

上下線連結構が主部材に及ぼす影響検討

東海旅客鉄道株式会社

ジェイアール東海コンサルタンツ株式会社

株式会社日建設計

正会員 ○宇佐美 龍一

正会員 所 真吾

正会員 田辺 篤史

1. はじめに

東海道新幹線の標準的な上路プレートガーダーには、風や地震等の水平荷重に対して主桁の転倒に対する安定性を確保するため、上下線連結構（以下、連結構と称する）が設置されている。昭和 39 年の開業当初における連結構は、図 1 a) に示すとおり、X 型のブレース構造であった。その後、昭和 50 年頃の防音設備の設置に伴い、b) に示す π 型連結構に変更された。剛性の大きい π 型連結構によって、上下線を強固に連結したため、支点部のバタつき等による鉛直方向の変位差の影響を強く受けるようになり、端補剛材下端溶接部や、連結構本体に疲労き裂が確認されるようになった。そのため、変状が発生した連結構は、c) に示す鉛直方向の変位に追従可能なピン構造に変更された。現在は、平成 25 年度より開始された大規模改修工事の支承部取替にあわせて、 π 型連結構から d) に示す剛性の小さな I 型連結構に改良されている。

本論文では、改良後に発生した主部材の疲労き裂について、データ分析、応力解析により原因を究明したので報告する。

2. 変状概要

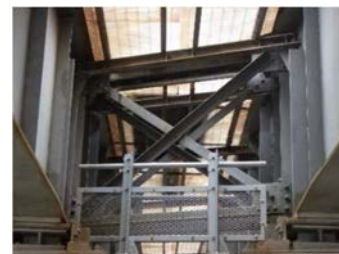
平成 27 年度から 30 年度にかけて大規模改修工事が行われ、I 型連結構が設置された A 橋梁の端補剛材上端溶接部に疲労き裂が確認された。き裂は本橋の端補剛材 24 箇所のうち、17 箇所で確認され、き裂先端の応力範囲は 98.1MPa であった。疲労き裂を図 2 に示す。本橋は支間長 37.2m×6 連の上路プレートガーダー（BOX 断面）であり、直線の桁が上下線で線路方向にずれた千鳥配置であり、複線斜角右 65° である。

変状の発生状況を確認するため、Motion Amplification[®]ソフトウェアを用いて変形を最大 500 倍に増幅することで、端補剛材周辺の挙動を可視化した。支承部が健全であっても、列車通過時に桁がたわむとき、連結構が反対線の桁を線路方向に押し引きする挙動が確認されたため、連結構が何らかの影響を及ぼしていることが推測された。

東京新幹線構造物検査センター管内には、636 連の鋼橋があり、連結構を有する桁が 62 連、連結構が 62 基ある。これらすべての端補剛材上端溶接部を対象として、検査を実施したところ、A 橋梁以外の橋梁ではき裂は確認されなかった。そのため、大規模改修工事による影響ではないことも確認できた。

3. 変状発生傾向の分析

現時点で当該変状は確認されなかったため、これまで東海道新幹線全線で確認された端補剛材上端溶接部の変状を対象として、変状発生傾向を分析した。



a) X 型連結構



b) π 型連結構



c) ピン型連結構



d) I 型連結構

図 1 上下線連結構



図 2 疲労き裂

キーワード 東海道新幹線，上下線連結構，端補剛材上端溶接部，疲労き裂，面外応力

連絡先 〒222-0026 神奈川県横浜市港北区篠原町 3219-1 東京新幹線構造物検査センター TEL 045-474-0167

分析の結果、上り線と下り線の線路方向における桁のズレ量（以下、上下線ズレ量と称する）が大きくなるほど、変状発生割合が増加する傾向が確認できた。その結果を図 3 に示す。なお、1,960mm を超える桁は母数が少ないため、除外した。

4. 実橋測定

上下線ズレ量の影響を確認するため、上下線ズレ量 1,960mm の A 橋梁と 740mm の B 橋梁の応力測定を行った。測定位置及び列車が反対線を通過する際の面外応力の測定結果を図 4 に示す。面外応力の応力範囲は反対線通過時の Ch2 で最大となり、上下線ズレ量の大きな A 橋梁では 56.5MPa、ズレ量の小さな B 橋梁では 10.9MPa であった。面内応力は面外応力よりも小さく、最大でも A 橋梁の当該線 Ch1 で 21.3MPa であった。なお、測定した端補剛材は、反対線の桁がたわむときは連結構によって支間側に引っ張られ、当該線の桁がたわむときは連結構によって桁端側に押されるように面外曲げが発生していた。

過去にピン構造に取替が行われた A 橋梁の連結構を対象に測定したところ、最大の面外応力は 4MPa、面内応力は 8.54MPa であった。ピン構造の連結構は、線路方向には回転しないものの、ピン部に遊びがあるため、拘束も小さくなり、線路方向の変位差による発生応力が小さくなったものと考えられる。

5. FEM 解析

実橋測定による応力比較の結果には、上下線ズレ量以外にも支点条件等の様々な要素が含まれている可能性があるため、支間長 25m の直線桁を対象として FEM 解析を行った。上下線のズレ量は、0mm、740mm、1270mm、1960mm の 4 ケースとした。解析結果を図 5 に示す。実橋測定の結果と同様に、上下線ズレ量に応じて端補剛材に生じる面外応力が増大することがわかる。次に、ズレ量 1,960mm の主応力ベクトルを図 6 に示す。端補剛材に水平方向、溶接部にはより大きな鉛直方向の主応力が確認できる。端補剛材が水平方向に面外曲げを受けたことで、溶接部鉛直方向に引張が生じて、き裂が発生したものと考えられる。

6. まとめ

- ・ 支承部が健全であっても、上下線ズレ量が多い場合、線路方向の変位差によって、連結構が主部材に影響を与える可能性がある。
- ・ ピン構造の連結構は、鉛直方向の変位差だけでなく、線路方向の変位差に対しても有効であるため、上下線ズレ量の大きな桁に対して効果があると考えられる。今後、連結構の使い分けについて条件を整理していく。

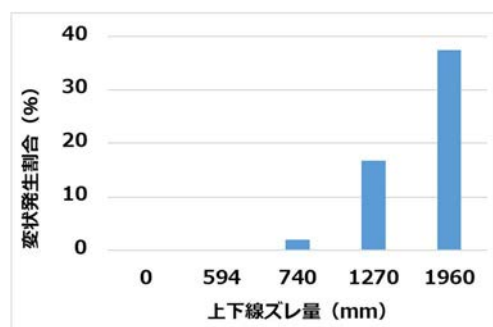


図 3 変状発生件数

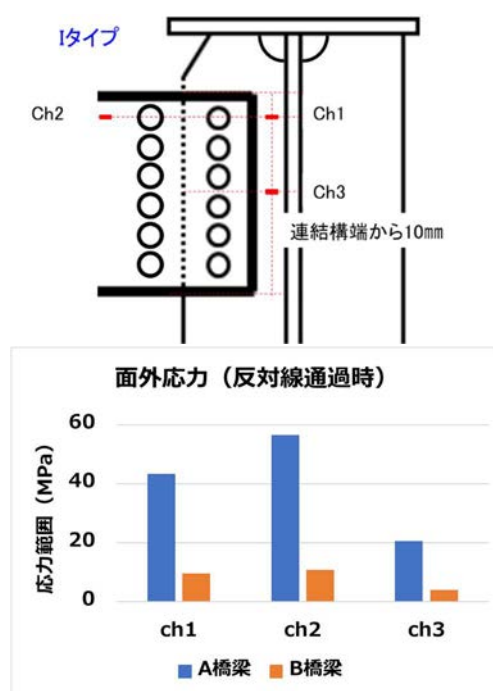


図 4 応力測定

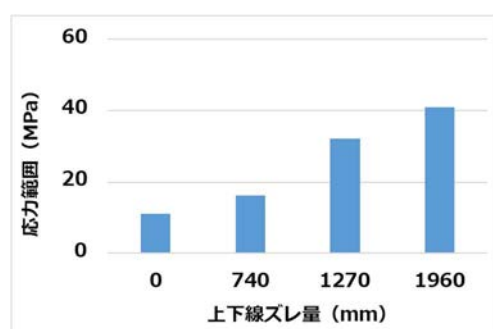


図 5 解析結果

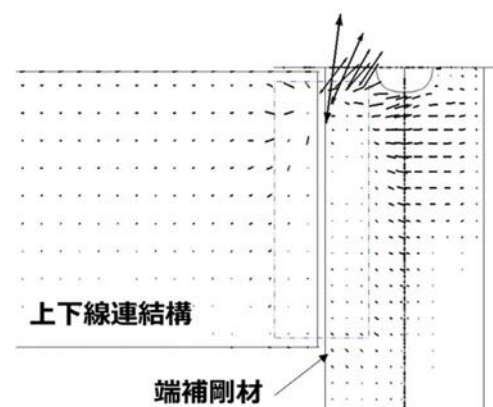


図 6 主応力ベクトル