

(V-24) 有限要素法によるFWDでの地盤の応答計算

早稲田大学理工学部 学生会員 星野 聡志
早稲田大学理工学部 フェロー 清宮 理
運輸省港湾技術研究所 正会員 八谷 好高

1.はじめに

FWD (Falling Weight Deflectometer) による舗装の構造評価法としては、現地点では時系列荷重データと時系列たわみデータのピーク値のみを取り出して解析を行なう静的逆解析が主流となっている。しかし、舗装の下層の弾性係数が上層の弾性係数を上回るという逆転減少が生じるなど、工学的に妥当と思われない解析結果が得られることもある。そこで波形の時刻歴を考慮に入れた動的逆解析が注目されるようになった。本研究は、半たわみ性舗装実物大実験により得られた、時系列たわみデータと時系列荷重データを元に動的FEM逆解析を行ない、たわみのピーク値および波形形状を比較して各層の弾性係数を推定することを目的として基礎的な計算を実施した。

2.FWDの概要

今回の実験で用いたFWDは、荷重レベル100, 150, 200, 250 kNで測定でき、舗装版表面のたわみは荷重の中心および中心から30, 45, 60, 90, 150, 250 cmで測定できる。今回、解析に用いるデータは、荷重レベル100 kN、たわみは荷重の中心および中心から30, 45, 60, 90, 150 cmの6点のデータとした。また今後、本文中でのD(n)のnは荷重の中心からの距離(cm)を示すものとする。

3.地盤条件

地盤条件を表1に示す。弾性係数は多層弾性理論により静的に算定したものである。ただし、ポアソン比は3層とも初期に0.3と設定した。

しかし、1層目はアスファルト舗装の表層に半たわみ性舗装材料(アスファルト混合物にセメントミルクが充填されたもの)を用いた半たわみ性舗装であることに注目し、波形形状を比較したうえで、1層目の弾性係数は0.15と仮定をし直し、動的解析によりたわみの基準値を算定した。そのうえで、各層の弾性係数を基準値から適宜増減させ、動的なたわみの応答を求めた。

4.解析方法

有限要素法による解析モデルを図1に示すが、モデルは4分の1対称型モデルとし、要素は立体要素を用い、要素数は4536である。

入力荷重データおよびたわみデータは、初期の時系列と共に比例的に増加する区間を最小二乗法で直線回帰することにより初期値の補正を行なった。ここで、荷重の測定値と補正値を図2に、たわみの測定値と補正值(D0, D30, D60のみ)を図3に示す。

表1 地盤条件

	層厚 m	単位体積重 量 kN/m ³	弾性係数 kN/m ²	ポアソン比 (仮定)
1層目	0.1	26.487	18246600	0.15
2層目	0.484	22.563	2060100	0.3
3層目	5.416	18.639	323730	0.3

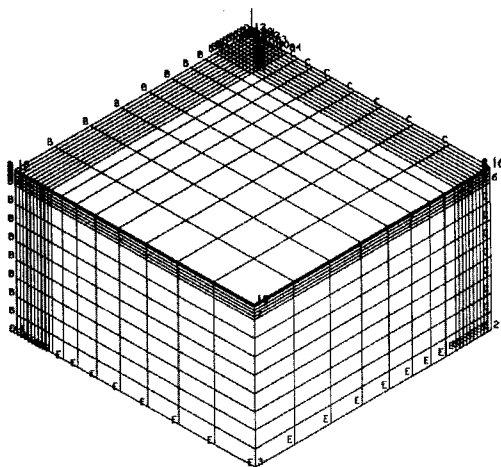


図1 有限要素法解析モデル

キーワード：FWD, 有限要素法, 動的逆解析, 弾性係数, 半たわみ性舗装

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51号館 16F-01 TEL&FAX 03-5286-3852
：〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 TEL 0468-44-5026 FAX 0468-44-4471

5. 解析結果

(1) ピーク値に関して

まず、弾性係数を増加させればたわみは小さくなり、弾性係数を減少させればたわみは大きくなるという解析結果が得られた。次に、各層の弾性係数を基準値の2倍にした場合と、0.5倍にした場合の各層のたわみをそれぞれ図4、図5に示したうえで、弾性係数を基準値から増減させたときのたわみの増減について述べる。ここで、解析によって得られたたわみを基準値で除すことにより傾向を調べると、次のことがわかった。

第一に、弾性係数の増減は上層ほどD0のたわみに大きく影響し、下層ほどD30からD150のたわみに大きく影響した。ただし、D0に関してはどの層もほぼ同様の影響を及ぼしている。第二に、D0を除いて1層目および2層目は載荷点から遠いほど影響は小さくなり、3層目は載荷点から遠いほど影響は大きくなった。

(2) 波形に関して

弾性係数を変化させても有意の差は見られずほぼ一定となった。測定データの整理方法等、今後の検討としたい。

6. 考察

ここで、D0と、D30からD150の傾向の違いを注目する。地盤表面に点荷重Pを加えたときに生じる半無限地盤内の鉛直方向変位は式(1)に示されるように、載荷点からの距離に比例して減少する。

$$\Delta = \frac{(1-\nu)P}{2\pi G D} \quad \cdots (1)$$

ここに、 Δ ：鉛直方向変位、 ν ：ポアソン比、 G ：材料のせん断定数、 D ：載荷点からの水平距離 とする。

ここで、式(1)において $D \rightarrow 0$ とすると、 $\Delta \rightarrow \infty$ となることから、D0では鉛直方向変位が無量大となる。これが、D0と、D30からD150の傾向が大きく異なることの原因であると考えられ、今後D0と、D30からD150は切り離して検討する必要があると考えられる。

7. 結論

実際にたわみの測定値と解析値の傾向を一致させるためには、各層の弾性係数を与えるが、今回の解析において、たわみのピーク値は、D0については1層目の弾性係数を2倍にした場合、D30からD150については1層目の弾性係数を0.25倍にした場合が最も測定値と一致した。しかし、これでは両者の傾向は著しく異なっている。

ここで、D0は1層目、D30からD150は3層目の弾性係数を増減させると、たわみのピーク値は大きく変化することに着目し、今後、各層での弾性係数の増減の組合せについて検討して行きたい。

【参考文献】(1)八谷好高他：コンクリート舗装構造の非破壊評価法の開発 港研報告 Vol.26 No.2 1987.6 pp.469~472 pp.488~490 (2)金井利浩他：時系列データを用いた動的FEMによる逆解析に関する研究 第1回舗装工学講演会講演論文集 1996.12 pp.39~48

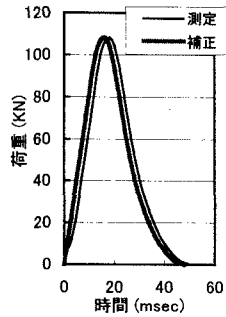


図2 荷重データ

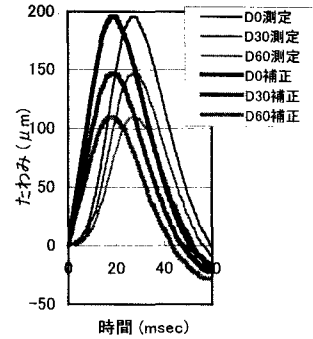


図3 たわみデータ

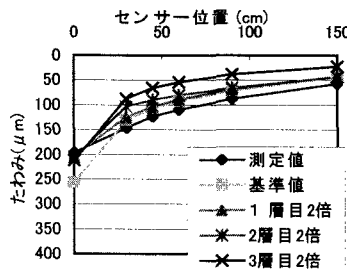


図4 弾性係数 2 倍

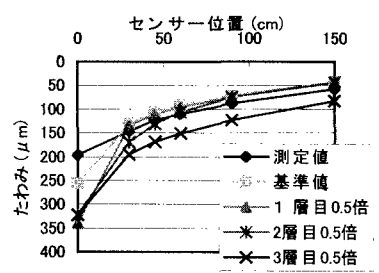


図5 弾性係数 0.5 倍