

V-11

逆解析弾性係数におよぼす荷重分布と層間滑りの影響

東京電機大学 学生員 ○佐藤 直俊
東京電機大学 正員 松井邦人

1. はじめに

舗装の非破壊試験法として、FWD試験機を用いて舗装表面のたわみ形状を測定し、その結果から層弾性係数を推定することが行われている。この時、荷重を等分布とし、また層間には相対的な滑りが起こらないと仮定している。この仮定の妥当性を確認する必要があるかどうかを判断するため、本研究では、載荷荷重の分布状態と相接する2つの層の境界面の付着が、逆解析弾性係数に及ぼす影響を調べている。解析にはBISARを、また逆解析にはガウス・ニュートン法を用いた。

2. 問題の定義

荷重分布の影響を調べるため、あらかじめ複数の典型的な軸対象の荷重分布を想定し、BISARを用いて表面たわみを求め、等分布荷重の仮定で逆解析を行い、荷重分布の違いが層弾性係数の推定値に与える影響を評価している。

層間の滑りの影響を調べるため、表・基層と路盤の間で滑りが生じるものと仮定し、BISARプログラム中で滑りのパラメータ α ($0 \leq \alpha < 1.0$, $\alpha=0$ は完全密着、 α の値が1に近づくほど滑りやすい)の値を変え、表面たわみを計算し、層間が完全に付着しているとの仮定のもとで逆解析を行っている。

そして表面たわみを計算するのに用いた層弾性係数と逆解析弾性係数の差より、すべりの影響を評価している。

ここでは、例題として図-1に示すような舗装を考慮することにする。

3. 荷重分布状態の影響

舗装表面に作用するFWD試験荷重は、等分布をしていると考えられているが、実際にどのように分布しているか明かではない。FWD試験では、載荷面中央のたわみを計測できるのが大きな特色であり、またこの値が、表・基層の弾性係数の推定値に特に大きく影響することが分かってきている。ここでは、荷重分布状態の影響を調べるため、荷重の大きさを5tfとして、その荷重が半径15cmに種々の形で分布していると想定した。荷重分布状態は図-2に示す通りで、いずれも軸対称になっている。BISARを用いて、これらの荷重分布に対する表面

表-1 図-2の荷重分布モデルを用いてBISARで解析したときの計算たわみ (cm)

荷重分布	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
No.0	0.04802	0.03566	0.02436	0.02068	0.01554	0.01208	0.00969
No.1	0.04656	0.03559	0.02436	0.02068	0.01554	0.01208	0.00969
No.2	0.04507	0.03559	0.02437	0.02068	0.01554	0.01208	0.00969
No.3	0.04409	0.03559	0.02437	0.02068	0.01554	0.01209	0.00969
No.4	0.05649	0.03556	0.02436	0.02068	0.01554	0.01208	0.00969
No.5	0.05399	0.03556	0.02436	0.02068	0.01554	0.01208	0.00969
No.6	0.04643	0.03559	0.02437	0.02068	0.01554	0.01208	0.00969
No.7	0.04567	0.03559	0.02437	0.02068	0.01554	0.01209	0.00969
No.8	0.04534	0.03559	0.02437	0.02068	0.01554	0.01209	0.00969

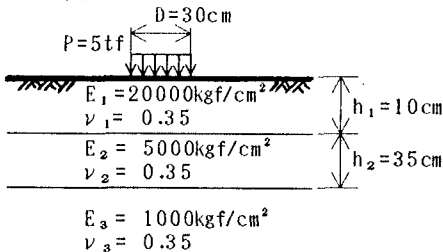


図-1 舗装構造モデル

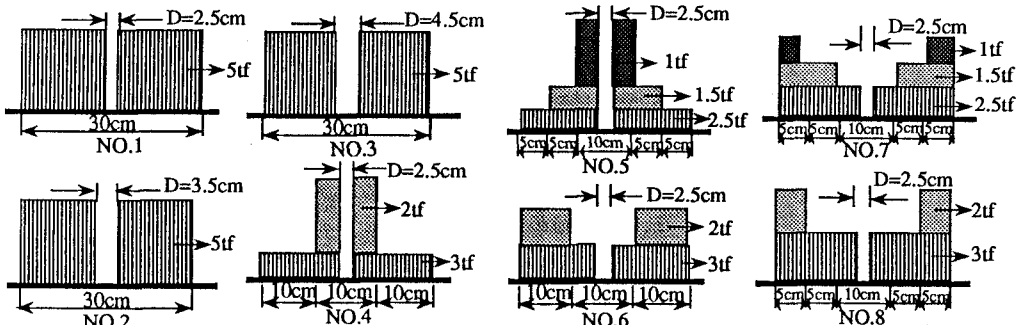


図-2 荷重分布モデル (tf)

表-2 等分布荷重として逆解析した層弾性係数
(単位; kg f/cm²)

弾性係数	E1	E2	E3
No.1	28301(20000)	4742(5000)	992(1000)
No.2	40708(20000)	4453(5000)	987(1000)
No.3	51413(20000)	4257(5000)	986(1000)
No.4	5176(19656)	5956(5021)	1038(1000)
No.5	6921(19656)	5742(5021)	1030(1000)
No.6	29238(20000)	4717(5000)	992(1000)
No.7	35161(20000)	4575(5000)	989(1000)
No.8	38105(20000)	4511(5000)	988(1000)

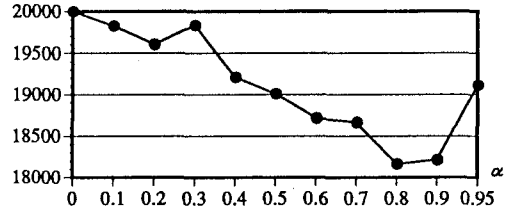
たわみを計算した。その結果を表-1に示した。No.0は、円形等分布荷重による表面たわみである。この表から明かなように、荷重分布が変わっても、D0を除くD1からD6のたわみ値は変わらない。それぞれの荷重分布に対し、表-1のD0~D6の7点のたわみを用い、5tfの荷重が半径15cmで等分布していると仮定して逆解析を行った。その結果を表-2に示す。また、D0を除くD1~D6の6点のたわみを用いて同様に逆解析を行い、その結果を表-2に合わせて()内に付記した。荷重分布により、逆解析が大いに異なってくるのが明かである。この結果は、正しい荷重分布を用いて逆解析できない限り、D0の値を無視するのが良いことを示している。

4. 層間滑りの影響

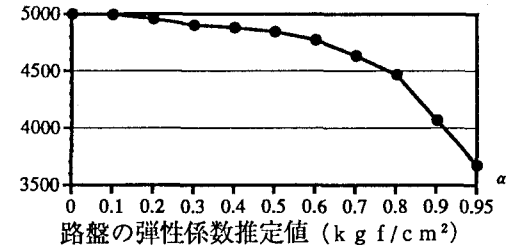
境界面で滑りが生じているかどうかについては必ずしも明らかになっていない。もし、層間に滑りが生じることがあり、それが滑りがないと仮定して逆解析し、求めた層弾性係数の推定値に顕著な影響を与えることがあるならば、現象として滑

表-3 表・基層と路盤の間で滑動する場合でBISARから得られる計算たわみ (単位; cm)

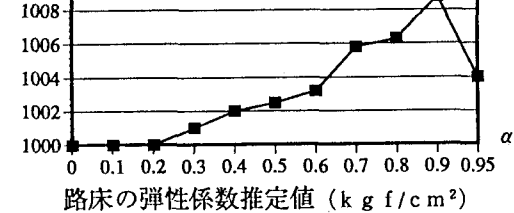
α	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
0.0	0.0480	0.0356	0.0244	0.0207	0.0155	0.0121	0.0097
0.1	0.0481	0.0356	0.0244	0.0207	0.0155	0.0121	0.0097
0.2	0.0483	0.0357	0.0244	0.0207	0.0155	0.0121	0.0097
0.3	0.0484	0.0358	0.0244	0.0207	0.0155	0.0121	0.0097
0.4	0.0487	0.0359	0.0244	0.0207	0.0155	0.0121	0.0097
0.5	0.0489	0.0360	0.0244	0.0207	0.0155	0.0121	0.0097
0.6	0.0493	0.0362	0.0245	0.0207	0.0155	0.0121	0.0097
0.7	0.0498	0.0365	0.0245	0.0207	0.0155	0.0120	0.0097
0.8	0.0507	0.0370	0.0246	0.0208	0.0155	0.0120	0.0096
0.9	0.0525	0.0381	0.0250	0.0209	0.0154	0.0119	0.0096
0.95	0.0544	0.0395	0.0256	0.0212	0.0155	0.0119	0.0095



表・基層の弾性係数推定値 (kg f/cm²)



路盤の弾性係数推定値 (kg f/cm²)



路床の弾性係数推定値 (kg f/cm²)

図-3 逆解析から得られた弾性係数推定値

りが起こるのかどうかを確認する必要がある。図-1のモデルにおいて、表・基層と路盤の間で滑りが生じるものと仮定し、BISARを用いて α の値を変え、D0からD6におけるたわみを計算した。その結果を表-3に示す。次に、完全付着のモデルを用い、表-3の値を表面たわみデータとして逆解析して各層の弾性係数を求めた。その結果を図-3に示す。この図より、その影響は、表・基層で約10%、路盤で約25%、路床では1%ほどになる。実舗装では、層と層の境界はどちらかと言うとラフ($\alpha=0$)に近い状態であると思われる。従って、滑りが層弾性係数の推定値に与える影響は比較的小さいことが予測される。

5. おわりに

舗装の非破壊試験は、FWD試験機の出現で急速に発展していくであろう。計測されたデータをいかに整理し、いかに有益な情報を正確に抽出するかが今後重要な課題である。舗装の構造評価においては、舗装構造モデルをできるだけ単純なもので、未知パラメータの数を少なく、かつその特性をしっかりと反映できることが良い。そのためには、非破壊試験に関わる問題点を予め整理することが重要となる。