

表面波を用いたアスファルトの弾性係数の推定に関する研究

Estimation of elastic modulus related to the asphalt pavement using the surface wave

北海学園大学工学部土木工学科 ○学生員 中山真吾(Shingo Nakayama)
 北海学園大学大学院 学生員 植木基晴(Motoharu Ueki)
 北海学園大学工学部 正員 上浦正樹(Masaki Kamiura)

1. はじめに

舗装構造の評価法として、従来から破壊試験や非破壊試験が行われてきた。特に、非破壊試験は効率性やデータ数を多く入手できることから研究が進んでいる分野である。また、非破壊検査には弾性理論や有限要素法(FEM)などの計算力学論に基づくものがある。

舗装構造の寿命は、施工から補修や改修が必要とされるまでの期間と定義されている。在存寿命および補修方法の評価は各層の弾性係数に基づいて行われている。また、弾性係数は舗装各層の応力-ひずみ挙動を特徴づけるために利用され、表面の引っ張りクラックや劣化レベルを示すことにも利用されている。

近年、舗装の性能評価手法として非破壊試験がますます重要なものになりつつある。日本においては FWD (Falling Weight Deflectometer) と多層弾性理論を使用して衝撃荷重と各たわみセンサのピーク値を用いて静的に各層の弾性係数を推定する方法(静的逆解析)が主に活用されている¹⁾。しかし、FWD を用いた計測は準備からデータ収録までに多くの労力と時間を要すると考えられる。

筆者らが、以前の研究²⁾から用いている小型 FWD は取り扱いが容易で可搬性が高く短時間での計測が可能である。そこで本研究では、小型 FWD を用いて実験を行ない、計測したたわみ波形から弾性係数を求めることを目的としている。

2. 研究方法

小型 FWD を用いて測定されたたわみから、弾性係数を推定する本研究の流れをフローに示す(図-1)。

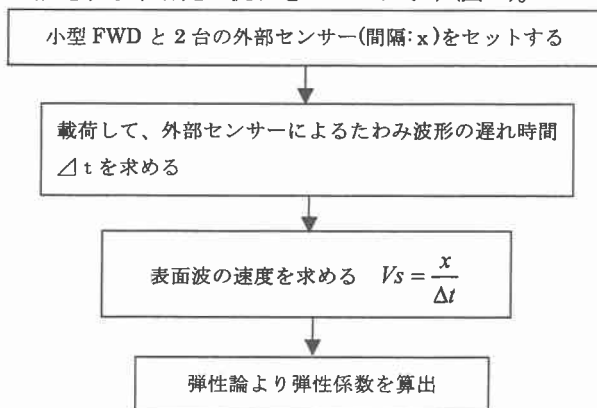


図-1 研究のフロー

3. 解析方法

測定結果から得られた第 1 外部センサ、第 2 外部センサでのたわみ量のピーク値の時間差を Δt とする(式 1)。

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (1)$$

第 1、第 2 外部センサ間の距離を x とおくと伝播速度 V_s 、剛性率 G 、弾性係数 E は式 2~4 のようになる²⁾。

$$V_s = \frac{x}{\Delta t} \quad (m/s) \quad (2)$$

$$G = \rho V_s^2 \quad (MPa) \quad (3)$$

$$E = 2 \cdot (1 + \nu) \cdot G \quad (MPa) \quad (4)$$

ここに、アスファルトの表層密度を $\rho = 2310(\text{kg/m}^3)$ 、ポアソン比を $\nu = 0.3$ とする。

4. 実験方法

小型 FWD 本体と 2 台の外部センサを一直線上に任意の距離をおいて水平に設置する。小型 FWD 本体の位置は固定し、第 1 外部センサ、第 2 外部センサの位置を定める。次に、小型 FWD 本体の重錘を载荷し、小型 FWD 本体と 2 つの外部センサでアスファルトのたわみを測定する。なお測定データのサンプリング間隔は 0.05ms である。

5. 室内試験

5.1 室内試験概要

財)鉄道総研アスファルト試験用舗装路盤(図-2) $20\text{m} \times 15\text{m}$ 、深さ 2.5m を用いて表面波の室内試験を行った。小型 FWD 本体を試験舗装のほぼ中央に固定し、本体と第 1 外部センサの間隔を x_1 、第 1 外部センサと第 2 外部センサの間隔を x としてセットした。 x_1 、 x を表に示す(表-1)。

路面状態は乾燥状態で、路面温度は 15°C である。

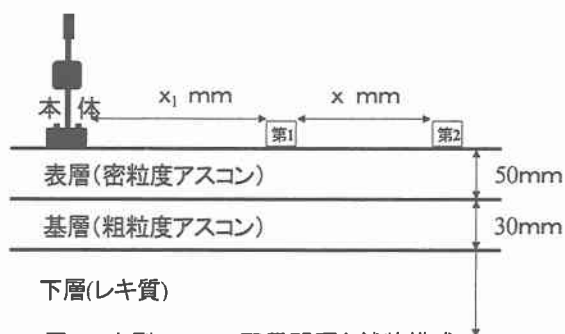


図-2 小型 FWD の配置間隔と舗装構成

表-1 試験条件

	$x_1(\text{mm})$	$x(\text{mm})$
A-1	300	900
A-2	300	1200
A-3	500	500

5.2 試験結果

試験条件ごとに重錘を落下させ、各センサのたわみを測定したデータにより、第1外部センサ、第2外部センサのたわみのピーク値における時間差(Δt)を求めた。(図-3)この時間差 Δt より式 2~4 を用いて弾性係数を算定した。落下回数は試験条件ごとに3回行い、弾性係数を平均した(図-4)。

6. 現場試験

6.1 試験概要

J R 貨物札幌ターミナルコンテナ置場において室内試験と同様に表面波試験を行った。外部センサの位置を表-2に示す。また、舗装構成を図-5に示す。

路面状態は乾燥状態で、路面温度は7.6℃である。

6.2 試験結果

室内試験と同様に、外部センサのたわみのピーク値より弾性係数をそれぞれの条件で算定した(図-6)。落下回数は8回とした。これは、室内試験に比べて舗装構成の施工状態が均一でないことを考慮し、測定回数を増やすことによるものである。

7. 考察

- (1) 本研究で得られたアスファルト舗装の弾性係数は $E=2390\sim3600$ (MPa)であり、一般的に行われている現場試験で推定されている弾性係数 $E=1200\sim6000$ (MPa)の範囲内にあった。
- (2) 室内試験と現場試験の舗装厚が異なったが、ほぼ同一の密粒度アスファルト混合物であった。本研究で得られたアスファルト舗装の弾性係数は舗装厚によらず、同じような結果が得られ、本試験方法が舗装厚に影響しないことが明らかとなった。
- (3) 推定された各点の弾性係数は比較的近い値であった。このことから、外部センサ間の距離の変化にかかわらず、弾性係数の推定が可能であることがわかった。

8. 結論

小型 FWD 本体と第 1、第 2 外部センサを用いて表面波測定をし、第 1、第 2 外部センサからたわみを測定した。その結果、ほぼ同一の密粒度アスファルト舗装であれば弾性係数を求めることが可能であることが明らかとなった。

参考文献

1)「舗装工学」編集委員会編：舗装工学、土木学会、pp.116119、19952
2) 上浦正樹、大石浩飽晶、安部長門、関根悦夫：小型 FWD 用いた重錘と地盤の変位推定モデルに関する研究、土木学会舗装工学論文集、Vol:6 巻、pp.116・121、2001.12
3)「地盤調査法」地盤工学会、pp.93、94

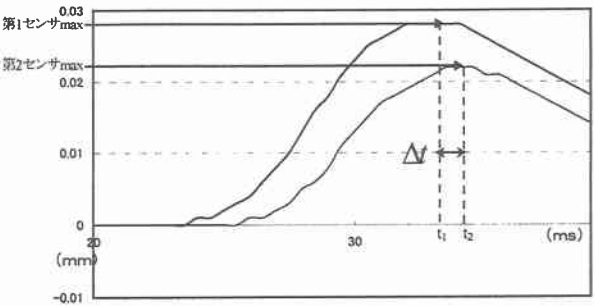


図-3 外部センサのピーク値と時間差 Δt

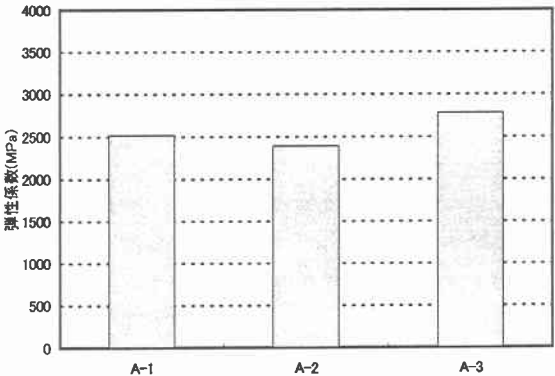


図-4 弾性係数の推定(室内試験)

表-2 試験条件

	x_1 (mm)	x (mm)
B-1	1000	300
B-2	1000	500
B-3	1000	1000

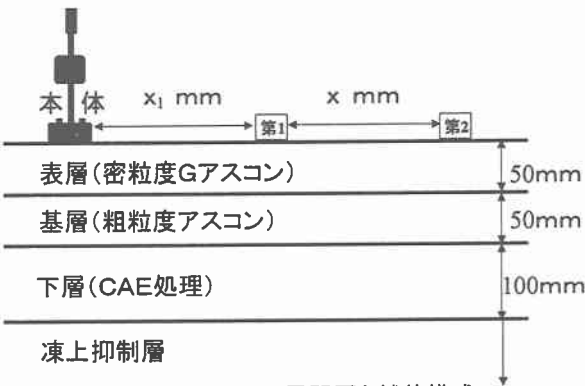


図-5 小型 FWD の配置間隔と舗装構成

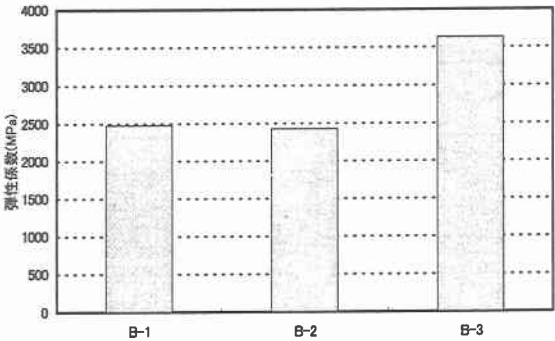


図-6 弾性係数の推定(現場試験)