

トラス橋疲労亀裂の原因究明と恒久対策の検討について

東海旅客鉄道（株） 正会員○鈴木 裕之

正会員 大木 基裕 正会員 水野 孝則

正会員 坂上 一雄 横山 雅樹

1. はじめに

東海道新幹線の鉄桁は、全線にわたり溶接構造が取り入れられている。昭和 40 年代後半から一部の鉄桁に変状が見られ、この頃から鉄桁の疲労劣化について取り組むこととなった。その後、昭和 62 年 10 月「東海道新幹線土木構造物調査委員会」を設置し、本格的な調査、研究がなされた結果、平成 9 年 3 月同委員会より「適切な保守・管理をしていけば当分の間は大規模な取り替えの必要はない」との提言が出されている。今回トラス橋縦桁の垂直補剛材に発生した疲労亀裂の原因究明と恒久対策の実施について報告する。

2. 疲労亀裂のメカニズム

疲労亀裂とは、荷重の繰り返し載荷が原因で構造物、部材、継手内に復元しない歪みが蓄積し亀裂が発生、進展することを言う。今回亀裂の発生した補剛材天端溶接部は、構造上定められた強度等級で「F 等級」に相当する。また、F 等級の疲労限は 46MPa となり、これを越える応力が発生すると繰り返し回数により疲労亀裂の可能性が出てくるが、46MPa を下回る応力であれば、何回繰り返されても疲労亀裂は発生しない。

3. 亀裂の発見と変状対策

当社が 8 年周期で実施している「鉄桁特別検査」で、当該橋梁の鉄桁の「中間補剛材天端溶接部」の一部に、疲労亀裂が発見された。亀裂は、溶接部内にとどまっているものの、図-1 に示すように、中には亀裂が進展し、上フランジ上面に達した亀裂もあった。この疲労亀裂は、東海道新幹線土木構造物調査委員会に、亀裂の進行程度に応じた 3 つの補修案を提示し、了承を得た上で補修を行った。提案した補修案は次のとおりである。

(1) 亀裂長 20 mm 未満で溶接部内のもの

亀裂をガウジング（グラインダー等で亀裂を取り除く）を行い、再溶接。（完全溶け込み溶接）

(2) 亀裂長 20 mm 以上で溶接部内のもの

亀裂をガウジング後再溶接し、鋼板による当て板補強。

(3) 亀裂が上フランジに達したもの（図-2 参照）

補剛材の上フランジ接合部を切除し、亀裂をガウジング後再溶接。次に上フランジ下面に当て板補強を行い、新たに補剛材を取り付け。

以上の補修を完了した後、恒久対策の検討を行った。

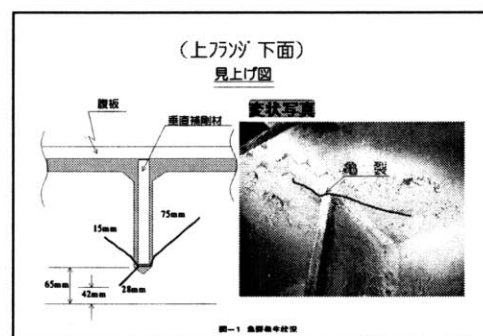


図-1 亀裂発生状況

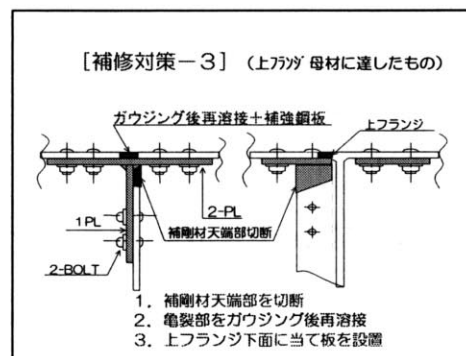


図-2 補修概要図

4. 原因究明と恒久対策の検討

新幹線の橋枕木は在来線の橋枕木とは異なり、枕木受け台と横縫いボルト構造で固定している。この枕木受け台は、上フランジの腐食防止と高速走行に対する抵抗力の 2 つの役割が考えられる。

キーワード：鉄道トラス橋、検査、補修、溶接亀裂、疲労亀裂

連絡先：〒453-0013 名古屋市中村区亀島 2-3-2 JR 東海亀島ビル 2F Tel.052-453-2782 Fax.052-453-2783

しかし当該橋梁の上フランジには在来線で使用しているフックボルトを改良した縦縫いボルト方式を採用したため、縦縫いボルトで枕木を直接上フランジに固定している。この構造の違いによる応力比較のため、当該橋梁と同種構造で枕木受け台のある他の橋梁で応力の比較を行った結果、F等級の疲労限 46MPa を下回ったが、当該橋梁は疲労限を大きく上回る結果となった。これについて検討した結果を図-3に示す。列車通過時の枕木のたわみで、上フランジ内側に応力が集中し補剛材天端部に疲労亀裂が発生したと判明した。

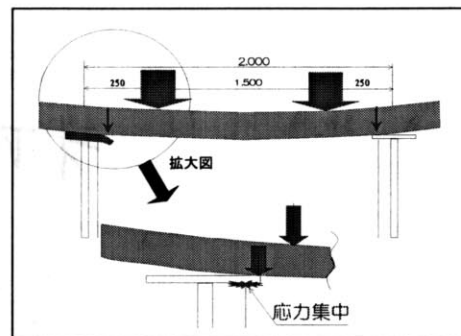


図-3 亀裂発生概念図

この原因から恒久対策の検討をした結果、施工性が良く、低コストな軌道パットの挿入を恒久対策として選定した。しかし、経年の列車振動や風化によるゴムの劣化を考慮して鋼製プレートとの比較をし、効果のある方を採用することにした。

5. FEM解析による応力分布の把握

さらに、FEMにより縦桁にかかる応力を調べたところ、図-4に示すように、現状では補剛材に応力集中の傾向が見られ、補剛材天端部が想定外の応力を繰り返し受け続けたことにより疲労亀裂が発生したことが確認できた。また、恒久対策の軌道パットを挿入した想定での応力分布は、腹板直上のみで補剛材には大きな応力が作用しないことが分かり、この恒久対策が有効であることが確認できた。

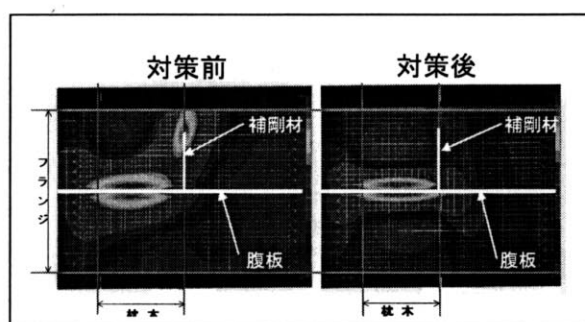


図-4 対策前後の応力分布比較

6. 試験施工と効果

試験施工は、軌道パット、鋼製プレートとも、当該橋梁上り線の延長 10m 施工した。軌道パットは、橋上 2 種パット 5mm、鋼製プレートは、 $6 \times 150 \times 200\text{mm}$ を敷設した。図-5に対策前と試験施工後に行った応力測定の結果を比較したものを示す。対策前 140MPa 近かった応力が大幅に抑えられ、軌道パット、鋼製プレートとも疲労限を下回った。この恒久対策を実施すれば、同種の原因による疲労亀裂の発生はなくなることが確認できた。

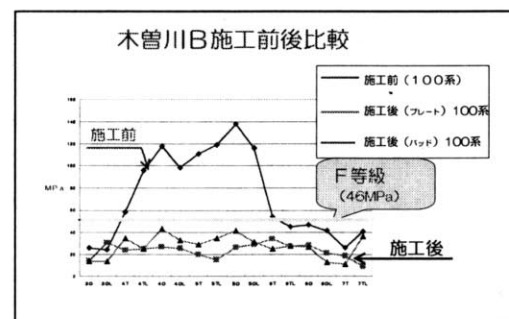


図-5 施工前後の応力比較

7. 提案する恒久対策

軌道パットは、耐久性に不安があること等を考慮し、鋼製プレート（偏心荷重防止鋼板）を採用することになったが、列車振動によるプレートのずれや、錆防止策を施した「偏心荷重防止鋼板」を作製し、敷設することに決定した。他に、枕木を削り取り上フランジとの接触面を小さくする方法も考案された。削正幅は軌道パットと同様の 5mm 程度で良く、今までと同じ材料で施工が行えるので今後の管理、メンテナンスを考慮するとメリットは大きい。この加工した枕木を枕木交換時に敷設し、応力状態を確認したところ、疲労限を下回り、応力の抑制効果が確認できた。

8. 終わりに

今後は、開業当初よりも高速化、超密化した列車運行の中で、設計当時の概念では想定しにくい事象も想定できる広い視野に立った、ワンランク高い検査と適切な補修を行っていく。このような変状を再度発生させることがないように、構造物のメンテナンスを継続し、安全安定輸送を確保し続けていきたい。