

レール継目での衝撃が上路鉸桁の中間補剛材下端の応力性状に及ぼす影響

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○蒲原浩平 金島篤希 井上太郎 小林裕介

1. はじめに

鋼桁に生じる変状のひとつとして、中間補剛材下端の腹板の疲労き裂がある。当変状は中間補剛材の廻し溶接部の腹板側の溶接止端から生じて、腹板を切断するように進展するものである(図1)。主な発生原因は列車の通過に伴う腹板等の部材の振動による応力集中と考えられており、特にレール継目を車軸が通過した際に生じる衝撃(以下、レール継目での衝撃)が部材の振動を助長し、疲労き裂が生じやすくなる。そこで、桁上にレール継目を有する鋼直結式上路鉸桁(支間長:10.4m)で走行試験を実施し、レール継目での衝撃が中間補剛材下端の腹板の応力性状に及ぼす影響を評価した。

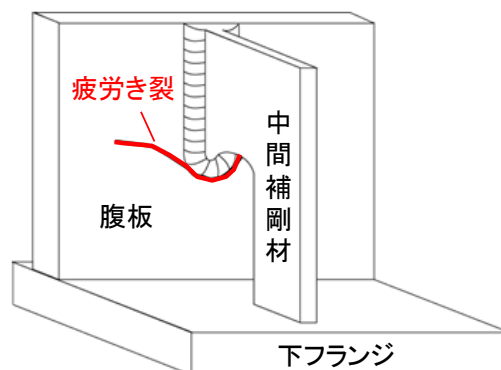


図1 中間補剛材下端の疲労き裂

2. 走行試験概要と着目箇所

走行試験では、レール継目の条件を支え継ぎ、遊間量:17mm、段違い量:2mm(登り段)とし、軌道モーターカー(以下、MC)を20km/hで走行させた。また、中間補剛材下端の腹板の鉛直方向の応力に着目し、ひずみゲージにより当該部の応力を測定した(図2)。

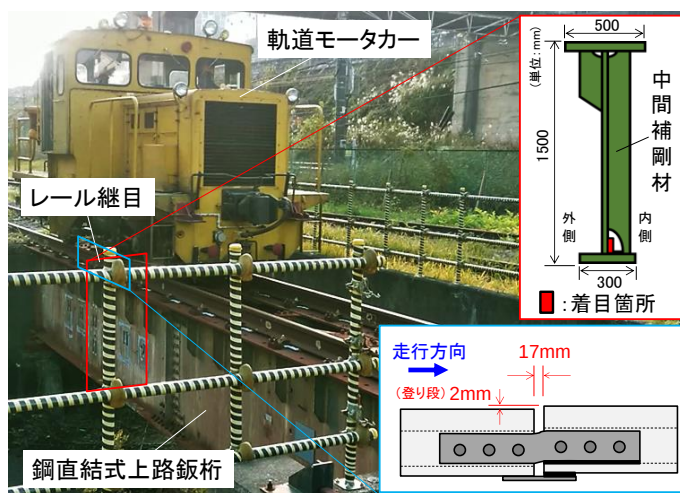


図2 走行試験状況

3. 中間補剛材下端の応力成分

MCが桁上を通過した時の継目直下の中間補剛材下端の腹板の鉛直方向の応力波形を図3に示す。MCの各車軸がレール継目を通過した際に応力振幅が大きくなっていることが分かる。

ここで、中間補剛材下端の表裏で測定した鉛直方向の応力より、面内応力と面外応力の波形と車軸(2軸目)がレール継目を通過した直後から0.3秒間の応力波形のフーリエスペクトルを図4に示す。面内応力については50Hz程度以下、面外応力については70Hz程度以上の周波数帯に分布する傾向がある。個々の応力成分の振動を特定するために実施したモード解析結果を示す(図5)。面内応力については、フーリエスペクトルが卓越していた30Hz付近の帯域に、主桁全体の1次の鉛直たわみの振動モードが確認できた。図6に示すように走行試験で測定された応力は水平方向の方が鉛直方向に比べて大きく、かつ、水平と鉛直が逆位相となっていた。このことから、中間補剛材下端の鉛直方向の面内応力の成分は、継

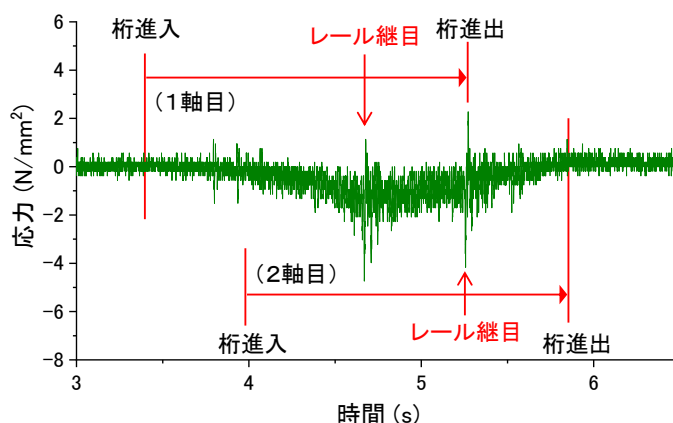


図3 中間補剛材下端の応力波形と車軸位置

キーワード レール継目、上路鉸桁、中間補剛材下端、腹板

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7280

目での衝撃により励起された主桁のたわみ振動（図 5(a)）による水平方向応力の、ポアソン効果で生じたものと考えられる。面外応力については、フーリエスペクトルが卓越していた 70Hz 以上の帯域において、特に中間補剛材に挟まれた腹板の振動モード（図 5(b)）が確認でき、これ以外にも、連成する腹板パネルの異なる組合せや腹板の 2 次の面外振動等、複数の振動モードが確認できた。つまり、中間補剛材下端の面外応力の成分は、腹板のいくつかの振動モードにより生じているものと考えられる。

4. 中間補剛材下端鉛直方向応力の橋軸方向分布

中間補剛材下端の鉛直方向の応力について、MC の 2 軸目がレール継目を通じた時に生じる最大応力振幅の、橋軸方向の分布を図 7(b) に示す（測定箇所は図 7(a)）。応力分布のピークは支間中央付近とレール継目近傍の 2 箇所にある。次に、面内応力と面外応力の応力分布を示す（図 7(c) (d)）。面内応力の分布は支間中央付近でピークとなる傾向がある。これは、主桁のたわみ振動によって生じているためと考えられる。面外応力の分布はレール継目近傍でピークとなる傾向があり、腹板の振動がレール継目近傍で大きくなるためと考えられる。つまり、図 7(b) で確認できた分布の 2 箇所のピークは、レール継目での衝撃によりたわみ振動と腹板の振動が励起され、個々のモードの影響によって生じたものと考えられる。なお、本測定では一部を除いて腹板の片面でしか応力を測定できていなかったため、便宜的に測定波形を 10~50Hz のバンドパスフィルタで処理したものを面内応力とし、70~200Hz のバンドパスフィルタで処理したものを面外応力として扱っている。

5. まとめ

中間補剛材下端の腹板の疲労に対し、鉛直方向の応力に着目してレール継目での衝撃が応力性状に及ぼす影響を評価した。レール継目通過時の衝撃は主桁のたわみ振動や腹板の振動等として影響しており、レール継目近傍だけでなく、支間中央部でもレール継目での衝撃によって生じる応力の影響が大きい事が分かった。なお、個々の振動モードが疲労に対して及ぼす影響はレール継目での衝撃の程度や、桁の構造寸法によっても異なると考えられ、これらについては引き続き検証を行っていく。

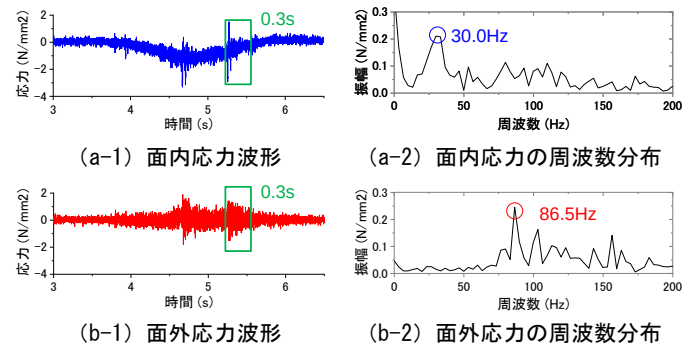


図 4 面内・面外の応力波形とフーリエスペクトル

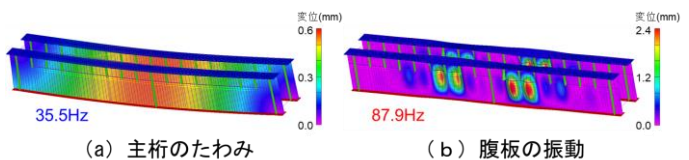


図 5 モード解析結果

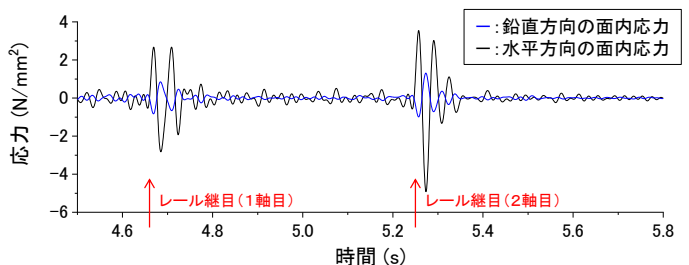


図 6 鉛直・水平方向の面内応力波形（拡大）

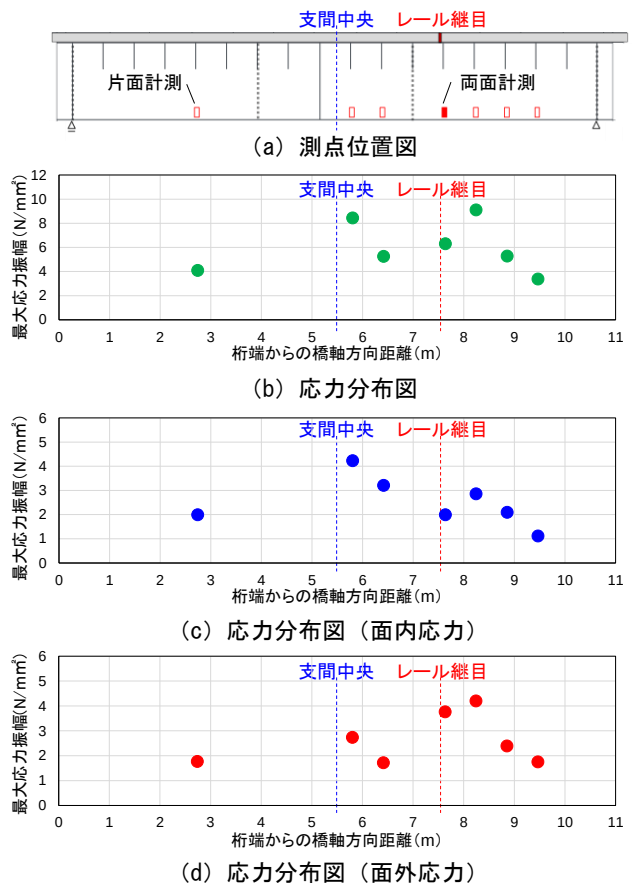


図 7 鉛直方向応力の橋軸方向分布