

鋼鉄道橋支承部下フランジのき裂対策について

J R 西日本 正会員 ○矢野恵美子
 J R 西日本 正会員 谷田 聡

J R 西日本 正会員 木村 元哉
 J R 西日本 一志 義晴

1. 背景

我が国の鋼鉄道橋では、通トンが多い主要幹線の古いリベット桁において支承部下フランジにき裂が多発している。修繕で撤去された部材を調査した結果から、図-1のように列車の繰り返し荷重による下フランジとソールプレートの摩耗により、下フランジに曲げが作用し、き裂に至ることがわかった（以下、き裂発生メカニズムとする）¹⁾。対策方法として、フランジやソールプレートの部材取替が一般的であるが、列車を運行させながらの施工は制約が多く、多大な労力と費用がかかっている。

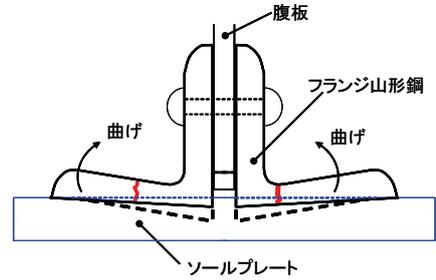


図-1 下フランジき裂発生メカニズム¹⁾

本研究では、構造物の維持管理を効率的に行うことを目的として、図-2に示す既設の支承部下フランジき裂対策（特殊当板補強工法(仮称)）に着目し、補強箇所の実橋測定と FEM 解析を実施した。その結果を踏まえ、簡易で合理的な修繕方法を提案する。



図-2 特殊当板補強例

2. 特殊当板補強工法

過去に実施された現状の特殊当板補強工法は、支承部の剛度を増すことで下フランジに作用する曲げに抵抗し、き裂の進展を防ぐことを目的とした比較的簡易な修繕方法である。一方で、施工例が少なく効果が不明な点が課題である。

3. 効果の検討

特殊当板補強の効果の程度について検討するために、実橋測定と FEM 応答解析を実施した。

(1)実橋測定：表-1 に示すように特殊当板補強をした場合（ケース A-1、A-2）、下フランジとソールプレート間に摩耗がある場合（ケース B）、健全部（ケース C）の計 4 ケースについて測定を行った。対象橋りょうは、当社で一般的な建設年次・桁形式であり、き裂が多く発生している 3 橋りょうとした（表-2）。表-1 の測点番号内訳のとおり当板補強部は 9 箇所で応力を、4 箇所で変位を測定し（図-3(a)）、摩耗部と健全部は 4 箇所で応力を、3 箇所で変位を測定した（図-3(b)）。

表-1 実橋応力測定ケース

測定ケース	ケースA-1	特殊当板補強(下フランジ補強部材厚:40mm)	
	ケースA-2	特殊当板補強(下フランジ補強部材厚:25mm)	
	ケースB	下フランジとソールプレート間に摩耗あり	
	ケースC	健全	
測点番号内訳	応力	①②	下フランジ下面(線路直角方向)
		③④	下フランジ上面(線路直角方向)
		⑤⑥	補強部材と下フランジの境界(線路方向)
	変位	⑦⑧⑨	補強部材(鉛直方向)
		A、C	下フランジ端部
		B	下フランジ中央部
	D	ソールプレート中央部	

表-2 対象橋りょう諸元

	ケースA-1 ケースC	ケースA-2	ケースB
形式	単線路上路プレートガーダ		
連数	上下 各1連	上下 各16連	上下 各11連
支間長	16.0m	19.1m	22.3m
しゅん功年	大正13年	昭和3年	昭和25年
標準図面番号	C173-5	達94	達94

例として、図-4に測点番号①と②における各ケースの下フランジ下面発生曲げ応力範囲を示す。ケース A-1 とケース A-2 を比較すると、測点番号①（当板側）では両ケースともに健全部程度の曲げ応力となっているが、測点番号②（当板されていない側）では、板厚の小さい

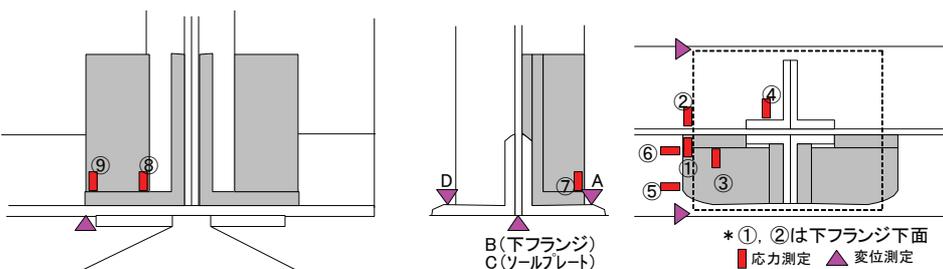


図-3(a) 応力測定位置図(ケース A-1、A-2)

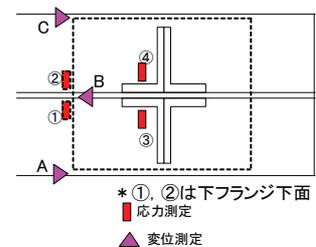


図-3(b) 応力測定位置図(ケース B、C)

キーワード 鋼鉄道橋 き裂 摩耗 特殊当板補強 維持管理

連絡先 〒601-8411 京都市南区西九条北ノ内町 5 番地 5 J R 西日本 京都土木技術センター TEL075-682-8116

ケース A-2 で大きな曲げが発生している。これより、特殊当板補強工法によって下フランジに生じる曲げ応力を低減することはできると考えられるが、補強部材の板厚が小さい場合にはその効果が十分とはいえないことが示唆される。次にケース B と C を比較する。下フランジとソールプレート間に摩擦がある場合、健全部より大きな曲げ応力が発生しており、前述のき裂発生メカニズムの妥当性が確認できる。

次に、図-5 に測点番号⑤～⑨についてケース A-1 とケース A-2 の結果を示す。なお、ケース A-2 では測点番号⑤⑥を測定することができなかった。板厚の違いに関係なく、当板自体に生じる応力（測点番号⑦⑧⑨）は小さいことがわかる。一方、ケース A-1 に示す当板と下フランジの境界部（測点番号⑤⑥）では、測点番号⑤で非常に大きな応力が発生している。これは、断面急変箇所であること、当板と下フランジ間を溶接していることによる応力集中と考えられる。すなわち、両者の境界付近の構造については今後検討が必要である。

(2)FEM 応答解析：ケース A-1、C について実橋測定を行った橋りょうを対象として、図-6 のようにシェル要素により桁全体をモデル化し、3次元 FEM 静的解析を行った。ヤング係数は $2.1 \times 10^5 \text{MPa}$ で、傾向を把握するために簡易的に線形解析とした。荷重は 221 系の軸配置、軸重を用いた。ケースは表-3 に示す 3 ケースである。図-7 に、略図位置における各ケースの支承部下フランジ下面に発生する応力の橋軸直角方向成分を示す。ケース 1（健全）、3（特殊当板補強）においては、き裂発生に影響しない程度の小さな応力しか発生していないのに対し、ケース 2（ソールプレート、端補剛材下端摩擦）においては、非常に大きな応力が発生している。本研究では簡易モデルによる解析を実施したため、高いレベルの応答を示している可能性があるが、実橋測定結果と同様に、下フランジとソールプレート間に摩擦がある場合に大きな曲げ応力が発生するが、特殊当板補強を行うと支承部全体で下フランジの曲げ応力が低減する結果が得られた。

以上より、実橋測定と FEM 解析を実施した結果、特殊当板補強を行うことで下フランジの発生曲げ応力が低減し、き裂の進展を抑制することが可能であることがわかった。

4. まとめ

既設特殊当板補強箇所について実橋測定と解析を行い、本工法は支承部下フランジにおける曲げ応力の低減効果が高く、き裂の進展抑制に有効であることを確認した。今後は、現状の特殊当板補強工法の課題を抽出し、改善を図ることで最適な修繕方法を検討していく予定である。

特殊当板補強工法は、き裂が残存するため恒久対策とはいえないが、き裂の進展抑止に対しては効果的な対策方法と考えられる。今後は、恒久対策（部材取替等）と暫定対策（特殊当板補強工法等）をうまく使い分けることにより、効率的で効果的な構造物の維持管理を図っていきたい。

参考文献

1)鎌田他：鋼鉄道橋支承部下フランジのき裂発生機構，土木学会第 63 回年次学術講演会，I-068，2008。

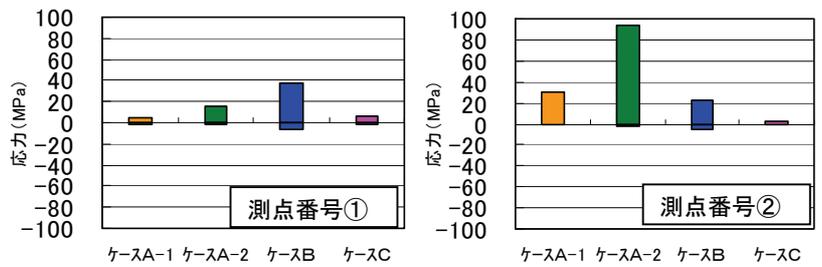


図-4 下フランジ下面の最大応力範囲

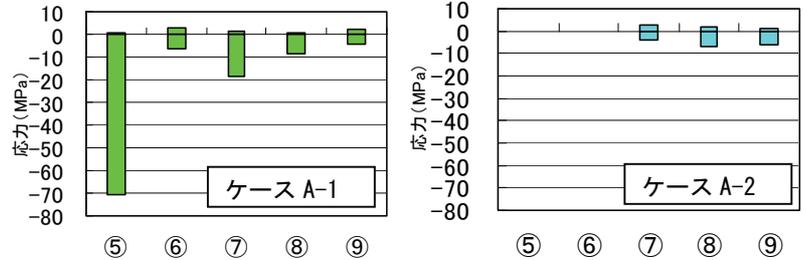


図-5 当板補強箇所の最大応力

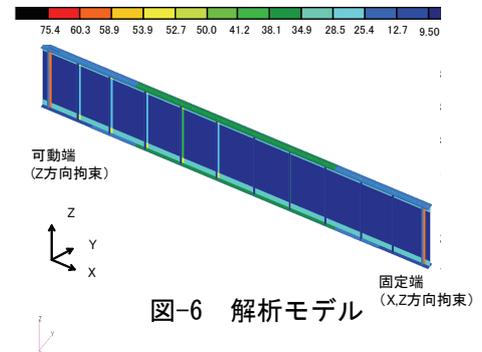


図-6 解析モデル

表-3 解析ケース

	ソールプレート摩擦		端補剛材下端隙間		特殊当板補強	
	無し	有り	無し	有り	無し	有り
ケース1	○		○		○	
ケース2		○		○	○	
ケース3		○		○		○

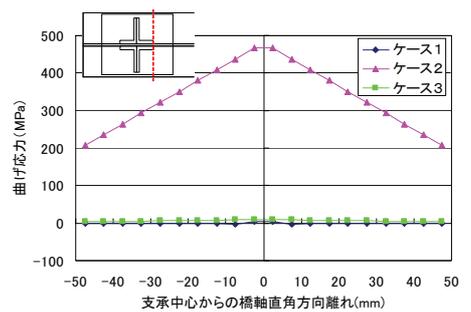


図-7 応答解析結果（下フランジ下面）