

I ビーム橋りょう端補剛材近傍における疲労き裂の発生メカニズムに関する検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○平野 雄大
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 網谷 岳夫
 法政大学 正会員 内田 大介

1. 目的

鉄道の地方線区において、主桁に I 形鋼を用いた桁橋である I ビーム橋りょうが多く使われている。I ビーム橋りょうでは、支点部近傍の主桁下フランジ首部に疲労き裂が発生する事例（図 1）が多く報告されている。疲労き裂が発生する原因は、腐食により生じる端補剛材下端の隙（図 1）や、沓座モルタルの損傷により生じる桁のあおりなど、各種変状を原因として列車通過時に端補剛材近傍の下フランジ首部が首振り状態になるためとされている¹⁾。疲労き裂の再現試験²⁾も試みられているが、き裂発生 の 主 要 因 や そ の 起 点 等、き裂発生メカニズムについては不明瞭な点が多い。そこで、I ビーム橋りょうの主桁端補剛材近傍の下フランジ首部に生じる疲労き裂の発生メカニズムを明らかにするため、実寸大の I ビーム橋りょうを用いて静的載荷試験と疲労試験を実施し、き裂の再現を行った。

2. 試験体

試験体の形状寸法を図 2 に示す。主桁に I 形鋼（SS400）を用いた実際の鉄道橋（設計列車荷重 EA-17³⁾）と同じである。G1 桁支点近傍に各種変状を模擬した（図 3）。端補剛材下端の腐食は、下フランジとの間に 5mm の隙間を設けて模擬した。また、端補剛材背面のウェブ下首部にグラインダーを用いて深さ 1mm 程度（長さ 200mm×幅 10mm）の腐食による減肉を模擬した。支点沈下は、G1 桁のソール PL の下にテーパ PL および調整 PL を挿入して模擬し（桁内側沈下量 3mm, 16.4mm）、G1 桁内側の下フランジ首部に引張応力が発生するようにした。また、不等沈下は G2 桁のソール PL の下へ調整 PL を挿入して模擬した（左右支点の高さの差 1.6mm, 6.4mm）。なお、橋上には合成マクラギ、50N レール、軌道パッドを設置した。ただし、マクラギとレールは締結せずに、載荷に干渉しない桁端部にてチェーンブロックと挟締金具で固定した。試験体は鋼製橋台上に横ずれしないように固定した。ひずみゲージ貼付位置を図 3 に示す。事前に簡易的な FEM 解析を行い、高い応力が発生すると推測された桁端からソール PL 範囲の下フランジ首部近傍にひずみゲージを貼付けた。



図 1 支点部近傍の疲労き裂と腐食状況

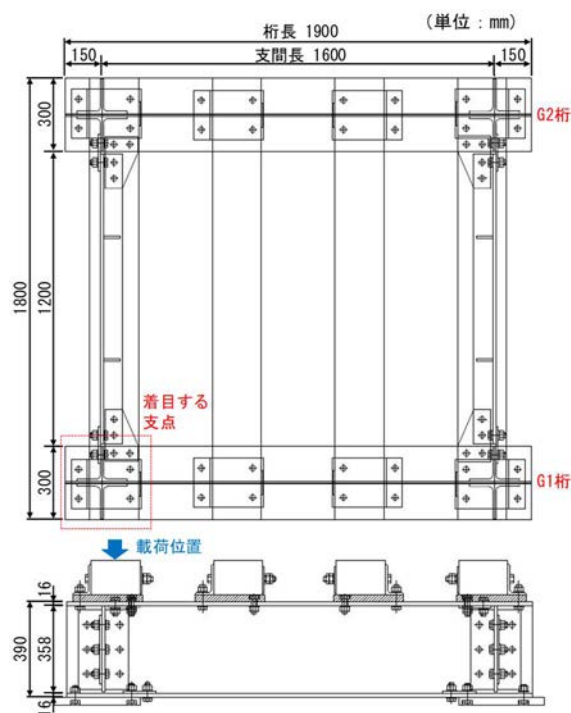


図 2 試験体の形状寸法

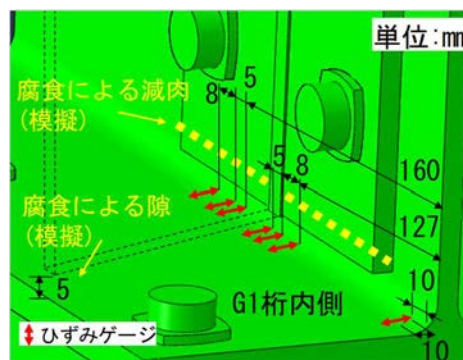


図 3 ひずみゲージ貼付け位置

キーワード I ビーム橋りょう, 疲労き裂

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2 丁目 479 番地 JR 東日本研究開発センター TEL 048-651-2552

3. 静的載荷試験

テーパーPLの有無と左右支点高さの差が下フランジ首部の発生応力に与える影響を把握するため静的載荷試験を行った。試験には静的能力 300kN の電気油圧サーボ式材料試験機を用いた。載荷位置は桁端部のマクラギ上とし、左右のレールに均等に荷重が載荷されるようにレールの上へ鋼製の載荷梁を設置した。図5にG1桁内側ウェブの桁端から10mmの位置に貼り付けたひずみゲージの検討ケースごとの荷重と応力の関係を示す。テーパーPLがある時に下フランジ首部に引張応力が生じ、調整PLを挿入して左右支点高さの差が大きくなると高い応力が発生した。なお、桁端から支間中央側にいくほど引張応力が小さくなり、ソールPL前縁ではほとんど応力が発生していないことを別途確認している。以上のことから、Iビーム橋りょうの下フランジ首部の疲労き裂は、端補剛材下端の隙と支点沈下に加え、左右支点の高低差も影響因子のひとつである可能性が高い。また、桁端部を起点に疲労き裂が発生するものと推察される。

4. 疲労試験

疲労試験は、左右支点高さの差が最大となる条件で行った。疲労試験には、静的載荷試験と同じ試験機を用い、荷重範囲を180kN（下限荷重1kN）とし、繰り返し速度は1.2Hzとした。測定位置における橋軸直角方向応力のひずみ範囲と繰り返し数の関係を整理した結果を図6に示す。G1桁内側ウェブの桁端から10mm位置において、ひずみの変動が大きくなった16千回で疲労き裂が発生し、ひずみ範囲がほぼゼロになる34千回で板を貫通したと推察できる。また、桁端から支間中央側にいくにつれて、ひずみ範囲が順次ゼロとなっていく。このことから、き裂は桁端から発生して支間中央側に進展したものと判断できる。試験後に端補剛材を取り外した状況を図7に示す。桁端部からソールPLまでの300mm程度のき裂を再現できた。なお、本試験では厳しい変状を初期状態として疲労試験を実施したが、実橋においては種々の変状の進行により、発生応力が徐々に大きくなってき裂発生に至ると考えられる。

5. まとめ

Iビーム橋りょうの端補剛材近傍に発生する疲労き裂の発生メカニズムを明らかにすることを目的に実寸大の試験体を用いて静的載荷試験と疲労試験を実施した。得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 支点沈下がない状態では、補剛材下端に隙が生じていても、下フランジ首部に引張応力は発生しない。
- (2) 桁内側に支点沈下がある場合、桁内側の下フランジ首部に引張応力が発生する。その応力は、左右支点の高さの差が大きいほど増加する。
- (3) き裂の発生起点は桁端部であると推察される。

参考文献 1) 池頭ら：鉄道橋 I ビーム桁支点首部における疲労き裂対策の効果検証，鋼構造年次論文報告集，第25巻，661-666，2017 2) 判治ら：鉄道橋 I ビーム桁支点部の疲労き裂とその補修対策による延命効果，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol. 74，No. 2，290-305，2018 3) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼・合成構造物），丸善，2009

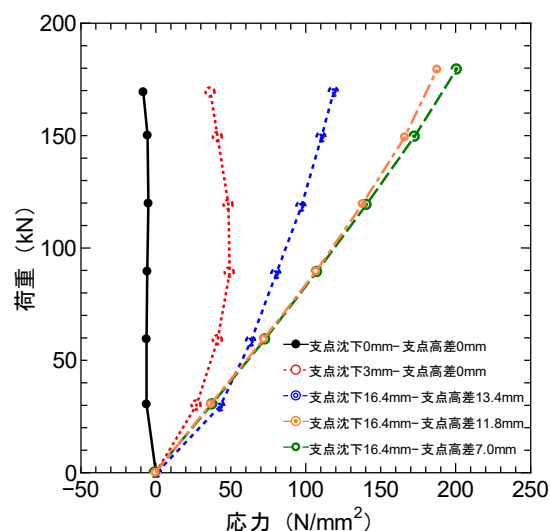


図5 検討ケースごとの荷重と応力の関係

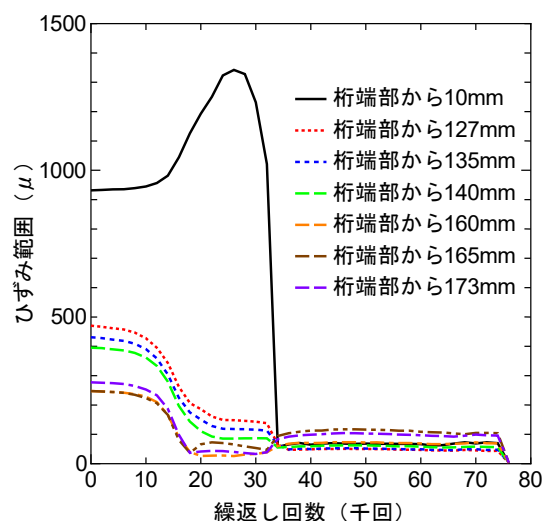


図6 ひずみ範囲—繰返し回数



図7 発生したき裂 (G1 桁内側)