

# 劣化した道路橋 RC 床版の衝撃応答解析に関する一考察

岩手大学大学院工学研究科 学生会員 ○宍戸 洋貴  
 岩手大学工学部 正会員 岩崎 正二 出戸 秀明  
 (株)福山コンサルタント 正会員 宮村 正樹  
 岩手大学工学部 川口 翼

## 1. はじめに

積雪寒冷地の道路橋 RC 床版の損傷は、RC 床版下面の疲労損傷に加えて床版上面コンクリートの土砂化などの損傷が同時に進行する事例が多く認められる。道路橋の健全度調査の中には、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、それらの衝撃振動試験を想定して、劣化した鉄筋コンクリート床版（以下、RC 床版）を有する単純鋼鉄桁橋を三層板帯板要素などでモデル化し、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 RC 床版への衝撃点の位置や衝撃時間の変化及び床版の劣化度合が、橋全体の固有振動数あるいは RC 床版の局部固有振動数にどのような影響を与えるか検討する。

## 2. 解析理論<sup>1)</sup>

RC 床版と鋼桁から成る既設鋼鉄桁橋を、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ーキソ法を用いて三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  $l$  の三層板帯板要素では、 $x, y, z$  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。

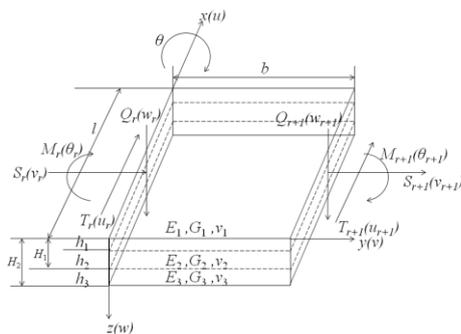


図-1 三層板帯板要素の力と変位

## 3. 解析モデルと解析条件

単純鋼鉄桁橋（支間長：18.17m、幅員：6.0m、桁高：1.0m）を、図-2 に示すように鋼桁を一層板要素、劣化部分と健全部分に分けられる RC 床版を二層板要素、主桁上は三層板要素によりモデル化する。RC 床版上に衝撃力  $P$ （矩形パルス）を与えて、着目点の加速度応答を計算し、その計算応答値を FFT 解析して固有振動数を求めた。まず、衝撃時間による固有振動数の変化を検討するため、図-3 に示すような力積一定の3種類の衝撃力を与え計算を行った。図-2 に示すように床版上部の劣化を想定し、二層目のヤング係数を一定とし、一層目のヤング係数を全面及び局部的に低下させ計算を行った。数値計算に用いた値は以下の通りである。

$$E_1, E_2 = 3.0 \times 10^6 \text{ kN/m}^2, E_3 = 2.1 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$$

$$E_1/E_2 = 1/50, 1/100, \nu_1, \nu_2 = 0.167, \nu_3 = 0.3$$

$$\rho_1, \rho_2 = 2.448 \text{ kN} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4, \rho_3 = 8.010 \text{ kN} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$$

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

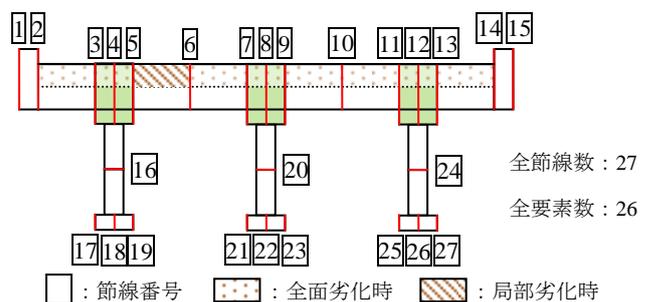


図-2 解析モデルの断面図

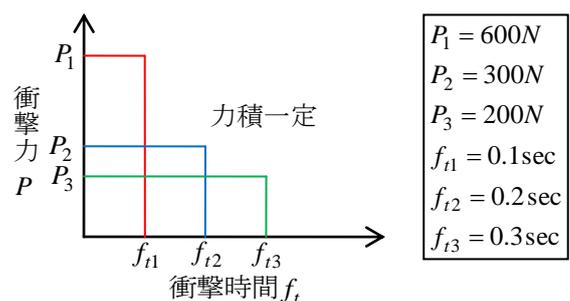


図-3 衝撃時間及び衝撃力の組み合わせ

キーワード：三層板有限帯板法 衝撃応答解析 劣化診断

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

単純鋼板桁橋のRC床版が健全である場合を想定し、図-2に示す節線6の支間中央に図-3に示す3種類の衝撃力Pを与えた場合の計算を行った。図-4に衝撃点でのフーリエスペクトル波形を示す。なお、フーリエスペクトル波形の算出においては、荷重除去後の加速度波形を用いた。衝撃時間0.1秒の場合に最も振幅が大きく、はっきりと卓越周波数が確認できた。よって、これ以降の解析においては衝撃時間を0.1秒として計算を行う。

次に、図-5は着目点によるフーリエスペクトル波形の変化を比較するため、図-2に示す節線2, 6, 22の波形を用いて計算した場合を示したものである。節線2, 6の波形には、節線22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2, 6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。この結果は節線2(地覆上)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。

最後に、RC床版上部の劣化が進展する場合を想定し、図-2に示すように二層目のヤング係数を一定とし、一層目のヤング係数を床版全面及び局部的に低下させる計算を行った。図-6, 7にそれぞれの結果を示す。図-6の全面劣化では高次振動数である25Hz付近に、健全時には見られないピークを確認した。図-7の局部劣化でも高次振動数である35Hz付近に、健全時には見られないピークを確認できた。また、図-6, 7において $E_1/E_2$ を1/50と1/100に変化させた場合、各図においてピークの位置、振幅の大きさに大きな違いは見られない。

#### 5. まとめ

本研究により実橋RC床版の固有振動数による劣化診断は、高次振動数の変化に着目すればよいことがわかった。また、衝撃振動試験を実施する前に、本手法を用いて様々な条件で解析を行うことにより、求めたい固有振動数を励起させる衝撃点、衝撃時間や計測機器の設置場所を推定することができる。

#### 参考文献

1) 出戸秀明, 岩崎正二, 新銀武, 丸山泰孝: 積雪寒冷地の塩化物供給を考慮したRC床版余寿命診断技術の提案, 土木学会編構造工学論文集, Vol.56A, pp.1227-1238, 2010.3

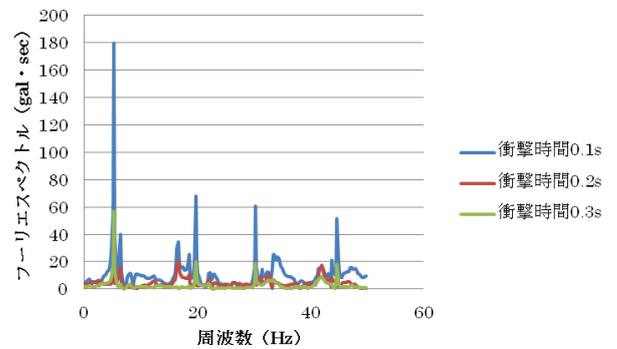


図-4 衝撃時間によるフーリエスペクトル波形の比較

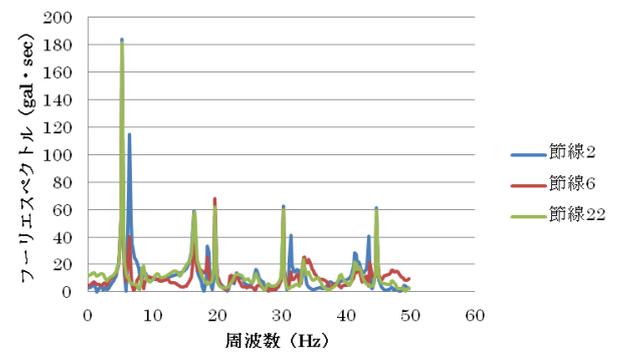


図-5 着目点によるフーリエスペクトル波形の比較

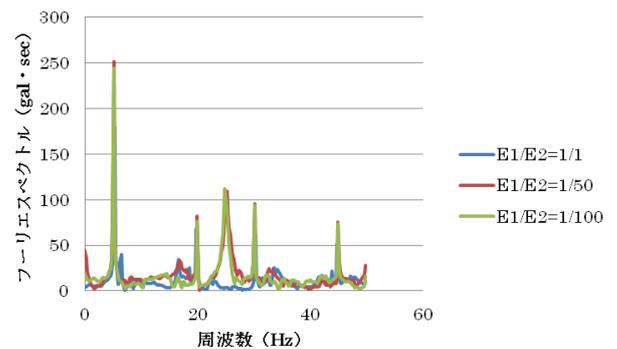


図-6 一層目のヤング係数の変化(全面)によるフーリエスペクトル波形の比較

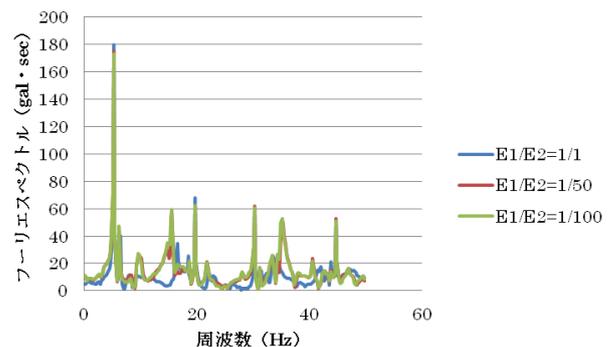


図-7 一層目のヤング係数の変化(局部)によるフーリエスペクトル波形の比較