

鋼鈑桁橋の損傷部近傍の応答に着目した振動特性の変化の検討

福岡大学工学部 正会員 ○下妻達也, 渡辺浩, 大隣昭作
福岡大学工学部 非会員 安河内利紅

1. はじめに

高度成長期に建設された多くの橋梁が建設後 50 年以上経過しており, 膨大な数の橋梁の効率的な点検手法に関する研究が行われているが, その一つに橋梁の振動特性が損傷前後で変化することに着目した研究がある. 多くの場合, 橋梁の部材交差部等にセンサを設置し, 得られた鉛直方向の応答を分析することで振動特性の推定が行われているが, 規模の大きい損傷でなければ振動特性の変化は生じにくいと予想される. 一方, 過去の事例から橋梁種類ごとに損傷を生じやすい箇所が明らかとなっている場合があり, 損傷部近傍において得られる応答は損傷前後で大きく変化すると考えられる. 本研究では鋼鈑桁橋の横桁フランジと主桁腹板の溶接部から疲労亀裂が生じた場合を想定し, 損傷発生部近傍で得られる応答と推定される振動特性について損傷前後での違いを解析により検討する.

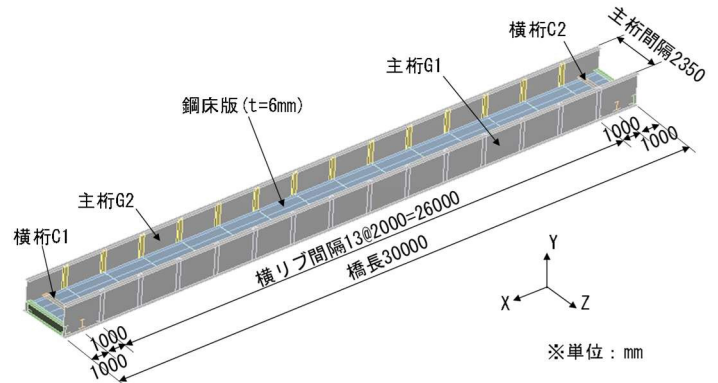


図1 解析モデル

2. 解析モデルおよび解析条件

解析モデルは図1に示す単純鋼床版鈑桁橋である. 橋長 30.0m, 主桁間隔 2.35m で, 建設省の横断歩道橋の標準設計を参考に作成した. 道路橋示方書の群衆荷重に対する概略設計を満足することを確認している. 部材は全てシェル要素にてモデル化し, 横桁 C1 側を単純支持, C2 側をローラー支持としている. 損傷は C1 横桁下フランジと G2 主桁腹板の溶接部から亀裂が生じ, 主桁下フランジまで達した場合を想定する(図2). なお, 亀裂はその範囲のメッシュを消去することで再現している. 解析には汎用有限要素法解析ソフトウェア ANSYS19 のモーダル解析, 時刻歴応答解析システムを用いた.

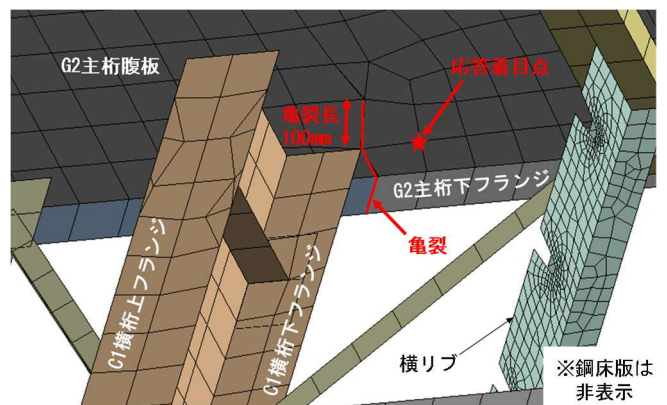


図2 想定した損傷と応答着目点

表1 固有振動数の差

	亀裂無し (Hz)	亀裂有り (Hz)	差 (Hz)
1次	4.77	4.77	0.00
2次	5.63	5.62	0.01
3次	6.87	6.87	0.00
4次	14.22	14.21	0.01
5次	17.13	17.13	0.00

3. 固有値解析結果の比較

はじめに, 固有値解析を行い損傷前後の固有振動数の違いを調べた. 表1に亀裂無し, 有りの1~5次の固有振動数と両者の差を示す. 2次と5次で若干亀裂無しの方が固有振動数は大きくなったものの, 違いはほとんど見られなかった. また, 紙面の都合上省略したが, 振動モードもほぼ同様な形状であった.

4. 加速度応答から推定した固有振動数の比較

図1の解析モデルに外力を与え, 得られた応答から固有振動数の推定を行った. 入力外力は白色雑音から作成し, 最大 $0.05\text{sec}/\text{m}^2$ 程度の加速度とした. 応答の着目点は亀裂近傍の図2の★部の節点とし, 鉛直方向(Y軸)と橋軸直角方向(Z軸)の加速度応答を用いた. 時間刻みは $dt=0.01\text{sec}$ とし, 解析時間は 30sec とした.

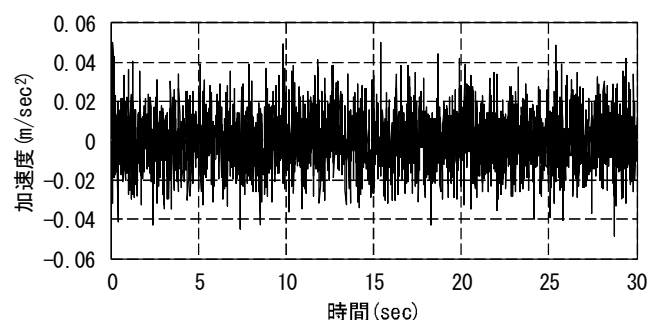


図3 入力外力

(1) 鉛直方向(Y 軸)の加速度応答と振動数推定結果

亀裂無し、有りの場合の鉛直方向の加速度応答を図 4、加速度応答から計算したパワースペクトルを図 5 に示す。パワースペクトルは対数表示としている。図より、応答の最大最小値に若干の違いは確認できるが、パワースペクトルの形状に明確な変化は確認できなかった。

(2) 橋軸直角方向(Z 軸)の加速度応答と振動数推定結果

亀裂無し、有りの場合の橋軸直角方向の加速度応答を図 6、加速度応答から計算したパワースペクトルを図 7 に示す。応答は図 4 と異なり亀裂無し、有りで異なる波形となっている。パワースペクトルは 25Hz を超えた範囲で亀裂有りの方が大きくなっており、明確な違いが確認できた。

(3) 考察

鉛直方向、橋軸直角方向の亀裂近傍の加速度応答に着目してパワースペクトルの計算を行ったが、鉛直方向の加速度応答から計算した結果には亀裂無し、有りで明確な違いは確認できなかった。従って、今回対象とした損傷の場合、鉛直方向の応答では損傷の検出は難しい可能性がある。一方、橋軸直角方向の応答から計算した結果では亀裂有りの方が高次の振動数においてパワースペクトルに明確な違いが確認された。以上の結果から、損傷近傍の応答に着目することで橋梁に生じた変状を把握できる可能性があることが分かった。

一方で、今回は橋軸直角方向の応答から計算した損傷前後の結果で違いが見られたものの、鉛直方向の応答と比較して橋軸直角方向の応答は非常に小さく、振動特性推定の際にノイズの影響を大きく受ける可能性がある。また、橋梁の規模や損傷を生じる箇所によって着目すべき応答の方向も異なると考えられる。高精度な振動特性の同定手法の適用や橋梁規模、損傷位置が異なるケースについて今後検討を行う必要がある。

5. まとめ

本研究では鋼鈑桁橋の横桁下フランジと主桁腹板の溶接部から亀裂が生じた場合を想定し、亀裂近傍の節点の応答に着目して振動特性の推定を行った。結果、鉛直方向の応答に着目した場合は損傷前後で大きな違いは見られなかったが、橋軸直角方向の応答に着目すると高次の振動数にてパワースペクトルに明確な変化が見られた。従って、損傷を生じる箇所がある程度事前に予想できる場合、その近傍の応答から推定した振動特性を用いることで、橋梁に生じる変状を検出できる可能性があることが分かった。

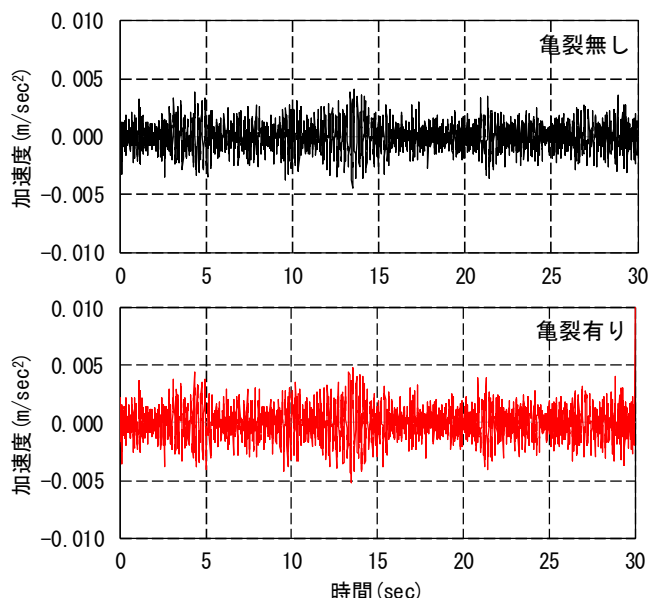


図 4 加速度応答(鉛直方向)

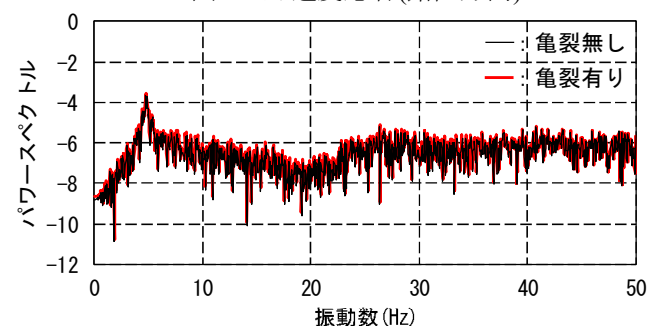


図 5 パワースペクトル(鉛直方向)

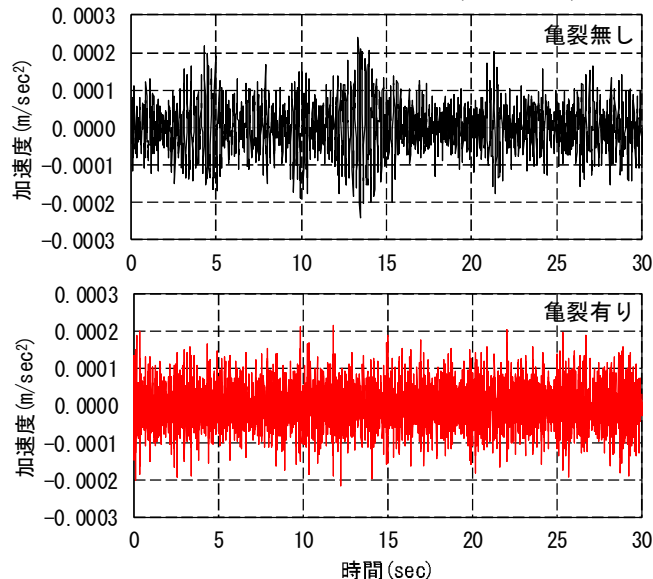


図 6 加速度応答(橋軸直角方向)

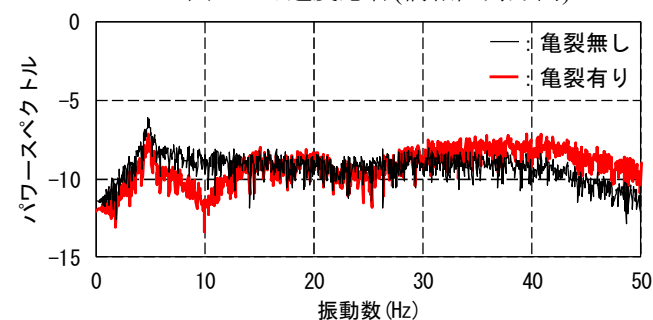


図 7 パワースペクトル(橋軸直角方向)