

### 舗装の影響を考慮した道路橋 RC 床版の健全度評価に関する一考察

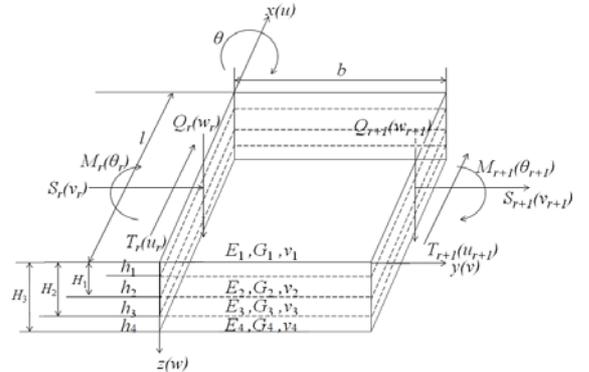
(株)福山コンサルタント	正会員	○宮村 正樹
(株)福山コンサルタント		春山 俊仁
岩手大学工学部社会環境工学科	正会員	岩崎 正二
岩手大学工学部社会環境工学科	正会員	大西 弘志
岩手大学工学部社会環境工学科	正会員	出戸 秀明

#### 1. はじめに

積雪寒冷地の道路橋 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土砂化が同時に進行し、床版打替えに至る事例が多く報告されている。道路橋 RC 床版の健全度調査の中に、橋面に重錘や砂袋を落下させた際の加速度や衝撃たわみの応答波形を計測し、固有振動数や最大たわみ量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鈹桁橋を舗装も考慮した四層板帯板要素でモデル化し、衝撃振動試験を想定した衝撃応答解析を行う。この結果から、舗装の有無によ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及ぼす影響について検討するとともに、舗装敷設条件下における各種の健全度調査方法の適用性について検討した。

#### 2. 解析理論

舗装を有する RC 床版と鋼 I 桁から成る既設鋼鈹桁橋を帯板要素の集合体と考え、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。また、衝撃応答解析にあたっては、モード解析法を適用した。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。



#### 3. 解析モデルと解析条件

単純鋼鈹桁橋(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( $E_2/E_3=1.0, 0.5, 0.0$ )させた計算を行い、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。

$E_1=5.0 \times 10^5 \text{ kN/m}^2, E_2=E_3=3.0 \times 10^6 \text{ kN/m}^2, E_4=2.1 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$   
 $\nu_1=0.35, \nu_2=\nu_3=0.167, \nu_4=0.3$   
 $\rho_1=2.250 \text{ kN} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4, \rho_2=\rho_3=2.448 \text{ kN} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4, \rho_4=8.010 \text{ kN} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$   
 $h_1=0.08 \text{ m}, h_2=0.05 \text{ m}, h_3=0.13 \text{ m}, h_4=0.01 \text{ m}$

#### 4. 舗装の影響分析結果

舗装の有無による床版の動的たわみ波形を分析した結果、舗装

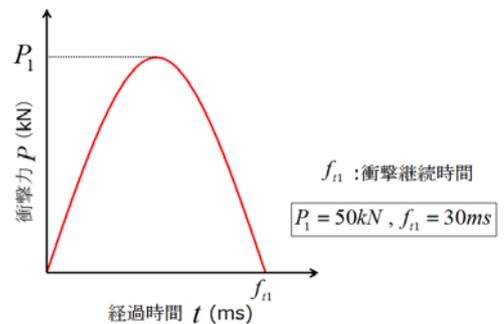
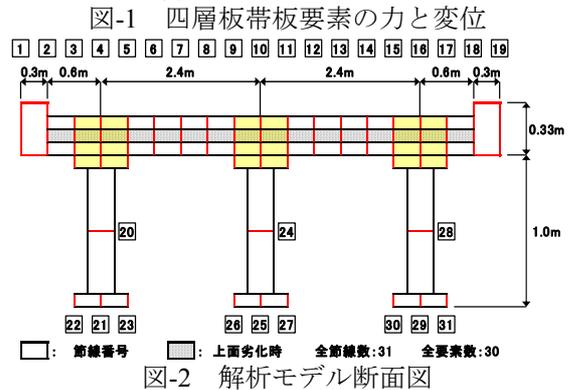


図-3 衝撃力波形

キーワード 四層板有限帯板法, 衝撃応答解析, RC 床版, 衝撃振動試験, 劣化診断, 剛性低下率

連絡先 〒980-0802 宮城県仙台市青葉区二日町 13-17 (株)福山コンサルタント TEL022-262-5250

を考慮した場合にたわみ量が全体的に小さくなる傾向を示した。また、舗装の有無や床版の健全度に係わらず、たわみ波形の第一波が大きい傾向を示し、床版たわみ波形(第一波)の比較結果を図-4に示す。この結果、床版上面の剛性低下によって床版たわみ量は増加するが、舗装を考慮した場合はたわみ量の増加幅が小さい傾向であった。特に床版上面と下面のヤング係数比 $E_2/E_3$ が1.0から0.0の劣化時で比較すると、舗装が無い場合は床版たわみ量が0.5mm増加するのに対して、舗装が有る場合は僅か0.1mmの増加であった。

次に、床版の動的たわみ波形に対するフーリエ解析結果を図-5(a),(b)に示すが、床版の劣化進展に伴って卓越固有振動数の振幅が増加する傾向が見られた。また、舗装を考慮した場合には、フーリエスペクトル波形の振幅が小さくなり、床版の固有振動数は全体的に高くなる傾向を示した。なお、床版健全時( $E_2/E_3=1.0$ )においては、舗装の有無による固有振動数の差異は小さいが、劣化の進展につれて固有振動数の差異が大きくなる傾向を示した。

以上より、舗装の剛性が床版たわみ量に及ぼす影響は大きいことが確認された。なお、舗装が敷設された状態においても、床版劣化に伴う固有振動数(高次)の変化を把握することは比較的容易であったが、床版たわみ量に着目した場合は上面劣化時で僅か0.1mm程度の変化と小さいため、舗装の適切な評価と十分な計測精度が必要であることが示唆された。

5. 床版健全度評価の適用性検討

RC床版上面の劣化進展時における剛性低下率の比較結果を図-6(a),(b)に示す。横軸にヤング係数比( $E_2/E_3$ )、縦軸に床版の固有振動数から算出した剛性低下率( $f/f_0$ )<sup>2</sup>及び最大たわみから算出した剛性低下率( $\delta_0/\delta$ )とした。この結果、床版の固有振動数及び最大たわみに着目した剛性低下率の変化は一致し、何れの指標も床版の健全度評価への適用が可能であることが確認された。

6. まとめ

RC床版を有する単純鋼鈹桁橋を四層板帯板要素でモデル化し、衝撃応答解析を実施した結果、以下のことが明らかとなった。

- ・舗装の剛性が床版たわみ量や固有振動数に及ぼす影響は大きく、床版の健全度評価時には舗装の剛性を適切に評価する必要がある。
- ・舗装敷設条件下における床版上面劣化に伴った固有振動数の変化を把握することは比較的容易である(衝撃振動試験の適用性確認)。
- ・床版上面の劣化進展に伴った固有振動数及び最大たわみに着目した剛性低下率の変化は一致し、衝撃応答たわみを指標とした調査方法(FWD試験等)も床版の健全度評価に適用可能である。

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

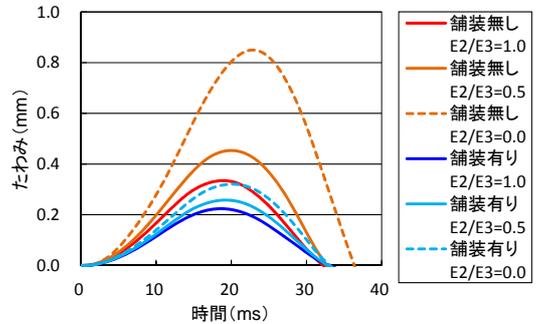
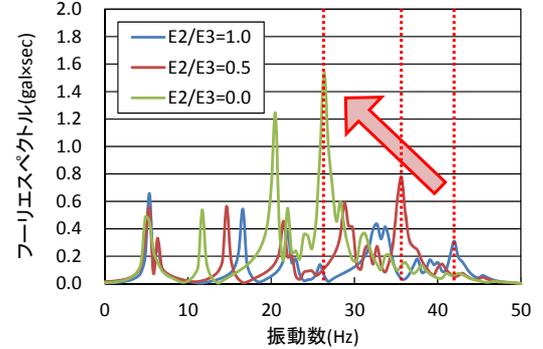
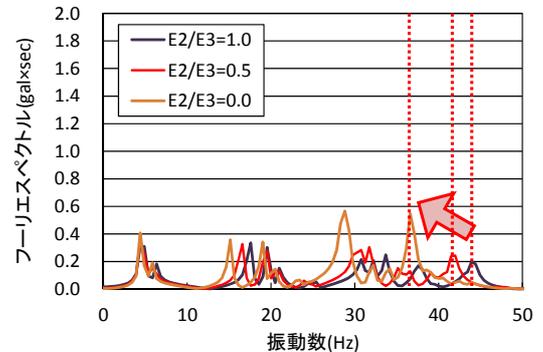


図-4 床版たわみ波形の比較(第一波)

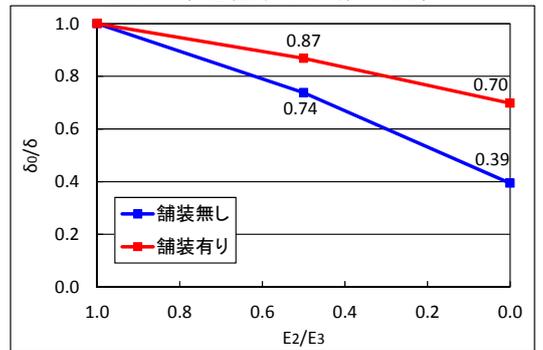


(a)舗装無し

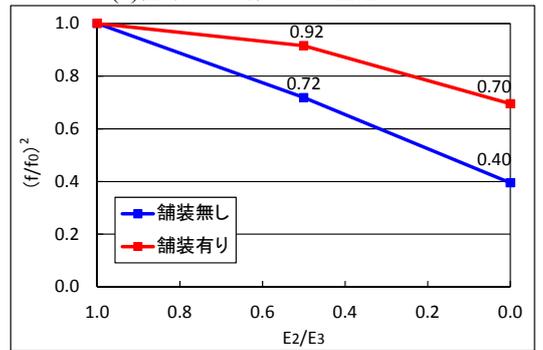


(b)舗装有り

図-5 卓越固有振動数の変化



(a)固有振動数の剛性低下率



(b)最大たわみの剛性低下率

図-6 床版劣化と剛性低下率の関係