

合成桁中間補剛材下端における疲労照査

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○入川 充夫
西日本旅客鉄道(株) 正会員 丹羽 雄一郎

1. 目的

合成箱桁橋の中間補剛材溶接止端部から発生したウェブの疲労き裂について、過去にストップホールと高力ボルト締付けによる疲労対策を実施した橋りょうがある。対策後 15 年以上経った現在まで、再変状は発生していないものの、今後の維持管理を行う上で、他の中間補剛材溶接止端部から新たな疲労き裂発生の可能性を確認する必要がある。

本研究では、実橋測定を行い、き裂の発生していない中間補剛材溶接止端部について、疲労照査を行った。

2. 変状概要及び過去の調査結果

当該橋りょうは 4 径間の合成箱桁構造である。ある 1 径間の支間中央付近において、中間補剛材溶接止端部からウェブの疲労き裂が 2 箇所確認された。いずれのき裂も、平成 8 年度に発見され、平成 9 年度にき裂の進展が認められたために、ストップホール及び高力ボルト(M20)による対策が実施された。対策状況を写真 1 に、過去に行った調査結果及び考察を以下に示す。

- 1) 当該橋りょうは他の橋りょうと比較して、ウェブの面外方向の加速度および振動数が非常に高い。
- 2) 設計上、密着しているはずの中間補剛材下端と下フランジ上面に 0.1mm～1.0mm の隙間が確認され、き裂の発生箇所の隙間が最大 1.0mm であった。



写真 1 対策状況

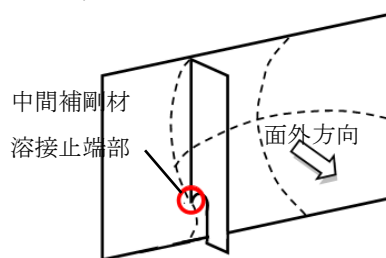


図 1 ウェブ変形イメージ図

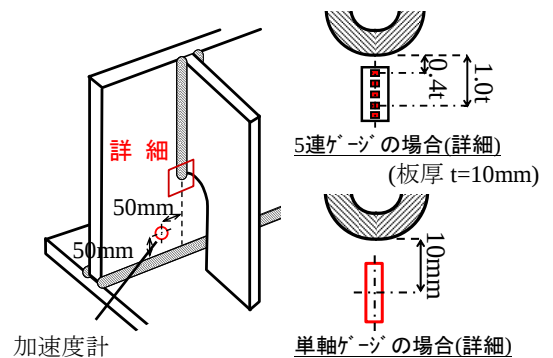


図 2 測定位置(中間補剛材溶接止端部)

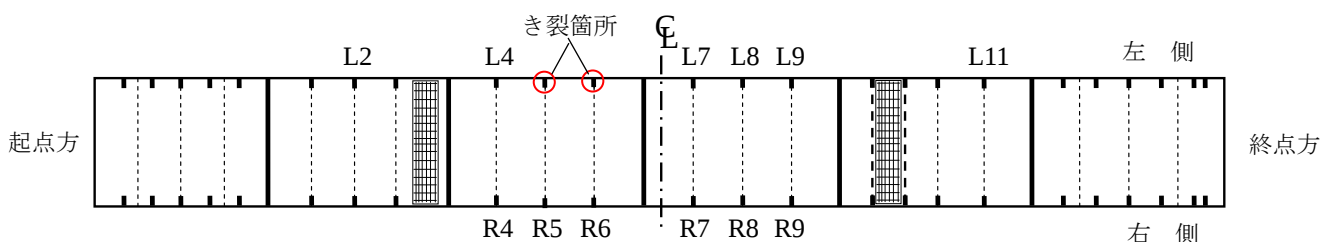


図 3 測定位置(平面図)

- 3) ウェブとスカラップ部の発生応力の位相差から、図 1 に示すように、中間補剛材下端スカラップ部の溶接止端を節とした局所的な面外曲げが繰り返し生じ、疲労き裂が発生したと推定している。

以上の調査結果より、中間補剛材下端部の隙間とウェブの面外加速度に着目し、実橋測定を行った。

3. 測定概要

図 2, 3 に各項目の測定位置を示す。図 2 に示すように中間補剛材溶接止端部から下方に 10mm の位置におけるウェブの鉛直方向応力を 12 測点で計測し、中間補剛材下端の隙間と発生応力の関係を確認した。また、測定結果より、鉛直方向応力が高い 2 測点(L2,L11)について、疲労照査を行った。中間補剛材下端スカラップ部では応力集中により、公称応力での照査ができないため、5 連ゲージから求めた溶接止端部のホットスポット応力より疲労照査した。疲労照査を行った 2 測点に加え、鉛直方向応力が低い測点(L4)について、中間補剛材下端部近傍におけるウェブの面外加速度の測定を行った。

なお、測定は同一編成の車両走行時に行っている。

キーワード 鋼鉄道桁, 疲労照査, ホットスポット応力

連絡先 〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 5-5-15 西日本旅客鉄道(株) 新幹線管理本部 施設課 06-4805-7084

4. 測定結果

(1)発生応力と隙間、面外加速度の関係

表 1 に測定結果、図 4 に応力範囲と中間補剛材下端部の隙間の関係、図 5 に応力範囲とウェブ面外加速度の関係を示す。表 1 によると、中間補剛材下端部の隙間は、最小で 0.0mm、最大で 0.9mm 確認され、図 4 から中間補剛材下端部の隙間と応力範囲には顕著な傾向は見られなかった。図 5 より応力範囲が大きい箇所については、中間補剛材下端部近傍のウェブの面外加速度が大きくなる傾向が確認できた。また測定された面外加速度は、過去に他の橋りょうで測定した面外加速度に比べ、非常に大きいことがわかった。

(2)疲労照査結果

ホットスポット応力は鋼構造物の疲労設計指針・同解説¹⁾より、溶接止端から板厚 t に対して、 $0.4t$ 、 $1.0t$ の位置の応力値から線形外挿し、算出した。ホットスポット応力の評価は鋼構造物の疲労設計指針・同解説¹⁾、鉄道構造物等設計標準・同解説²⁾をもとに、荷重非伝達型十字溶接継手に対する疲労設計曲線を用い、止端仕上げなしの溶接継手の E 等級(変動振幅応力、新幹線荷重)として評価した。表 2 に疲労照査結果、図 6 に算出したホットスポット応力の波形を示す。なお、疲労寿命評価は過去の累積疲労損傷については考慮せず、測定列車が 1 日当たり 100 本走行と仮定し、算出した。

表1 測定結果

測点	L2	L4	L7	L8	L9	L11
最大値(Mpa)	10.3	0.8	5.5	4.9	7.4	10.1
最小値(Mpa)	-11.9	-5.1	-12.1	-10.3	-11.3	-20.5
応力範囲(Mpa)	22.2	5.9	17.6	15.2	18.7	30.6
隙間(mm)	0.6	0.0	0.6	0.4	0.7	0.1
面外加速度(gal)	9.8	4.7	—	—	—	11.9

測点	R4	R5	R6	R7	R8	R9
最大値(Mpa)	6.8	3.9	4.5	4.2	6.1	8.8
最小値(Mpa)	-12.4	-11.7	-15.7	-10.0	-12.1	-14.4
応力範囲(Mpa)	19.2	15.6	20.2	14.2	18.2	23.2
隙間(mm)	0.0	0.0	0.9	0.2	0.4	0.2
面外加速度(gal)	—	—	—	—	—	—

L:左側、R:右側

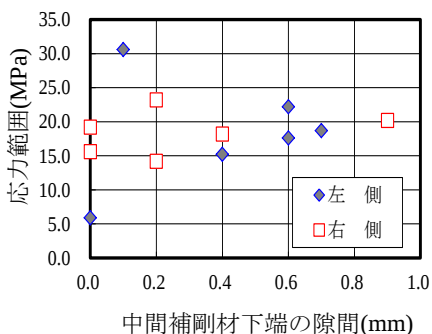


図4 応力範囲と隙間の関係

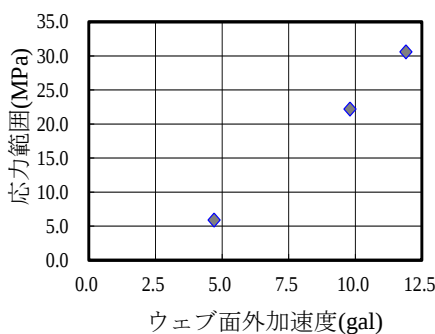


図5 応力範囲とウェブ面外加速度

表 2 より、測点 L11 では疲労き裂が発生する可能性が高く、測点 L2 ではき裂発生の可能性が低いことがわかった。このことから、中間補剛材溶接止端部の疲労き裂は、ウェブの面外加速度が極めて大きい場合に、発生する可能性があると推測される。

5. まとめ

本研究の成果を以下にまとめる。

- 1) 中間補剛材下端スカラップ部の溶接止端における応力範囲が大きい箇所では、近傍のウェブの面外加速度も大きくなる。
- 2) ウェブの面外加速度が大きい箇所について、ホットスポット応力による疲労照査を行った結果、中間補剛材溶接止端部から疲労き裂が発生する可能性を確認した。

以上より、き裂発生の可能性が確認された箇所について、当板による予防保全対策を今後計画するとともに、ウェブの面外加速度に着目し、中間補剛材溶接止端部からのき裂発生の可能性が高い箇所の抽出を行いたい。

(参考文献)

- 1) 社団法人 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労指針・同解説，2012.
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物，2009.

表2 疲労照査結果(ホットスポット応力)

測点	最小値(Mpa)	最大値(Mpa)	最大応力範囲(Mpa)	応力範囲の打切り限界(Mpa)	1列車当たりの疲労損傷度	疲労寿命評価(年)
L2	-24.0	19.3	43.3	45.5	0.0×10^{-6}	—
L11	-45.2	27.7	72.9	45.5	2.0×10^{-6}	13.7

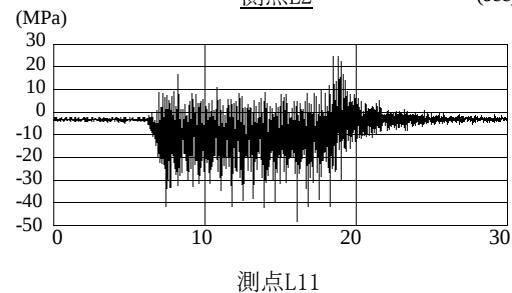
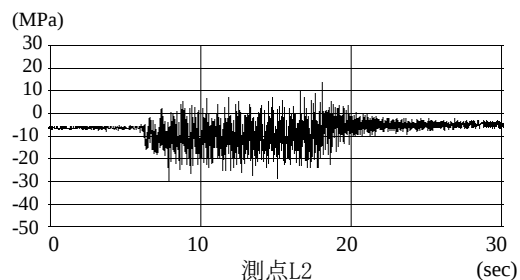


図6 ホットスポット応力