

既設道路橋 RC 床版を対象とした劣化部検知方法の効率化に関する基礎的検討

岩手大学工学部社会環境工学科 学生会員

○中田明良

岩手大学工学部社会環境工学科

正会員 岩崎正二

出戸秀明 大西弘志

(株)福山コンサルタント

正会員

宮村正樹 春山俊仁

1. はじめに

積雪寒冷地の道路橋鉄筋コンクリート床版(以下RC床版)の損傷は、床版下面の疲労損傷に加えて、舗装下の床版上面コンクリートの砂利化などが同時に進行し、床版全面打ち替えに至る事例が多く認められる。道路橋床版の健全度調査の中に、橋面上に重錘や砂袋を落下させて、その計測応答波形から固有振動数を求め劣化診断を行う方法がある。本論文では、劣化したRC床版を有する単純鋼鈑桁橋を舗装も考慮して四層板帯板要素などでモデル化し、重錘による衝撃振動試験を想定して、モード解析法を用いて衝撃応答解析を行う。本手法を用いて局部的に床版剛性を低下させた際の加振位置と各部の振動特性を把握し、検知手法の効率化について検討する。

2. 解析理論¹⁾

舗装を有する RC 床版と鋼 I 桁から成る既設鋼鈑桁橋を、いくつかの帯板要素の集合体と考え衝撃応答解析を行う。3次元動的弾性論に基づきガラキン法を用いて四層板帯板要素の運動方程式を誘導する。衝撃応答解析にあたっては、モード解析法を適用する。図-1 に示す長さ l の四層板帯板要素では、 x, y, z 方向の両端の節線力を $T_i, S_i, Q_i (i=r, r+1)$ とし、 x 軸周りの両端の節線モーメントを $M_i (i=r, r+1)$ とする。

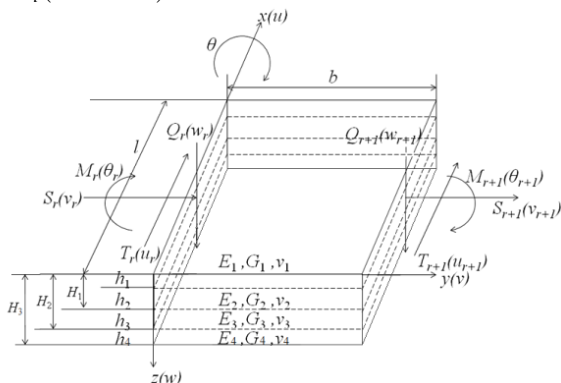


図-1 四層板帯板要素の力と変位

3. 解析モデルと解析条件

単純鋼鈑桁橋（橋長 18.24m、支間長 17.84m、全幅員 6.60m、桁高 1.00m）を、図-2 に示すように鋼桁を一層板要素、舗装と劣化部分、健全部分に分けられる RC 床版を三層板要素、主桁上フランジ上は四層板要素によりモデル化する。図-2 に示す節線 13 の支間中央に衝撃継続時間 30(ms)、衝撃力の最大値 50(kN)の SIN 波を鉛直方向に与えて、着目点の固有振動数を求める。図-2 に示すように RC 床版上部の全面劣化、RC 床版上部と舗装部の局所劣化の進展を想定し、三層目のヤング係数 E_3 を一定として一層目、二層目のヤング係数 E_1, E_2 を局所的に低下 ($E_1'/E_1=1.0, 0.75, 0.5$ $E_2/E_3=1.0, 0.75, 0.5$) させ計算を行い衝撃点、着目点を変化させた結果を比較した。数値計算に用いた値は以下の通りで E_1' は局所劣化させた際の 1 層目のヤング係数である。なお 1 層目は舗装を表している。

$$E_1=5.0 \times 10^3 \text{ N/mm}^2, E_2, E_3=3.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2,$$

$$E_4=2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2, \nu_1=0.35, \nu_2, \nu_3=0.167, \nu_4=0.3$$

$$\rho_1=0.225 \times 10^{-8} \text{ N} \cdot \text{sec}^2/\text{mm}^4, \rho_2, \rho_3=0.2448 \times 10^{-8} \text{ N} \cdot \text{sec}^2/\text{mm}^4,$$

$$\rho_4=0.801 \times 10^{-8} \text{ N} \cdot \text{sec}^2/\text{mm}^4$$

$$h_1=0.08\text{m}, h_2=0.05\text{m}, h_3=0.13\text{m}, h_4=0.01\text{m}$$

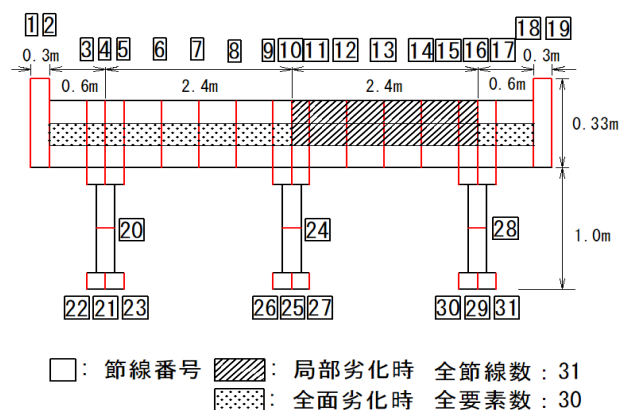


図-2 解析モデル断面図

キーワード：有限帯板法 衝撃応答解析 RC 床版 健全度評価

連絡先：〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4-3-5 岩手大学工学部 社会環境工学科 TEL.FAX 019-621-6436

4. 解析結果と考察

本解析では着目点の加速度応答を計算し、その計算応答値を FFT 解析してフーリエスペクトル波形から固有振動数を求めた。各ピークが解析モデルの固有振動数を表している。図-3は着目点を RC 床版の他に節線 18(地覆)、節線 25(下フランジ)と健全な条件で計算した場合のフーリエスペクトル波形である。節線 13,18 の波形には、節線 25 の波形において見られないピークが存在する場合があった。節線 13,18 の波形においてはピークの位置に大きな違いは見られなかった。これは節線 18(地覆)に計測器を置いても有用な結果が得られることを示唆している。

図-4 は 2 層目を全面的に劣化させた場合のフーリエスペクトル波形である。劣化の進展に伴い固有振動数の減少が確認できる。床版劣化の影響は低次に比べて高次のピークの位置に違いが見られたため、床版の劣化診断には 30Hz 以上の高次卓越振動数に着目することが有効であるとわかった。図-5,6 は図-2 に示すような舗装及び床版の局部劣化を想定し、着目点を変化させてフーリエスペクトル波形を求めたものである。全面劣化の場合と同様に局部劣化においても同じような劣化の進展に伴う固有振動数の減少が確認できる。 $E_1'/E_1, E_2/E_3$ が 1.0 と 0.5 の劣化段階を比較すると約 30Hz 付近の卓越振動数に違いが見られた。着目節線 7(健全部)は 31.7Hz, 着目節線 13(劣化部)は 29.3Hz にピークが見られ、劣化部に着目した場合が低い値となった。また、他の卓越振動数は健全部、劣化部で大きな違いは見られなかった。この結果、約 30Hz 付近の卓越振動数に注目することで局所的な床版劣化がおおよそ評価可能であることが示された。

5. まとめ

本研究により実橋 RC 床版の健全度評価において床版劣化の検知には、高次卓越振動数に着目することが有効であることがわかった。着目点を変化したときの卓越振動数に注目することで局所劣化位置をおおよそ推定できることがわかった。今後は加振位置によって起こる健全部、劣化部の影響を検討したい。

参考文献

1) 宮村正樹, 岩崎正二, 出戸秀明, 大西弘志, 宍戸洋貴: 劣化した道路橋 RC 床版の衝撃応答解析に関する一考察, 鋼構造年次論文報告集, Vol.20, pp.377-382, 2012.

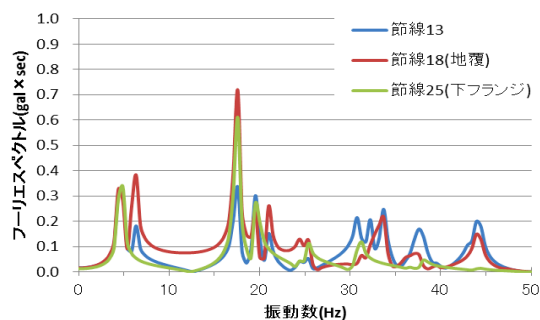


図-3 着目点によるフーリエスペクトル波形の比較

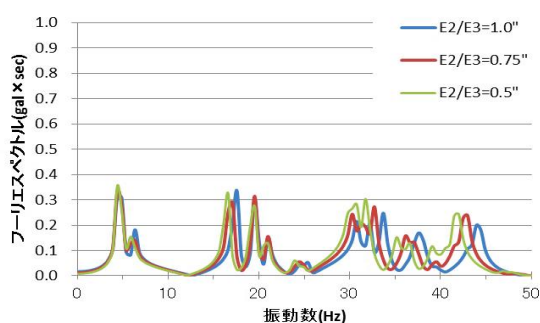


図-4 衝撃節線 13 着目節線 13 のフーリエスペクトル波形(全面劣化時)

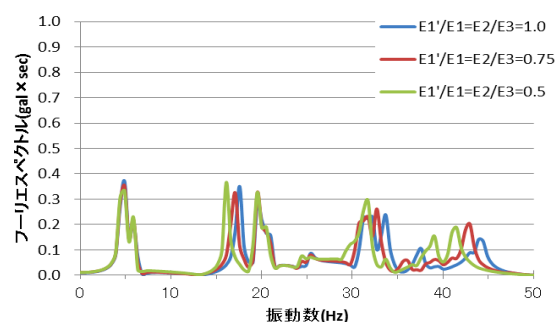


図-5 衝撃節線 13 着目節線 7 のフーリエスペクトル波形(局部劣化時)

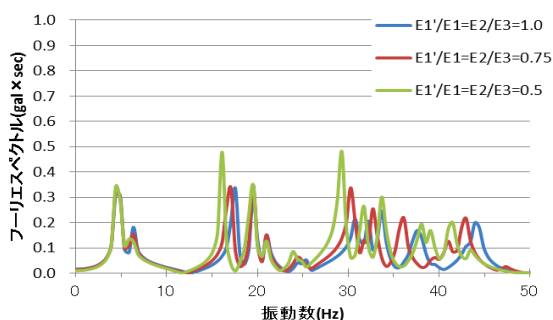


図-6 衝撃節線 13 着目節線 13 のフーリエスペクトル波形(局部劣化時)