

舗装縁部から FWD 載荷位置までの距離が逆解析弾性係数に及ぼす影響

東京電機大学 学生会員 細川 潤
川田工業(株) 正会員 山本 和也
東京電機大学 フェロー会員 松井 邦人

1. はじめに

舗装構造評価を行うにあたって非破壊試験 FWD が広く利用されるようになってきた。FWD は舗装表面に衝撃荷重を作用させそのときに生じるたわみを計測する試験機である。この構造評価方法として、測定された表面たわみ(形状)から直接的に判断する方法、あるいは逆解析を行い弾性係数から判断する方法が考えられている¹⁾。逆解析を行い、弾性係数を推定する方法において、逆解析ソフトの舗装構造は軸対称要素でモデル化されている。そのため、舗装縁部など不連続な境界近くで測定された表面たわみを軸対称モデルで逆解析すると、舗装縁部などの影響が無視されてしまうと考えられる。一般に FWD 試験は舗装縁部などの影響が現われない十分離れた位置で試験を行うことが望ましい。しかし近年、舗装縁部近くで試験をすることも要求される。よって舗装縁部近くにおける構造評価について考えることが必要である。そこで本研究では、A 交通断面における舗装縁部近くで測定された表面たわみを用いて、軸対称モデルで逆解析する場合、逆解析弾性係数にどのような影響を及ぼすのか検討をする。さらに、すでに考察された D 交通断面の結果と比較することにより舗装構造の違いと舗装縁部が逆解析弾性係数に及ぼす影響の関係についても検討を行っている。

2. 3次元FEMを用いた舗装構造解析

(1) 舗装縁部の影響を含む表面たわみの算出

従来の軸対称逆解析を行うとき、舗装縁部がどの程度影響あるかを調べるため、解析条件が明らかな数値シミュレーションで表面たわみを求めることにした。そこで舗装縁部の影響が含まれる表面たわみを汎用 FEM ソフトとして評価の高いMARCを使用し求めた。図-1にアスファルト舗装構造を示し、表-1にA交通断面の各層の物性値、表-2にD交通断面の各層の物性値を示す。A交通断面におけるアスファルト舗装構造を3次元FEMでモデル化を行い、解析をする。解析領域は深さ、幅、奥行きを各10.0mとした。但し、対称性を利用しているため解析モデルを1/2とし奥行き方向を5.0mとしている。また境界条件は解析モデルの側面および底面において面に垂直な方向をそれぞれ固定した。舗装部(アスファルト層および路盤)と周囲の地盤との境界においては滑りを考慮していない。次にセンサー位置は載荷板中心から奥行き方向に0.0, 20.0, 30.0, 45.0, 60.0, 90.0, 120.0, 150.0cmの8点を取った。

(2) 荷重伝達と載荷位置

FWD 試験を想定しているため、載荷荷重は49kN、載荷板は一辺を26.6cmの正方形とした。載荷荷重は等分布としている。動的解析では衝撃荷重を $49\sin^2(25\pi t)\text{kN}$ ³⁾とし、荷重載荷時間 $t: 0.0\sim 0.04\text{sec}$ とした。また動的解析は時刻歴応答解析に良く使用されているNewmark- β 法を用い、時間ステップ幅:0.0002sec、解析時間:0.06secとした。本研究では舗装縁部が載荷位置によって逆解析弾性係数に及ぼす影響を解析するのが目的であるため、載荷位置をかえて表面たわみを算出する必要がある。舗装縁部から載荷板中心までの距離を x (載荷位置)と定義し400.0, 300.0, 200.0, 150.0, 120.0, 90.0, 60.0, 45.0, 30.0cmの場合についてA交通断面における舗装縁部の影響を含む表面たわみを算出した。

表-1 A交通における各層の物性値

舗装構成層	層厚[cm]	弾性係数[MPa]	質量密度[kg/m ³]	ポアソン比
アスファルト層	9.0	4900.0	2300.0	0.35
上層路盤	14.0	392.0	1900.0	0.35
下層路盤	22.0	147.0	1800.0	0.35
路床および地盤	955.0	78.4	1800.0	0.35

表-2 D交通における各層の物性値

舗装構成層	層厚[cm]	弾性係数[MPa]	質量密度[kg/m ³]	ポアソン比
アスファルト層	15.0	5880.0	2300.0	0.35
上層路盤	15.0	588.0	1900.0	0.35
下層路盤	24.0	196.0	1800.0	0.35
路床および地盤	946.0	98.0	1800.0	0.35

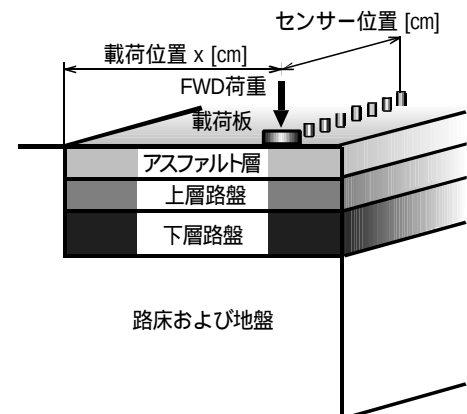


図-1 アスファルト舗装構造

Keyword:3D FEM, FWD test, 載荷位置, 表面たわみ, 逆解析弾性係数

連絡先: 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町大字石坂 : 0492(96)5731 内線(2734)

3. 逆解析結果

静的逆解析および動的逆解析を行い、それぞれの逆解析弾性係数を算出した。ここではA交通断面における静的たわみを用いた静的逆解析結果の検討を行った。さらにD交通断面との比較についても述べる。逆解析弾性係数の変化率と載荷位置の関係を図 - 2 の()から()に示す。縦軸は基準弾性係数(載荷位置が 400.0cm の場合の逆解析弾性係数)に対する変化率[%]を表し、横軸は載荷位置を表している。これらの図からA交通断面において、載荷位置が舗装縁部に近くなるに従い逆解析弾性係数は、アスファルト層では増加、上層路盤および下層路盤では大きく減少、路床ではわずかに減少した。したがって舗装縁部が逆解析弾性係数に及ぼす影響は路盤に大きいと考えられる。路盤における逆解析弾性係数が大きく減少した理由としては、載荷位置が舗装縁部に近づくほど荷重分散範囲が狭くなり、特に路盤のひずみが増加することが考えられる。したがって舗装縁部近くで測定した表面たわみを軸対称モデルで逆解析すると路盤の逆解析弾性係数を小さく評価すると考えられる。これらはD交通断面と同様の傾向である。また、A交通断面とD交通断面の比較において、載荷位置が舗装縁部に近い場合、A交通断面に比べD交通断面の方が基準弾性係数に対する逆解析弾性係数の変化率が大きいことが分かった。したがって舗装縁部から載荷位置までの距離が逆解析弾性係数に及ぼす影響はA交通断面よりD交通断面の方が大きいと考えられる。同様に動的たわみを用いた動的逆解析および動的たわみ(ピーク値)を用いた静的逆解析の結果は静的たわみを用いた静的逆解析の結果と同じ傾向であった。

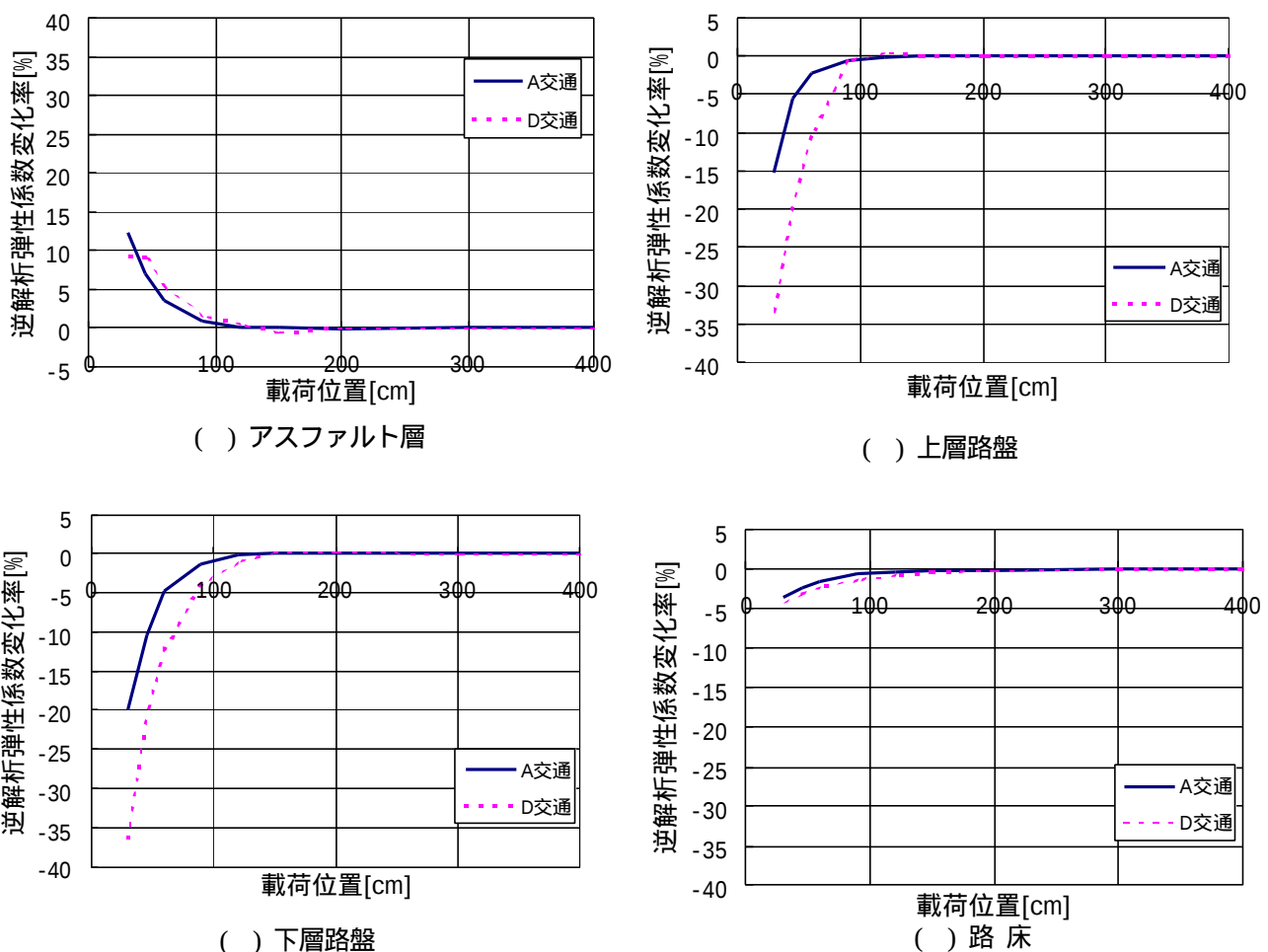


図 - 2 逆解析弾性係数の変化率と載荷位置の関係

4. おわりに

本研究で得られた結果は数値シミュレーションによるものである。今後は実験を行い結果の妥当性を検討することが望ましい。また、今回の舗装のモデル化において舗装縁部と周囲の地盤との境界および各層間において滑りを考慮しておらず、この点に留意しておく必要がある。

参考文献 1)松井邦人・井上武美・三瓶辰之：舗装各層から弾性係数を表面たわみから推定する手法，土木学会論文集，No. 420/V - 13，pp. 107 - 114，1990，2)山本和也・松井邦人・Qinxi DONG：3次元FEM解析によるFWD試験が表面たわみに及ぼす影響，舗装工学論文集第4巻，セッション2，pp61 - 68，1999，3)土木学会：舗装工学，1995