

FWD における橋面舗装たわみの温度補正に関する解析的検討

近畿大学	正会員	○東山 浩士
東亜道路工業(株)	正会員	増戸 洋幸
東亜道路工業(株)	正会員	塚本 真也
東亜道路工業(株)	フェロー	阿部 長門
東京都	正会員	関口 幹夫

1. はじめに

著者らは、FWD による RC 床版の健全度評価指標として、たわみ面積に着目し、薄板理論に基づく弾性 FEM 解析により、たわみ面積と載荷点たわみが線形関係を有することを確認してきた¹⁾。また、新設橋 (PCT コンポジット橋) における FWD 試験においてもその関係を検証してきた²⁾。しかし、これまでの研究では、橋面舗装の影響を考慮せずに検討してきた。実橋における FWD 試験では、橋面舗装の温度により変化するたわみを適切に補正して床版の健全度を評価する必要がある。

そこで本稿では、橋面舗装の温度および厚さをパラメータとした 3 次元弾性 FEM 解析を行い、橋面舗装たわみの影響を検討するとともに、その補正方法を提案する。

2. 3 次元弾性 FEM 解析の概要

解析モデルは、床版支間長 2m, 3m, 4m の 2 辺単純支持版とし、橋軸方向の長さは床版支間長の 3 倍とした。床版厚は道路橋示方書から、それぞれ 190mm, 230mm, 270mm とし、舗装厚は 0mm, 40mm, 80mm, 120mm とした。本解析における載荷面積は、図-1 に示すように、FWD 試験に用いられる載荷板として、直径 300mm の円形板とし、載荷荷重は 100kN とした。床版コンクリートのヤング係数は 25kN/mm^2 の一定値とし、橋面舗装のヤング係数はその温度により変動することから、橋面舗装の厚さ方向の平均温度を 0°C , 20°C , 40°C , 60°C とし、文献 3) を参考に表-1 に示す数値を用いた。

3. 解析結果と補正方法の提案

3.1 解析結果

解析結果の一例として、床版支間長 3m, 舗装厚 80mm, 平均温度 60°C の解析モデルについて、橋面

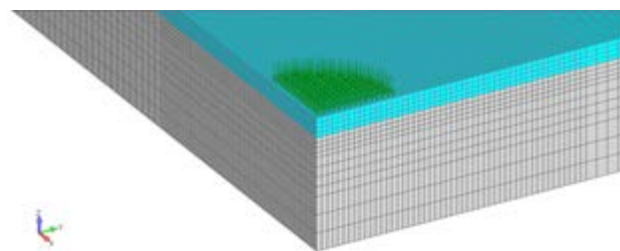


図-1 解析モデル

表-1 橋面舗装のヤング係数

舗装の平均温度 ($^\circ\text{C}$)	0	20	40	60
ヤング係数 (N/mm^2)	14,000	6,000	2,570	1,100

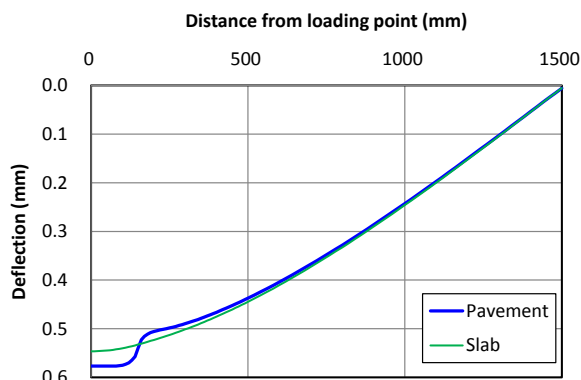


図-2 橋軸直角方向のたわみ分布

舗装上面と床版上面における橋軸直角方向のたわみ分布を図-2 に示す。橋面舗装と床版のたわみを比較すると、橋面舗装の平均温度の上昇とともにその差は大きくなるが、その影響範囲は載荷板周辺に留まっている。また、舗装厚が大きいほど、載荷板周辺の舗装と床版とのたわみ差は大きくなる結果であった。

3.2 橋面舗装たわみの温度補正

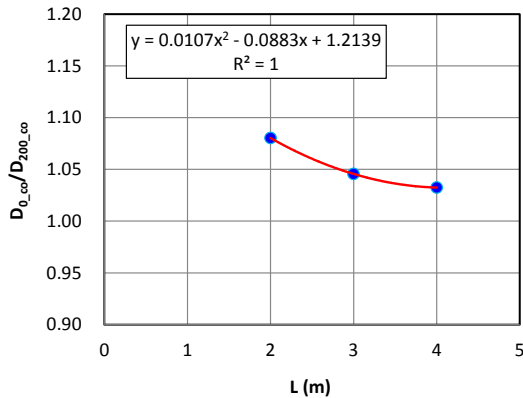
図-2 に示したように、載荷点たわみは橋面舗装の圧縮変形の影響を受ける。このことから、重錘落

キーワード FWD, RC 床版, 橋面舗装たわみ, 温度補正, たわみ面積

連絡先 〒577-8502 東大阪市小若江 3-4-1 近畿大学理工学部社会環境工学科 TEL 06-4307-3553

表-2 重回帰式における各係数

係数	L=2m	L=3m	L=4m
a	-5.455×10^{-5}	-4.041×10^{-5}	-3.028×10^{-5}
b	4.155×10^{-3}	2.850×10^{-3}	2.011×10^{-3}
c	-1.859×10^{-2}	-1.605×10^{-3}	4.940×10^{-3}
d	1.180×10^{-2}	1.000×10^{-2}	8.612×10^{-3}
e	-1.290	-1.084	-9.253×10^{-1}
f	43.23	35.07	29.44

図-3 D_{0_co} 算定の補正係数

下荷重による橋面舗装の圧縮変形の影響が小さく、FWD 試験で測定可能な載荷点から橋軸方向に 200mm 離れた点の橋面舗装たわみ D_{200_as} を用いる。まず、橋面舗装が無い状態の床版における載荷点から橋軸方向に 200mm 離れた点の床版たわみ D_{200_co} を算定するための補正係数について重回帰分析を行う。橋面舗装の平均温度に関する補正係数 CF_1 は D_{200_co}/D_{200_as} で表される。ここで、 $\log(CF_1)$ と舗装厚 H_a の関係は、平均温度が低いと線形性を有しているが、平均温度が高くなるに伴って緩やかな非線形性を示す。また、 $\log(CF_1)$ と橋面舗装の平均温度 T の関係は全体的に非線形性を示す。このことから、舗装厚と平均温度を説明変数とした式(1)に示す2次関数による重回帰分析を行うことにした。

$$\log(D_{200_co}/D_{200_as}) =$$

$$(aH_a^2T^2 + bH_a^2T + cH_a^2 + dH_aT^2 + eH_aT + fH_a) \times 10^{-4} \quad (1)$$

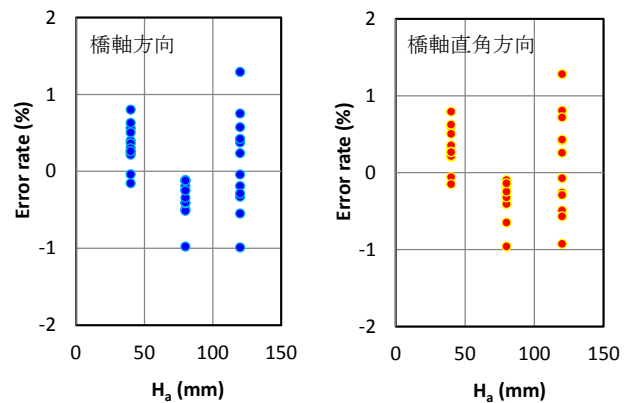
ここに、 H_a ：舗装厚(mm)， T ：平均温度($^{\circ}\text{C}$)

重回帰分析の結果、式(1)の各係数 (a~f) は表-2 に示すように、床版支間長の違いによる影響を考慮して、床版支間長毎に設定することにした。

次に、橋軸方向および橋軸直角方向の D_{200_co} の平均値を用いて載荷点直下の床版たわみ D_{0_co} を算定する。 D_{0_co} を D_{200_co} (平均値) で除した値 ($CF_2 = D_{0_co} / D_{200_co}$) と床版支間長の関係は、図-3 に示ように、2次関数で表される。

3.3 温度補正

橋軸方向の橋面舗装たわみ D_{200_as} から橋軸方向の床版たわみ D_{200_co} を推定した際の誤差率を図-4(左側)に示す。また、同様の補正係数を適用して橋軸直角方向の橋面舗装たわみ D_{200_as} から橋軸直角方向の D_{200_co} を算定した結果も図-4(右側)に示す。ここで、誤差率は橋面舗装 0mm のときの床版たわみ D_{200_co} と算定値との誤差を表している。両者は概ね $\pm 1.0\%$ の誤差率で補正できることが分かる。さらに、図-3 の関係を適用して、橋軸方向の D_{200_co} から D_{0_co} を算定した際の誤差率を図-5 に示す。その結果、 D_{0_co} は $-0.1 \sim 2.5\%$ の範囲の誤差率で算定できることを確認した。

図-4 D_{200_co} の算定精度

4. まとめ

橋面舗装の舗装厚と平均温度を説明変数とした重回帰分析を行い、 D_{200_as} から D_{200_co} 、さらに、 D_{200_co} から D_{0_co} の算定に関する補正係数を解析から提案し、 D_{0_co} は $-0.1 \sim 2.5\%$ の範囲の誤差率で算定できた。

参考文献

- 1) 東山ら：FWD による道路橋床版の健全度評価指標の一提案, 第17回コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.17, pp.273-278, 2017.
- 2) 増戸洋幸, 永見晃之, 塚本真也, 東山浩士：コンクリート床版のたわみ計測におけるアスファルト舗装の影響について, 第32回日本道路会議, 5002, 2017.
- 3) 雑賀義夫, 阿部長門, 姫野賢治, 丸山暉彦：FWD から得られる特性値の温度補正に関する検討, 舗装, Vol. 30, No. 8, pp.10-15, 1995.

図-5 D_{0_co} の算定精度