

伝達関数を用いた複素応答解析によるレール継目での衝撃が鋼橋の疲労に与える影響評価

(公財) 鉄道総合技術研究所

正会員 ○小林 裕介 上山 裕太

向井 天 松岡 弘大

(株) 日建設計シビル

正会員 田辺 篤史

1. はじめに

レールとレールの連結部はレール継目と呼ばれ、温度伸縮を吸収するための隙間が存在する。鋼鉄道橋上において、車軸がレール継目を通過する際の衝撃は疲労き裂の発生と進展を助長する場合があります。実際にレール継目での衝撃に起因した疲労き裂が多数発生している。これは、レール継目での衝撃が桁全体や部材局部の振動を励起することによるものであり、100Hzを超えるような振動（以下、高周波振動）も疲労に影響を与えることが分かっている¹⁾。計測による高周波振動の評価は容易ではないが、高周波振動はレール継目で発生するため定荷とみなすことができる。この点に着目し、筆者らは複素応答解析を用いて、レール継目で励起される衝撃が鋼橋各部の疲労に与える影響を解析的に評価する手法を提案した。本稿では、本評価手法を用いてレール継目の位置による影響および影響範囲や、衝撃の伝播経路について検討を行ったので、その結果を示す。

2. 評価手法の概要

図1に本評価手法の概念図を示す。まず、対象橋梁を模擬したFEMモデルにより、継目と計測位置（ここでは測点Aとする）の間の伝達関数を解析的に求め、測点Aの計測結果と組み合わせることで、継目位置での等価な衝撃荷重波形 $P(t)$ を推定する。次に、同じくFEMモデルにより解析的に求めた別の計測箇所（ここでは測点Bとする）の伝達関数を利用し、推定した等価な衝撃荷重波形 $P(t)$ と組み合わせることで、任意箇所の応力波形を推定するものである。

3. 対象橋りょうおよび着目箇所

対象橋りょうは、単線鋼上路箱桁とした。本橋りょうでは、実際に縦リブ横リブ交差部にて、継目の衝撃により横リブ単体の面外振動が励起されたことで、疲労き裂が生じている¹⁾。そこで、縦リブ横リブ交差部に着目した。対象橋りょうと着目箇所の概要を図2に示す。図3に解析モデルの全景を、表1に材料の特性値を示す。

4. レール継目の位置による影響および影響範囲

レール継目の位置が、縦リブ横リブ交差部の疲労に与える影響および影響範囲を明らかにするために、レール継目の橋軸方向位置をパラメータとして解析を行った。図4に、継目から横リブ両側2断面の縦リブ横リブ交差部の疲労損傷度の大きさを平面空間分布として示す。図中の円の大きさは、本評価手法にて算定した疲労損傷度の大きさを

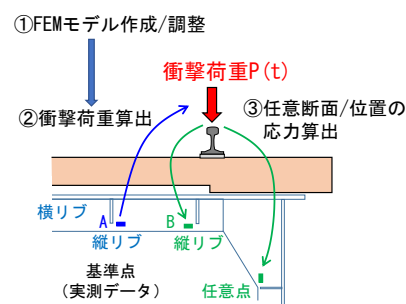


図1 本評価手法の概要

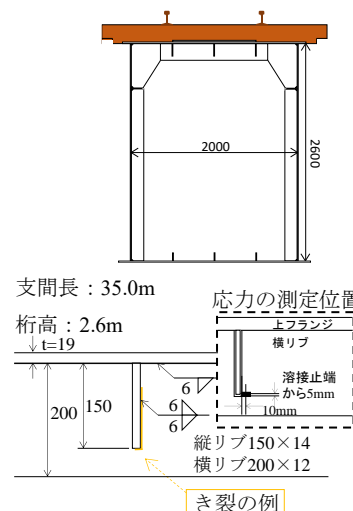


図2 対象橋りょうの断面図と縦リブ・横リブ交差部

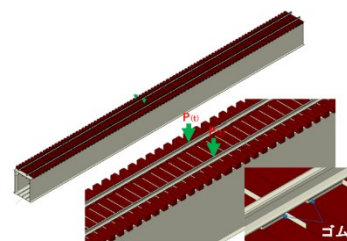


図3 FEMモデル

表1 材料の特性値

材料	E (N/mm ²)	ν	密度
鋼材	200,000	0.3	7.8
まくらぎ	8,000	0.2	0.74
軌道パッド	2.98	0.49	0.94

キーワード 鋼鉄道橋, レール継目, 高周波振動, 疲労損傷度分布, 伝播経路, 複素応答解析

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 TEL 042-573-7280

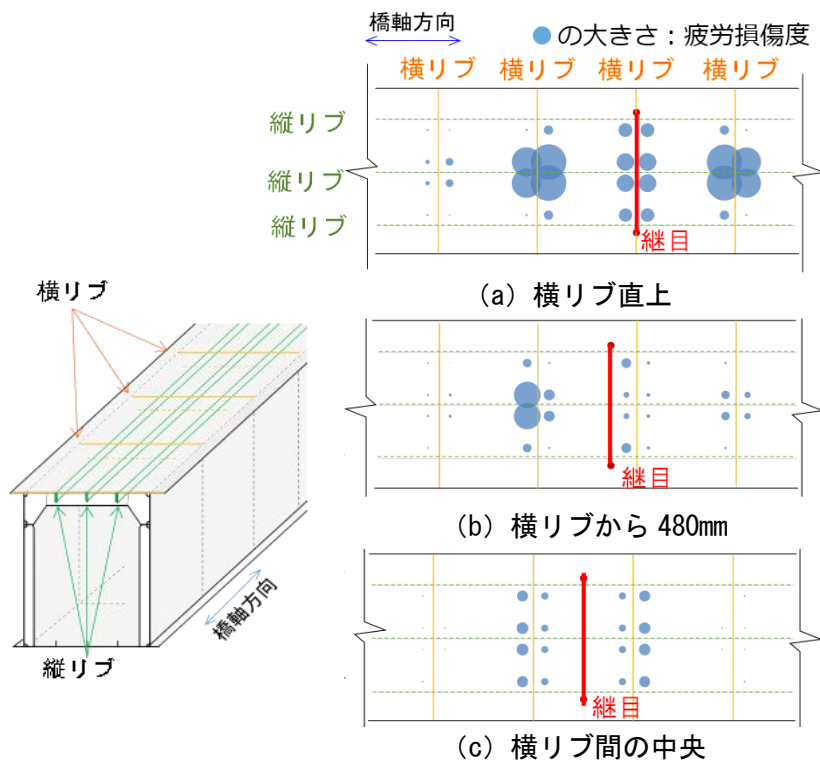


図4 縦リブ横リブ交差部の疲労損傷度の空間分布

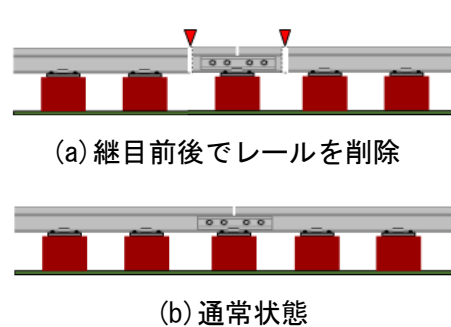


図5 解析ケース

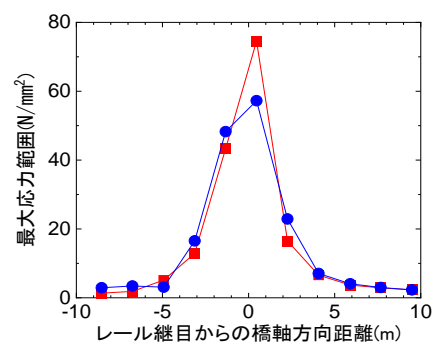


図6 衝撃の伝播経路の検討結果

表している。また、レール継目の橋軸方向位置をパラメータとして、それぞれ(a)～(c)とした。

図4より、レール継目の衝撃の影響は、継目から横リブ両側2断面の範囲が特に大きいことが分かる。また、図4(a)～(c)を比較すると、横リブ直上に継目がある場合の図4(a)では、継目直下の横リブではなく、その両隣の横リブの疲労損傷度の方が大きい。これは、継目直下の横リブに対しては、継目の衝撃の作用方向が鉛直下向きであり、これと直行する面外振動をあまり励起しなかったことが原因として考えられる。継目の位置が横リブから480mmの図4(b)、横リブ間の中央(横リブから900mm)の図4(c)と、継目位置が横リブから離れるほど、疲労損傷度は小さくなった。これは、継目の衝撃が、横リブの面外振動よりも、継目直下にある縦リブの面外振動を励起したためと考えられる。以上のように、継目位置によって、縦リブ横リブ交差部の疲労損傷度に与える影響は異なることが分かった。また、その影響度は必ずしも継目の直近が大きいわけではなく、複雑な挙動を示した。

5. レール継目で生じる衝撃力の伝播経路

レール継目で励起される衝撃が、どのような経路で伝達して縦リブ横リブ交差部の疲労に影響を及ぼすかを明らかにするため、図5のように、解析モデル上で疑似的に継目前後のレールを切断し、振動がレールを伝搬しない状態を再現して解析を行った。図6に解析結果として、各横リブ断面での最大応力範囲の橋軸方向の分布を示す。継目直近以外の横リブ断面では、通常状態とレールが無い状態に有意な差は見られない。このことから、レール継目で励起される衝撃は鋼部材を主に伝搬しているものと考えられる。

6. まとめ

- 1) 鋼上路箱桁では、レール継目で励起される衝撃の影響は、継目から横リブ両側2断面の範囲が特に大きく、継目の位置によって、縦リブ横リブ交差部の疲労に与える影響度は異なっていた。
- 2) レール継目で励起される衝撃は、主として鋼部材を伝搬していた。

参考文献

- 1) 井上太郎, 小林裕介: レール継目での衝撃が箱断面上路鋼桁床組の疲労に及ぼす影響, 構造工学論文集, Vol.67A, pp.555-565, 2021.3.