

鉄道橋 I ビーム桁支点首部の疲労き裂対策

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○池頭 賢
西日本旅客鉄道(株) 正会員 丹羽 雄一郎
(株) レールテック 正会員 松本 健太郎

1. はじめに

I ビーム桁の支点部のウェブと下フランジの境界付近(以下、支点首部)に、写真-1、図-1に示すようなき裂が発生することがある。このき裂は放置すると、主桁ウェブに進展し桁破断に至る可能性がある。

現状では桁取替が恒久対策として実施されているが、施工環境によっては施工が困難な箇所やコストが増大する箇所がある。

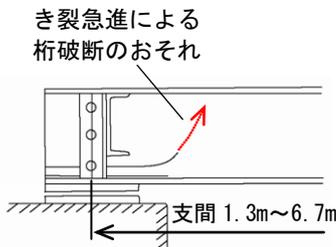


写真-1 I ビーム桁のき裂

図-1 き裂のイメージ

2. 研究の背景と目的

I ビーム桁支点首部に発見されたき裂が、沓座補修に加えストップホールや当て板補修などの簡易な対策のみで、き裂が再発することなく供用されている事例がある。今後のき裂再発の可能性を否定できないが、き裂先端の応力レベルを把握するとともに、局部応力を一定範囲以内に緩和できれば、桁取替に代わる適切な補修工法の一つと成り得る可能性がある。

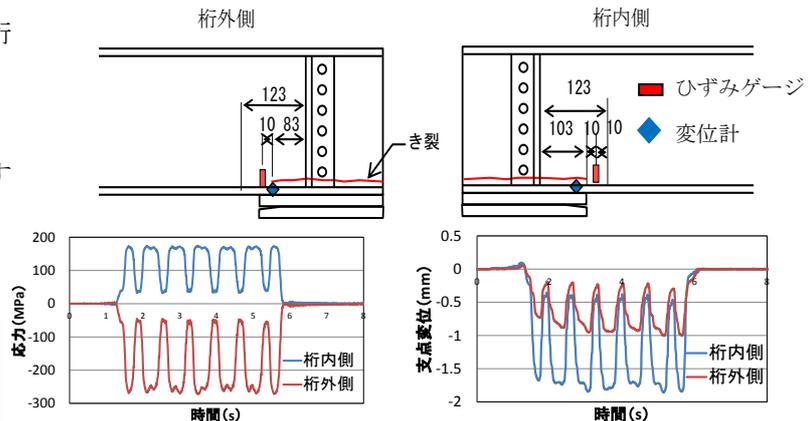
そこで、I ビーム桁支点首部の疲労き裂に対し、経済的かつ効果的な補修対策を確立することを目的に、実橋測定により応力性状を把握することとした。

3. 実橋測定

(1) 対策前

測定は支間 6.7m の I ビーム桁を対象とした。図-2 に測定位置、き裂周辺の応力、支点変位を示す。き裂先端から 10mm の位置の鉛直方向応力は桁内側で 174MPa の引張応力が、桁外側で-272MPa の圧縮応力である。また、ソールプレート前縁位置の鉛直変位は桁内側で 1.85mm、

桁外側で 1.00mm である。桁内側が桁外側より沈下していることから、面外曲げが発生し、き裂先端付近で高い応力となっている。



(a)き裂先端の鉛直方向応力

(b)支点変位

図-2 測定位置及び、測定結果

I ビーム桁支点首部の面外曲げが発生し、き裂はソールプレート前縁付近まで進展しているため補修工法として、①ストップホール対策、②沓座補修、③当て板(端補剛材付き)の三段階の対策を試みた。

対策の概況を写真-2、写真-3に示す。

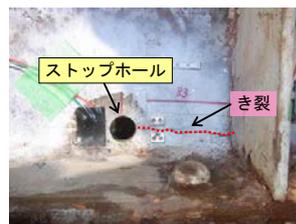


写真-2 ストップホール対策

写真-3 沓座補修, 当て板

(2) ストップホール施工

第一に、ストップホール施工によりき裂先端を除去し、応力集中箇所をストップホール円孔壁へ移動させることで、き裂進展を抑制することとした。ストップホールの径は 24.5mm である。

ストップホール近傍の応力測定結果を図-3に示す。ストップホール孔縁の鉛直方向応力では桁内側で 203MPa、桁外側では-225MPa が生じている。首振りによる面外曲げの影響から高い応力となる。

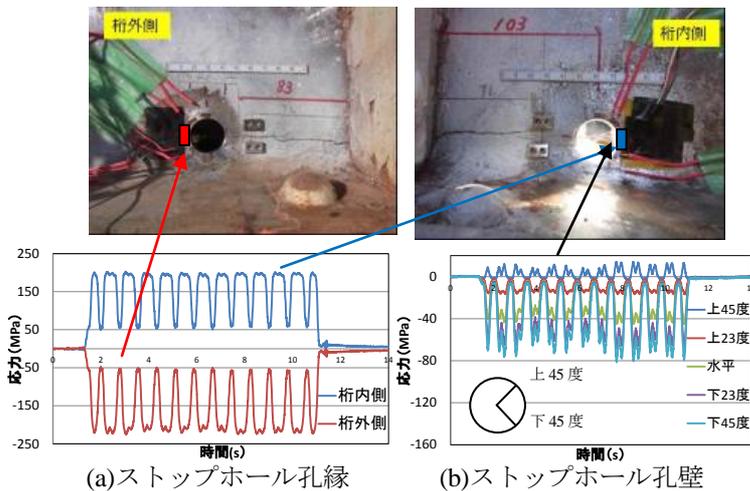


図-3 ストップホール施工後の測定結果

(3) 沓座補修後

次に、沓座補修を実施し支点部の不等沈下を抑制した。ストップホール近傍の測定結果を図-4に示す。

沓座補修によりストップホール孔縁鉛直方向では、桁内側で-44MPa、桁外側で-131MPaとなり、引張応力の発生は解消された。面外曲げ応力が43.5MPaと顕著な首振り現象は低減された。また、ストップホール孔壁は-140MPaの圧縮応力となっている。

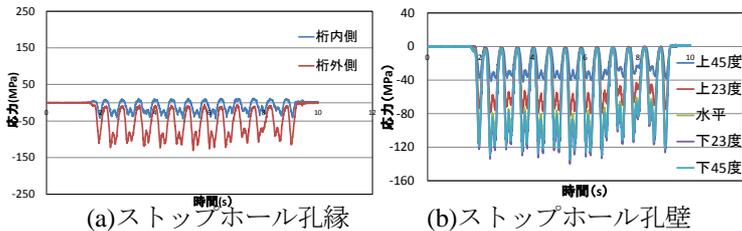


図-4 沓座補修後の測定結果

(4) 当板取付け後

さらに、当板を取付けた場合のストップホール近傍の測定結果を図-5に示す。

ストップホール孔縁の応力は、桁内側で-50MPa、外側で-64MPaとなっており、面外曲げ応力が7MPaと首振り現象がほぼ解消されている。また、ストップホール孔壁の応力は-99MPaと(3)沓座補修後に比べて3割程度減少している。(2)ストップホールと(3)沓座補修のみの膜応力(87.5MPa)が、当板補強により膜応力(57MPa)となり、当板に荷重分配されている。

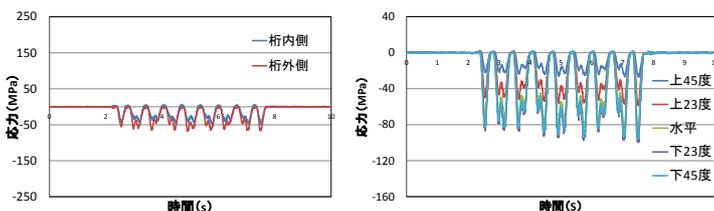


図-5 当板後の測定結果

図-5 当板後の測定結果

4. 補修効果の検証

電車(221系)による測定結果を3.に示したが、疲労評価を行うため221系の荷重を線区の最大荷重である機関車(EF210)相当に換算し、3.(2)~(4)の応力ピーク値を算出した。(3),(4)では応力性状は圧縮

【 $\phi > -1$: $\Delta\sigma_{ce} = 190\text{Pa}$, $\phi \leq -1$: $\Delta\sigma_{ce} = -247\text{MPa}$ (30%増し)】

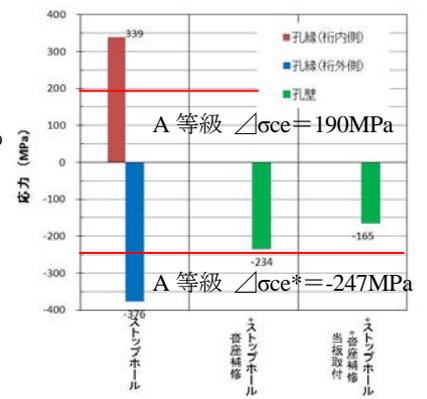


図-6 対策毎の応力ピーク値

(平均応力度 $\phi = -1$)となっているが、き裂の発生やストップホール削孔に伴う残留応力状態が不明なため、(2)との比較を兼ねて鋼母材の疲労強度等級A等級の一定振幅応力の打ち切り限界で検討した(図-6)。

支点のバタツキを残したままき裂先端にストップホールを設けた場合、き裂対岸の孔縁部において、疲労強度等級A等級の一定振幅応力の打ち切り限界よりも大きい。

支点のバタツキを解消し、き裂対岸の孔壁において、応力ピーク値が-234MPa生じる。疲労強度等級A等級の一定振幅応力の打ち切り限界程度となった。

一方、支点のバタツキを解消し、ウェブ両面に端補剛材付き大型当板を取付けた場合、き裂対岸の孔壁において、応力ピーク値が-165MPa生じ、疲労強度等級A等級の一定振幅応力の打ち切り限界以下となった。

5. まとめ

I ビーム支点首部の疲労き裂対策①~③を提案し、実橋の計測結果から各段階の補強効果を検証し、以下の結果を得た。

① ストップホール対策

支点のバタツキを残したままでは、応力範囲が疲労限以上となり、恒久対策となり得ない。

② 沓座補修+ストップホール

面外曲げを抑制し、引張応力の発生はなくなったが、依然として高い圧縮応力が作用している。実橋での適用には恒久対策とされない可能性がある。

③ 当板+沓座補修+ストップホール

当板によりさらに圧縮応力を低減でき、疲労上の問題は解消できると考えられる。

今後は疲労試験により圧縮応力場におけるき裂の発生の有無や対策効果の検証を行っていく予定である。