

「鋼斜角桁における疲労変状の原因究明と対策」

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○大石 裕介

1. 変状の発生した鋼斜角桁について

この鋼斜角桁は、開床式スルーガーダー2主桁で、東海道新幹線において支間43mと最長で、桁下道路との斜め交差により45°の斜角構造とし、左右の主桁が箱断面で設計された特殊な桁である。

2. 発生した変状と対策の経緯

(1) 鉄けた検査(1巡目)にて発見した変状

主な変状として、端横桁ニープレス上端部と腹板の亀裂及び端補剛材溶接部の亀裂が鈍角部で発生していた。このため端補剛材溶接部の亀裂は、同年度内にガウジング後再溶接を行ったが、数年で亀裂が再発したため、端補剛材溶接部にガウジング後再溶接及び山形鋼による補強(片面のみ)を再度行うと共に、端横桁ニープレス上端部と腹板亀裂のガウジング再溶接及び当て板により対策を完了した。

(2) 鉄けた検査(2巡目)にて発見した変状

前回の検査で発見した変状は対策済であったが、1巡目と同位置で亀裂が再発したほか、支承部の変状も発見した。

これらの変状に対し、恒久的な対策を行うため、原因究明により対策を提案することとした。

3. 疲労変状の発生原因推定

(1) 原因究明に先立ち、以下に示す疲労変状の発生原因を推定した。

- 1) 端横桁の曲げによる応力集中
- 2) 中間支点の沈下による応力集中
- 3) 端補剛材が薄く曲げられやすい

(2) 端横桁の曲げによる応力集中(図-1)

列車載荷時の縦桁のたわみにより軸力が発生し、列車の進行方向への押し込みにより、端横桁が軸力を受けて進行方向に押し曲げられると考えられる。

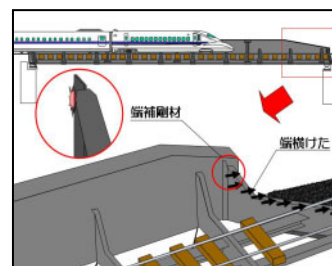


図-1 端横桁の曲げによる応力集中

(3) 中間支点の沈下による応力集中

列車載荷時の端横桁中間部の支点沈下により、端横桁が桁端側へのねじれを伴うたわみが発生し、端補剛材溶接部に応力が集中していると考えられる。

(4) 端補剛材が薄く曲げられやすい

荷重を伝達する部材でないため、設計当初から曲げられやすい構造で設計されていたと考えられる。

4. 疲労変状の発生原因究明

以上の推定原因を検証するため、疲労変状が発生していない鈍角部で実橋測定を行い、実働応力等の把握と、構造解析を行った。

(1) 実橋測定結果

実橋測定のデータを用いて、端補剛材溶接部の疲労評価を行った。評価の結果端補剛材の上端部と中央部はともに高い応力で、疲労限界62Mpaを越えている(図-2)。これにより、疲労限界を超える応力が今後も繰り返し作用した場合、近い将来この溶接部に疲労損傷が発生する可能性があることが解った。

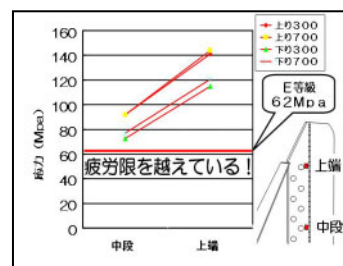


図-2 疲労評価結果

(2) 構造解析結果

1) 列車荷重や沓の機能などの条件を設定して、斜角構造による影響について解析した結果を図-3に示す。結果は当該線通過時で固定端側の応力範囲は可動端側の3倍となった。また、可動端側(非損傷箇所)を固定端側(損傷箇所)と同じく支点を固定端とした場合図-4、の結果となった。

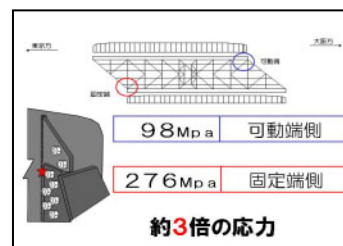


図-3 解析結果

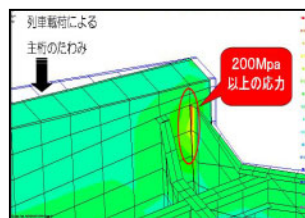
2) 端横桁中間支点の沈下による影響は、実橋測定で得られた支点沈下を考慮した解析結果を図-5に示す。

キーワード: 鋼斜角桁、疲労変状、実橋測定、構造解析

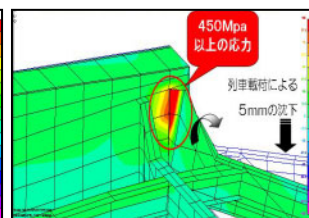
連絡先: 〒453-0013 名古屋市中村区亀島 2-3-2 JR東海亀島ビル2F Tel052-453-2782 Fax052-453-2783

(3) 疲労損傷原因の総合評価

以上の解析結果を総合すると、列車進入に伴う斜角構造による端横桁の曲げと縦桁の軸力及び主桁のたわみに加え、端横桁中間シュウの支点沈下が大きく影響していることから、板厚 9mm という薄板の端補剛材に過大な外力が作用して曲げられたことにより、端補剛材溶接部に亀裂が発生したと考えられる。



図—4 斜角構造による影響

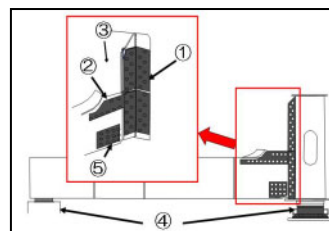


図—5 中間支点の沈下による影響

5. 対策工法の提案

(1) これまでの原因究明により効果的と考えられる対策工法(図—6)を提案し、対策の実施に先立ち解析による事前確認を行うこととした。

- 1) 端補剛材を山形鋼で挟み込む
[期待効果: 断面増加及び曲げ抵抗]
- 2) 端横桁上フランジと同等位置に梁(フランジ)を増設
[期待効果: 曲げ抵抗]
- 3) 端横桁ニープレス上端部のカット
[期待効果: 端補剛材溶接部の応力軽減]
- 4) 端横桁中間部の各座補修及び可動部の交換
[期待効果: 補剛材溶接部の応力集中緩和]
- 5) 端横桁下端切欠部の当て板補強
[期待効果: 切欠部の応力集中緩和]

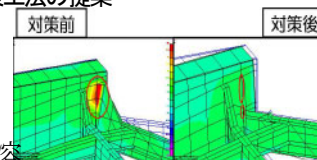


図—6 対策工法の提案

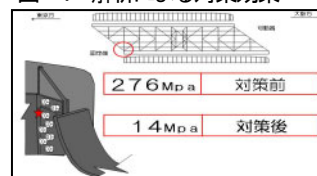
6. 対策効果の事前確認

(1) 対策効果の事前確認は、最も応力度が大きい右主桁東京方(損傷箇所)を考慮して解析を行った。

- 1) 解析結果を(図—7)に示すとおり、対策後では、端補剛材上端及び中段溶接部に発生する応力の低減効果が得られる。
- 2) 端補剛材上端溶接部の応力度(図—8)は、現行形式の276Mpaが、対策後では13.4Mpaに低減する。
- 3) 端補剛材中間溶接部の応力度については、現行形式の以上の結果、提案する対策により大幅な応力低減効果があることを確認した。



図—7 解析による対策効果

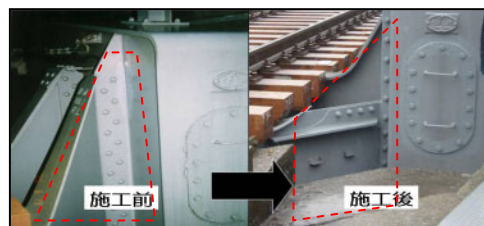


図—8 解析による応答値

7. 対策工の実施

以上の良好な応答値が得られたことから、検討会を行い、施工を実施した。(写真—1)
なお、対策工の施工手順は次のとおりである。

- 1) BP杓の交換
- 2) 中間シュウのシュウ座モルタル補修
- 3) 端横桁下端切欠部の当て板補強
- 4) 端横桁上フランジ増設
- 5) 端補剛材下端の山形鋼挟み込み
- 6) 端横桁ニープレス上端撤去
- 7) 端補剛材溶接部亀裂のガウジング(表裏)後再溶接
- 8) 端補剛材上端の山形鋼挟み込み

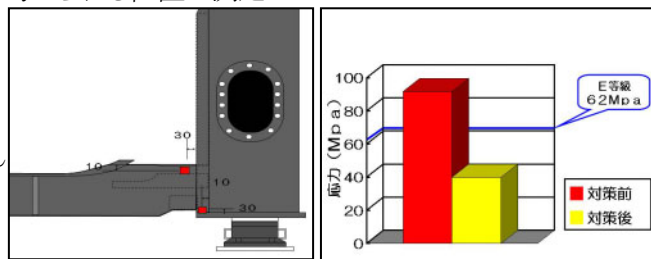


写真—1 施工前後

8. 実橋測定による対策効果の確認

対策の実施における効果を確認するため、再度実橋測定(図—9)を行った。なお、対策後の測定位置は対策前と同じ位置で行えないため、応力が高く発生すると考えられる位置で測定した。

1) 対策を行った各鈍角部では、応力集中箇所が除去されたことから、対策前の応力が91.8Mpaであったのに対し、対策後では40.0Mpaと低い応力を示し、疲労限を下回る良好な結果が得られた。(図—10)



図—10 対策前後の比較

9. まとめ

今回の、鋼斜角桁における疲労変状は特異なもので、これまで苦慮していたが、再発することのない恒久対策を行うことができた。今後とも新たなタイプの変状を見落とすことなく検査するとともに、発見された場合には恒久対策の確立に取り組んで行く。