分に発揮されていると言える。

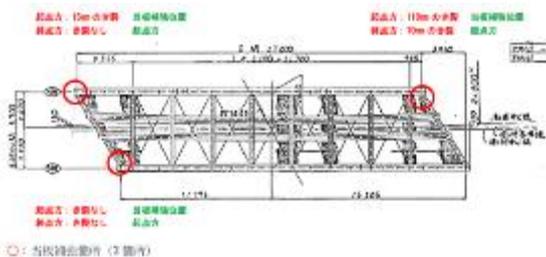


図-5. 対策工平面図

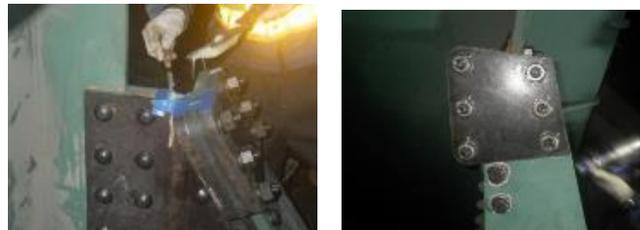


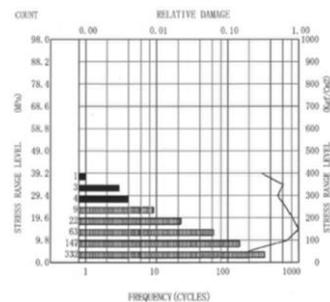
写真-2. 当て板工設置写真

表-4. 対策工平面図

当板後				
No	測定部材	max	min	応力範囲
①	ニーブレース(左)(表)	19.8	-17.7	37.5
②	ニーブレース(左)(裏)	18.0	-30.2	48.2

単位：MPa

表-5. 発生応力分布



5. まとめ

今回の対策工により、当該橋りょうの疲労亀裂箇所の応力を緩和し、橋りょう全体としての健全性を回復させることが出来た。今後亀裂の進展が確認された場合には当て板の部材交換を行い、再度応力測定で高い応力が確認された場合には中間査の設置等の更なる対策を検討することとする。

参考文献

- 1) 運輸省鉄道局・鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼・合成構造物）