単純鋼鈑桁橋 RC 床版の健全度評価に及ぼす舗装の影響について

(株)福山コンサルタント　正会員　○宮村正樹
岩手大学工学部社会環境工学科　正会員　岩崎正二　大西弘志　出戸秀明
岩手大学工学部社会環境工学科　三田村亮佑

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，その加速度や衝撃たわみの応答波形を計測し，固有振動数やたわみ波形を用いて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，舗装の有無によって生じる固有振動数やたわみ波形の変化から，舗装が RC 床版の健全度評価にどのような影響を及ぼすのか検討する．

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ー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．

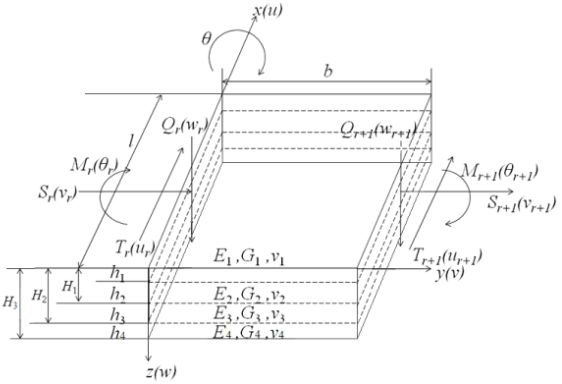


図-1　四層板帯板要素の力と変位

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 7 の支間中央に図-3 に示す集中衝撃力 P（SIN 波）を鉛直方向に与えて，着目点の固有振動数と動的たわみ波形を求める．図-2 に示すように床版上部の全面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，二層目のヤング係数 E_2 を全面的に低下（E_2/E_3=1.0, 0.5, 0.0）させ計算を行い，舗装が有る場合と無い場合を比較した．数値計算に用いた値は以下の通りである．なお，1 層目は舗装を表している．

$E_1=5.0\times10^5$ kN/m^2,　E_2, $E_3=3.0\times10^6$ kN/m^2,
$E_4=2.1\times10^7$ kN/m^2
$\nu_1=0.35$,　ν_2, $\nu_3=0.167$, $\nu_4=0.3$
$\rho_1=2.250$ kN・sec^2/m^4,　ρ_2, $\rho_3=2.448$ kN・sec^2/m^4, $\rho_4=8.010$ kN・sec^2/m^4
$h_1=0.08$m, $h_2=0.05$m, $h_3=0.13$m, $h_4=0.01$m

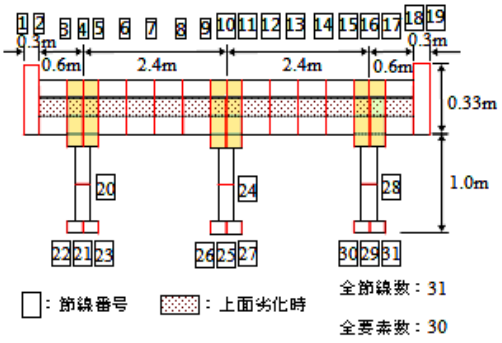


図-2　解析モデル断面図

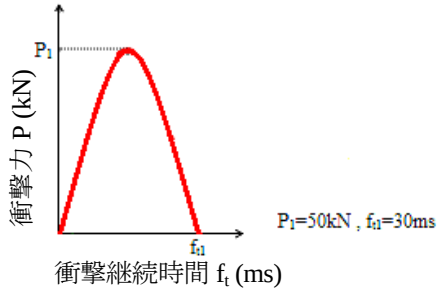


図-3　衝撃力波形

キーワード：四層板有限帯板法　衝撃応答解析　RC 床版　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

図-4 は衝撃点での床版のみの動的たわみ波形を示したものである．このたわみは節線 7 のたわみから主桁のたわみ成分を除去して求めている．舗装が無い場合に比べ有る場合では，全体を通してたわみが小さいことが確認できる．また，図-4（a），（b）それぞれの健全時，劣化時ともに波形の第一波が大きく現れているため，本研究では図-5 に示すように図-4 の波形の第一波を取り出したものを用いて比較検討を行う．床版上面の劣化が進展するとたわみは増加しているが，舗装が無い場合に比べ有る場合では増加幅が小さいことが確認できる．特に床版上面と下面のヤング係数比 E_2/E_3 が 0.5 と 0.0 の劣化段階を比較すると，舗装が無い場合は約 0.4mm 最大たわみが増加しているのに対し，舗装が有る場合の最大たわみの増加はわずか約 0.06mm であった．

図-6 は同様の条件で衝撃を与えた場合のフーリエスペクトル波形を示したものである．波形の各ピークが解析モデルの固有振動数を表している．特に 20Hz 以上のピークは主に床版の局部振動数を表している．舗装が無い場合に比べ有る場合はフーリエスペクトル波形の振幅が小さくなることがわかる．また，床版上面と下面の各ヤング係数比のピークの位置を見ると，舗装が有る場合は無い場合に比べて劣化の進展に伴う固有振動数の減少が小さくなることがわかった．

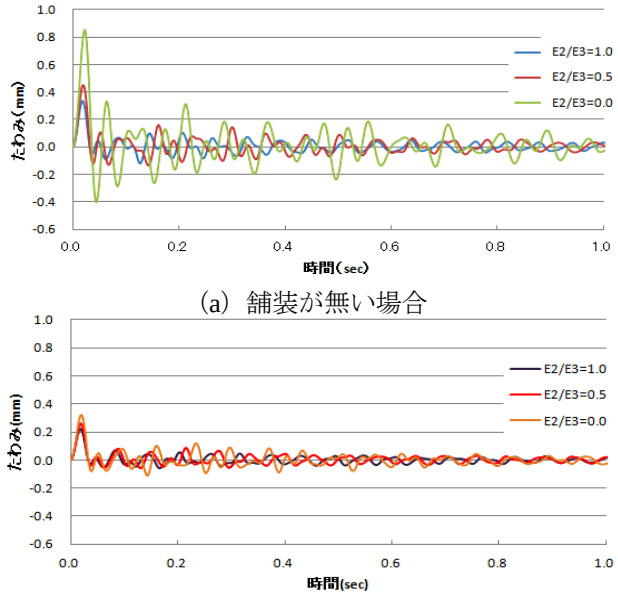
また，図-6（a），（b）より，床版劣化の影響は，低次に比べて高次のピークの位置に違いが見られたため，床版の劣化診断には 10Hz 以上の高次卓越振動数に着目することが有効であることがわかった．

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，床版上部の劣化が進展するほど，舗装は大きく影響を及ぼし，最大たわみの増加幅は小さくなり，固有振動数の減少も小さくなることがわかった．固有振動数による RC 床版の劣化診断では，舗装の有無にかかわらず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．

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.377-382，2012.11



（a）舗装が無い場合

（b）舗装が有る場合

図-4　舗装の有無によるたわみ波形(床版のみ)の比較

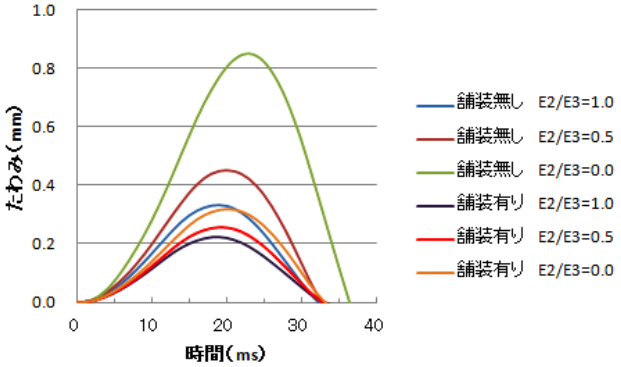
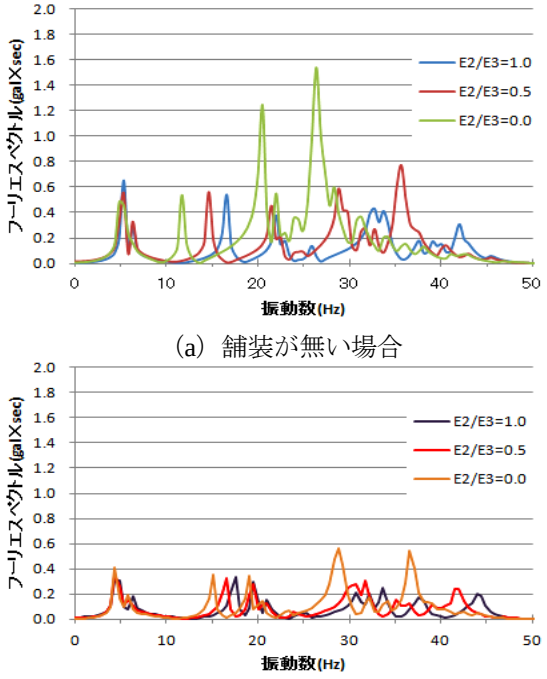


図-5　舗装の有無による第一波たわみ波形(床版のみ)の比較



（a）舗装が無い場合

（b）舗装が有る場合

図-6　舗装の有無による
フーリエスペクトル波形の比較