レール継目での衝撃が箱桁の縦リブ・横リブ交差部における疲労性状に及ぼす影響

（公財）鉄道総合技術研究所　正会員　○井上　太郎　小林　裕介
JR 東日本　正会員　石澤　俊希

1．研究の背景・目的

在来線の箱断面上路鈑桁（以下，箱桁）において，縦リブ・横リブ交差部や横リブの突合せ溶接部等の床組部材に疲労き裂が発生している[例えば 1)]．箱桁の床組部材は，レールやまくらぎ等の軌道を支持しており，軌道を介して列車荷重が直接的に作用するため，特に疲労き裂が発生しやすい条件にあると言える．また，床組部材に生じている疲労き裂は，レール継目周辺において発生傾向が高く，レール継目上を列車が通過する際の衝撃が最大応力範囲や疲労損傷度等の疲労性状へ及ぼす影響は大きいものと考えられる．

本稿では，箱桁の縦リブ・横リブ交差部を対象に，断面諸元が異なる 2 橋梁に対して現地応力測定を行い，レール継目による衝撃が箱桁の縦リブ・横リブ交差部における疲労性状に及ぼす影響を評価する．

2．対象橋梁および応力測定概要

対象橋梁は，いずれも昭和 40 年代に設計された単線形式の箱桁である．断面図および縦リブ・横リブ交差部のディテールを図 1 に示す．軌道構造は橋まくらぎ式，継目の支持方式は支え継ぎである．

現地応力測定は，レール継目直下の断面（以下，影響あり）とレール継目から 5m 程度離れた断面（以下，影響なし）に対して数断面行った．本稿では，A 橋に対して影響あり，影響なしの 2 断面，B 橋に対して影響ありの 1 断面の測定結果を用いてレール継目の衝撃が疲労性状に及ぼす影響について評価する．

3．レール継目の衝撃により生じる応力成分

A 橋で測定した縦リブ・横リブ交差部の横リブ側応力は，継目の影響あり／なしともに台車の通過毎に台車が当該横リブ通過の 3.3m 程度前から生じ始め，台車が横リブ通過後 3.3m 程度まで生じていた（図 2）．縦リブ・横リブ交差部の応力は，影響線長を鑑みるに，台車の通過（移動荷重）による床組のたわみにより生じているものと考えられる．また，影響ありの断面で測定した応力は，台車の通過毎に生じる一波の応力のピーク付近に車軸の通過毎に比較的高周波の振動のような応力が生じていた．影響なしの断面においてはこの傾向は確認されていないことから，高周波の振動のような応力は継目の影響により生じていたものと考えられる．なおこれは，B 橋においても同様の傾向にあった．

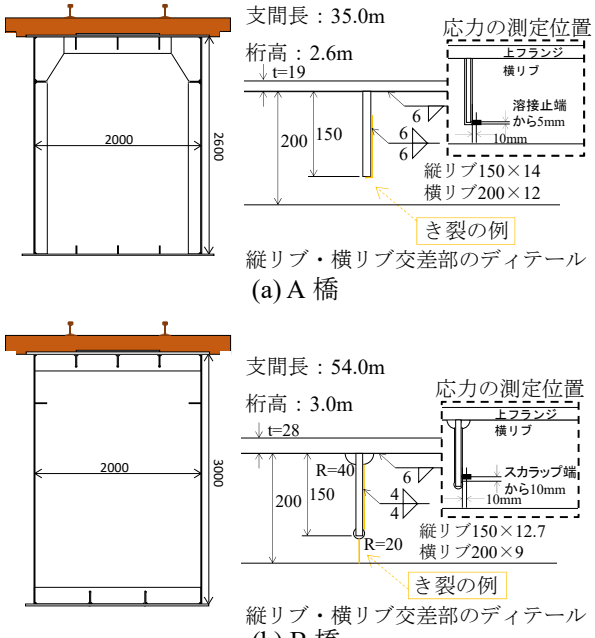
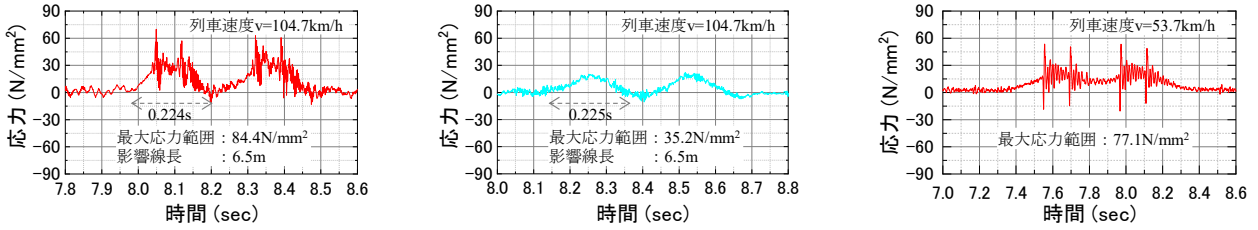


図 1　対象橋梁の断面図と縦リブ・横リブ交差部



(a) A 橋，継目の影響あり　(b) A 橋，継目の影響なし　(c) B 橋，継目の影響あり

図 2　縦リブ・横リブ交差部の横リブ側応力（2 台車通過時拡大）

キーワード　レール継目，衝撃，疲労，縦リブ・横リブ交差部，箱断面上路鈑桁
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 鋼・複合構造　TEL 042-573-7280

© Japan Society of Civil Engineers

縦リブ・横リブ交差部応力のフーリエスペクトルを図 3，図 4 に示す．応力の卓越周波数は，（ア）10Hz 以下の成分（イ）10～200Hz の広範囲に多数のピークを有する成分（ウ）200Hz よりも高周波数帯にピークを有する成分の概ね 3 つに分けられる．（ア）は前述の移動荷重によるもの，（イ），（ウ）は継目の影響あり／なしの比較から，継目の衝撃により励起された振動によるものと考えられる．（イ），（ウ）の振動のモード推定を目的として実施した固有値解析（図 5）により，（イ）は箱断面の変形に伴う横リブの面内振動，（ウ）は横リブ単体の面外振動により生じているものと考えられる．なおこれは，B 橋においても概ね同様の傾向であった（図 4）が，（ウ）の成分のピーク周波数およびその程度等が A 橋とは異なっていた．本件については今後深度化を図り考察していく予定である．

４．レール継目による衝撃が疲労性状へ及ぼす影響

測定した応力に対して便宜的にフィルタ処理を行い，台車通過時の応力性状を，（ア）のみ：継目の影響なしと仮定，（ア）＋（イ），（ア）＋（ウ）：前述の移動荷重に継目の影響が各々重畳したと仮定し抽出した（図 6）．抽出した各応力性状および図 2(a)からレインフロー法により応力範囲を算出し，レール継目の衝撃により励起された振動の寄与度が最大応力範囲と疲労損傷度に及ぼす影響を模擬的に評価した（図 7）．継目がある場合（（ア）＋（イ）＋（ウ））は，継目が無い場合（（ア）のみ）と比べて疲労損傷度が 33 倍となったが，疲労への寄与度は（ウ）の方が大きいことが分かった．最大応力範囲は（イ）と（ウ）で同様の大きさであるものの，このように疲労損傷度への寄与度が違っていたのは，（ウ）の方が高周波で繰り返し回数が多かったからと考えられる．

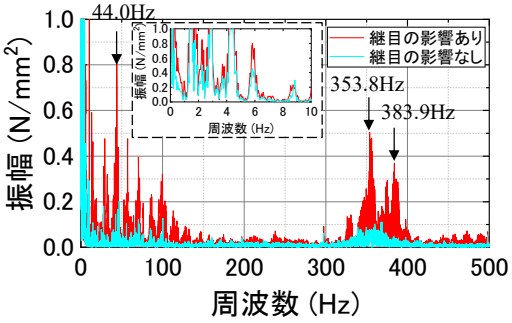


図 3　応力のフーリエスペクトル（A 橋）

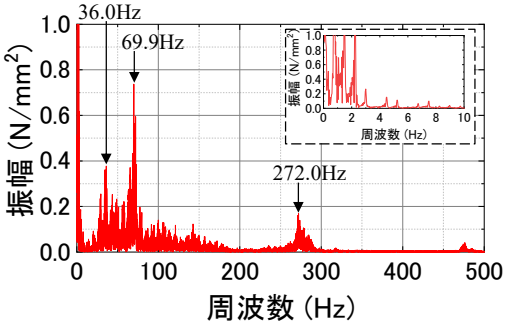


図 4　応力のフーリエスペクトル（B 橋）

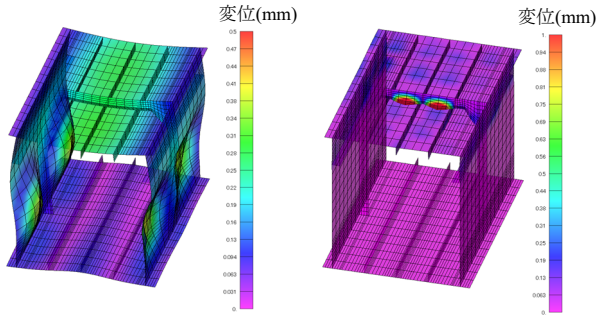
５．まとめ

1）縦リブ・横リブ交差部の応力は，レール継目の衝撃により，箱断面の変形や横リブの面外方向の部材振動が励起されることで増加していた．

2）レール継目による衝撃が縦リブ・横リブ交差部の疲労損傷度に及ぼす影響は，A 橋においては横リブの面外方向の部材振動の寄与が大きかった．

参考文献

1) 池頭ら：鋼箱桁内部の変状調査と効果的な対策工法の検討，土木学会第 73 回年次学術講演会，I-434，2018.



(a)41.2Hz（箱断面の変形）　(b)361.3Hz（横リブ面外）

図 5　継目の衝撃により励起された振動モード（推定）

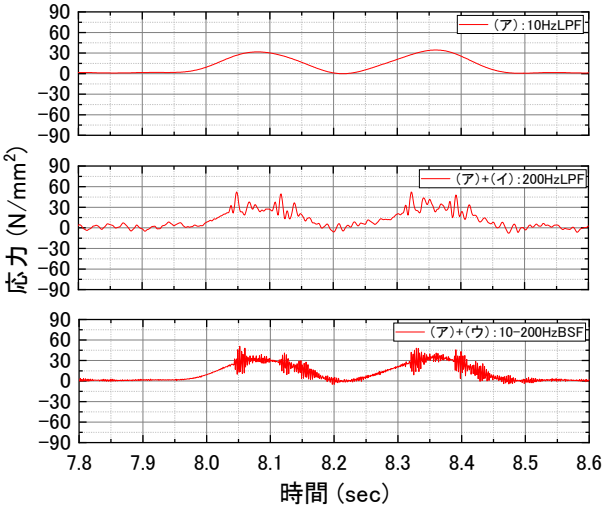


図 6　成分別の応力性状（A 橋）

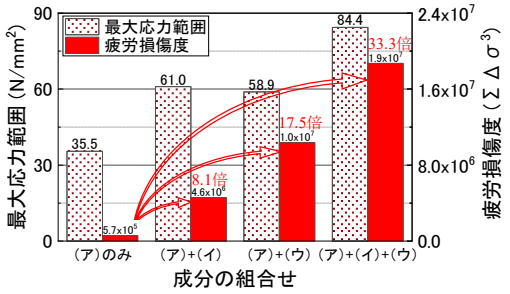


図 7　最大応力範囲と疲労損傷度に対する各成分の寄与度

© Japan Society of Civil Engineers