

支承部にゴム板補修を施した鋼鉄道橋におけるき裂の発生原因と対策

JR 西日本 正会員 ○佐藤 篤  
JR 西日本 正会員 池頭 賢

1. 研究の背景と目的

1970年代に補修された短支間の一部の上路プレートガーダー支承部において、鋼製ベッドPLの下にゴム板が設置されている(図-1)。施工当初は、桁座への衝撃緩和および応力分散を目的として設置されたものと考えられる<sup>1)</sup>。しかしながら、施工後約40年を経過した現在では、ゴム板が設置された支承部には、図-1に示すような端補剛材下端溶接部に疲労き裂が発生している事例が散見されている。このき裂は進展すると、腹板に進展する恐れがあり、早期の対策が必要である。

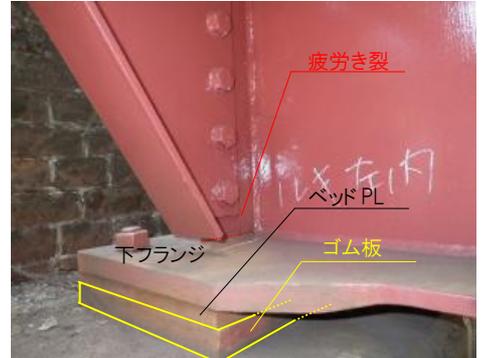


図-1 ゴム板設置状況

そこで、本稿では表-1に示すゴム板が設置されている上路プレートガーダーを対象として、解析により端補剛材下端溶接部のき裂発生原因の特定を行い実橋による施工を行った当板修繕の効果検証結果について報告する。

2. 端補剛材下端溶接部の疲労き裂発生原因の推定

表-1 ゴム板設置の上路プレートガーダー

1) ゴム板の劣化度診断

図面番号	支間長	桁重量	設計荷重	しゅん功	
A橋りょう	WDG606-2	6.7m	2.88t	KS-16	1974年
B橋りょう	WDG606-2+C1	6.7m	2.88t	KS-16	1977年

表-1のA橋りょうから採取したゴム板の劣化度診断を行った。

弾性係数測定・形状測定の結果について示す。ゴム板の劣化度合いを定量的に評価するために弾性係数を測定した。図-2に示すように12個のコアを採取し、圧縮力を加えることで弾性係数を測定している。測定結果は0.94~1.40[MPa]の範囲の測定値となり、平面位置に特徴は見られず弾性係数から劣化度合いの評価は困難であった。一方で、鋼材の一般的な弾性係数 $2.0 \times 10^5$ [MPa]と比較すると極めて小さい弾性係数であり、支承部の下層においては非常に変形しやすい材料であったことがわかる。また、図-3にゴム板上面のA-A断面の形状を測定した結果を示す。桁内側と桁外側の損耗を比較すると、約2mm桁内側が薄くなっていた。これは、約40年間の列車荷重の繰返し载荷について桁内側の方が荷重を負担し、塑性変形が大きかったものと考えられる。

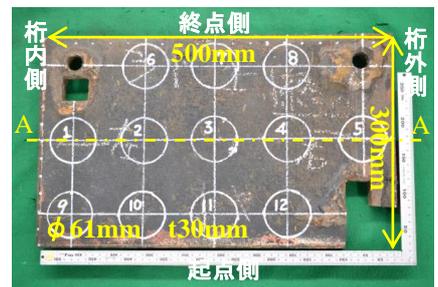


図-2 ゴム板の試験体

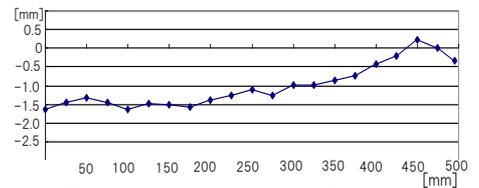


図-3 A-A断面の形状測定の結果

2) FEM解析による疲労き裂発生原因の推定

表-1のA橋りょうをモデル化しFEM解析を行った。なお、ゴム板は2.2)に示したゴム板の形状と弾性係数を再現している。解析結果による鉛直方向応力を図-4に示す。桁外側の端補剛材下端では最も応力集中している箇所で-108MPaを示し、過大な応力集中が発生する傾向は3.1)のB橋りょうの測定結果と類似している。図-5に変形図(変形倍率100倍)を示す。支承部では荷重が集中するウェブ直下が下方へ変位し、これに伴い下フランジが上方へ湾曲していることがわかる。この下フランジの湾曲変形は、桁本体と比較し極めて小さな弾性係数を有するゴム板が支承部の最下層

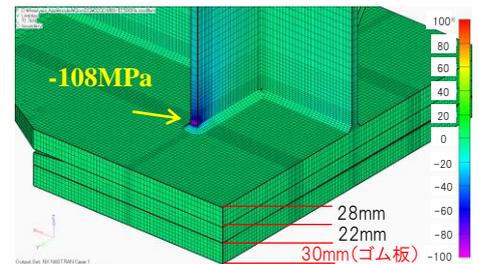


図-4 鉛直方向応力図

キーワード：ゴム板, バタツキ, 端補剛材, 疲労き裂  
連絡先 京都府福知山市駅前町415番地 TEL:0773-23-8670

に設置され、ウェブ直下の変位量を増大させた結果発生したと考えられる。つまりは、下フランジが湾曲変形したことにより、この変形を端補剛材下端の先端部が抑えるため、この箇所にて過大な応力集中が生じ、疲労き裂につながるものと考えられる

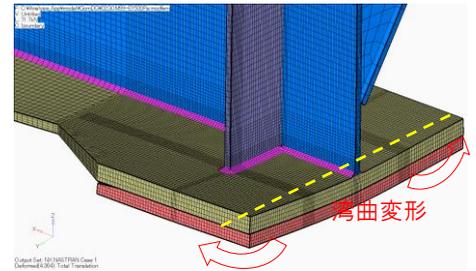


図-5 変形図 (変形倍率 100 倍)

3. 修繕方法とその効果検証について

1) 修繕前応力測定

表-1 の A 橋りょうと同形式の B 橋りょうを対象とし、補修前後で実橋応力測定を行った。起点方左右の支承部に対して応力測定を行ったが、本稿ではき裂のみられない左支承部に着目し結果を述べる。図-6 に示すように端補剛材下端部にひずみゲージ 3CH を取り付けた。

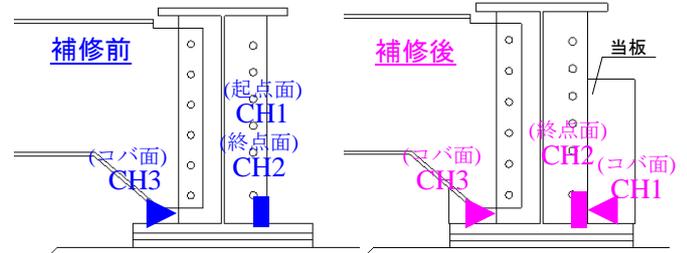


図-6 ひずみゲージ貼付位置 (正面図)

ここでは端補剛材下端の継手の強度等級を E 等級と仮定し、一定振幅応力下の 80.6MPa (完全片振り圧縮補正係数 1.3) で評価した。図-7 に修繕前の測定結果を示す。CH1~3 では発生応力のピーク値はそれぞれ-116.6MPa、-77.4MPa、-113.3MPa となった。CH1,3 では疲労限に対して過大な圧縮応力が作用していることがわかる。

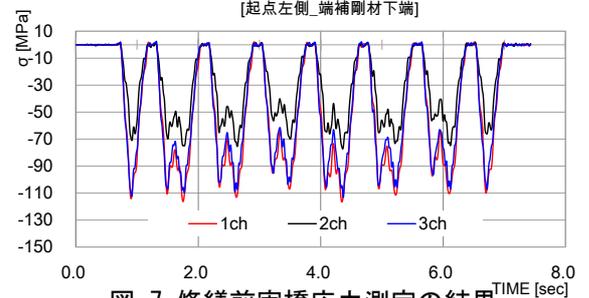


図-7 修繕前実橋応力測定の結果

2) 下フランジ湾曲抑制当板による修繕

2 において疲労き裂発生の原因として明らかになった下フランジの湾曲変形を抑制することを目的とし、図-8 に示す当板による修繕方法を考案し、施工した。当板による修繕方法は、従来までのゴム板の撤去を含めた支承部修繕と比較して、低コスト・短期間・徐行なしに施工することが可能である。

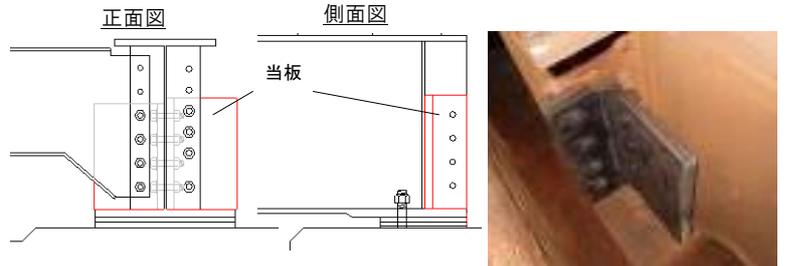


図-8 当板修繕の概要図及び施工写真

3) 当板修繕の効果検証

修繕後実橋応力測定を行い当板修繕の効果検証を行った。測定位置については、図-6 の右図に示すとおりである。表-2 より、CH1 では-34.9MPa (約 70%低減)、CH2 では-10.2 MPa (約 87%低減)、

表-2 修繕前後の応力測定結果

[ MPa ]	修繕前後の応力測定結果	
	修繕前(実測)	修繕後(実測)
1ch(左-桁外側-起点面)	-116.6	(-34.9)
2ch(左-桁外側-終点面)	-77.4	-10.2
3ch(左-桁内側-コバ面)	-113.3	-63.9

※( )は当板修繕により測定不能のため、コバ面の測定値(参考)を示す

CH3 では-63.9MPa (約 44%低減) といずれの測定箇所においても大幅に発生応力が低減し疲労限以下となったことがわかる。これは、当板が下フランジの湾曲変形を抑制した結果であると推察される。これより、下フランジ湾曲抑制当板は端補剛材下端溶接部の疲労き裂発生に対し有効な対策であることが明らかとなった。

4. まとめ

- 1) 撤去したゴム板の形状と弾性係数を測定した結果、ゴム板の桁内外で最大約 2 mm の厚さの差が見られた。
- 2) 解析的検討結果から、支承部に設置されたゴム板により下フランジが湾曲し、端補剛材下端の先端部周辺に応力集中したことがき裂の発生原因と特定した。
- 3) ゴム板が敷設されている橋りょうの端補剛材下端部には疲労限を越える応力が作用しているが、考案した当板を施工すると、発生応力を疲労限以下に低減できた。

(参考文献)

- 1)日本鉄道施設協会(1974),「土木建造物取替の考え方」
- 2)鉄道総合技術研究所(2009),「鉄道建造物等設計標準・同解説—鋼・合成建造物」