

シミュレーションによるFWD試験の測定回数が許容載荷回数に及ぼす影響

鹿島道路㈱ 正会員 ○佐藤 直俊 鹿島道路㈱ 正会員 東 滋夫
鹿島道路㈱ 正会員 亀山 修一 東京電機大学 正会員 松井 邦人

1. はじめに

近年、舗装の理論的設計法の確立を目指し、非破壊試験の一種であるFWD試験を用いた舗装構造評価法に関する研究が精力的に進められている。その一手法として、FWD試験から得られる表面たわみを用いて逆解析により各層の弾性係数を推定し、舗装内部の応力やひずみと破壊規準との関係から許容載荷回数を求める方法が提案されている。一方、FWD試験で得られる測定たわみには誤差が含まれていることが知られており、測定回数を増やすことにより誤差は減少する。そこで、本論文ではモンテカルロ・シミュレーションにより測定たわみに測定回数に応じたばらつきを与え、このばらつきが逆解析弾性係数や許容載荷回数に及ぼす影響について検討した。

2. 解析方法

理論的設計法は舗装厚および種々の設計条件を仮定した上で、多層弾性理論により求めたアスファルト混合物層下面の引張ひずみと路床上面の圧縮ひずみに基づくものである。本解析方法はFWD試験から得られた表面たわみを用いて逆解析により各層の弾性係数を推定し、その時のアスファルト混合物層下面の引張ひずみ(ε₁)と路床上面の圧縮ひずみ(ε₂)を求

め、AI(Asphalt Institute)の破壊基準式¹⁾に基づいたそれぞれのひずみに対する破壊回数を計算する。

3. モンテカルロ・シミュレーション

FWD試験の測定回数Nが逆解析弾性係数の推定精度にどの程度の影響を与えるかを調べるためモンテカルロ・シミュレーションを行い、個々の逆解析弾性係数よりアスファルト混合物層下面の引張ひずみ(ε₁)と路床上面の圧縮ひずみ(ε₂)を求め、各ひずみに対する許容載荷回数を計算する。

3.1 測定回数による逆解析弾性係数の推定精度

図-1に示すB交通対応モデルを用いて図中に示す各層の弾性係数と層厚を真値と仮定し、各ポアソン比を0.35とした。このモデルを用いて多層弾性理論によ

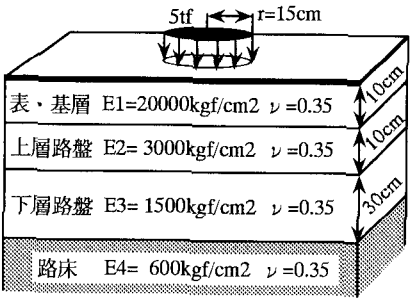


図-1 B交通対応モデル

表-1 多層弾性理論により求めた各測点におけるたわみ (cm)

	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
たわみ	0.0838	0.0651	0.0544	0.0430	0.0353	0.0298	0.0256	0.0196	0.0157	0.0117

表-2 逆解析から推定した各層の弾性係数の平均値とばらつき (kgf/cm²)

	測定回数	N=3	N=4	N=5	N=6	N=7	N=8
E1	A. V. G.	20046	19989	20015	20028	19991	20009
	S. D.	5772	5074	4558	4188	3878	3625
E2	A. V. G.	3198	3154	3112	3084	3079	3061
	S. D.	1341	1113	974	878	812	742
E3	A. V. G.	1527	1517	1513	1512	1509	1507
	S. D.	133	107	96	84	79	73
E4	A. V. G.	600	600	600	600	600	600
	S. D.	1.1	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7

り計算した各測点におけるたわみを表-1に示す。通常、FWD試験から得られるたわみの変動係数は約2.0%程度であることから、ここでは各測点とも標準偏差を0.02(たわみの平均値=1)と仮定する。測定回数Nまでの平均たわみを用いることにより、各測点のたわみの標準偏差は $0.02/\sqrt{N}$ となる。モンテカルロ・シミュレーションにより、各測点のたわみの標準偏差が $0.02/\sqrt{N}$ (たわみの平均値=1)となるような100個のたわみデータを正規乱数により作成し、ここでの測定回数Nを3～8回まで変動させる。測定回数Nに対するそれぞれの100個のたわみデータを測定たわみと仮定し、逆解析により各層の弾性係数を推定する。その結果を表-2に示す。この結果より、測定回数が増えるほど各層の弾性係数の標準偏差が減少していることが分かる。

3.2 破壊回数の区間推定と測定回数の関係

モンテカルロ・シミュレーションにより推定した個々の逆解析弾性係数よりアスファルト混合物層下面の引張ひずみ(ϵ_t)と路床上面の圧縮ひずみ(ϵ_c)を求め、それぞれのひずみに対する許容破壊回数を計算した。その結果、ひずみの多少のばらつきが許容破壊回数に与える影響が大きいため、ここではそれぞれのひずみ $\log(\bar{\epsilon} \pm \sigma)$ に対する許容破壊回数の区間推定を求めた。測定回数に対するひずみ $\log(\bar{\epsilon} \pm \sigma)$ と許容破壊回数の区間推定の結果を図-2に示す。ただし、仮定したモデルの真値の値を用いて計算した許

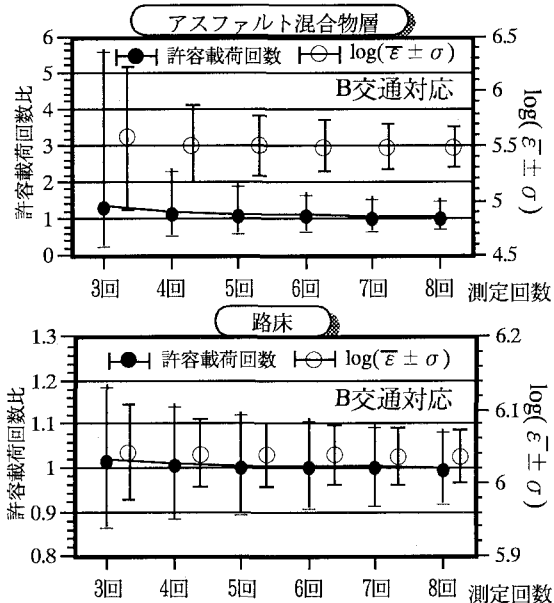


図-2 ひずみ $\log(\bar{\epsilon} \pm \sigma)$ と許容破壊回数の区間推定

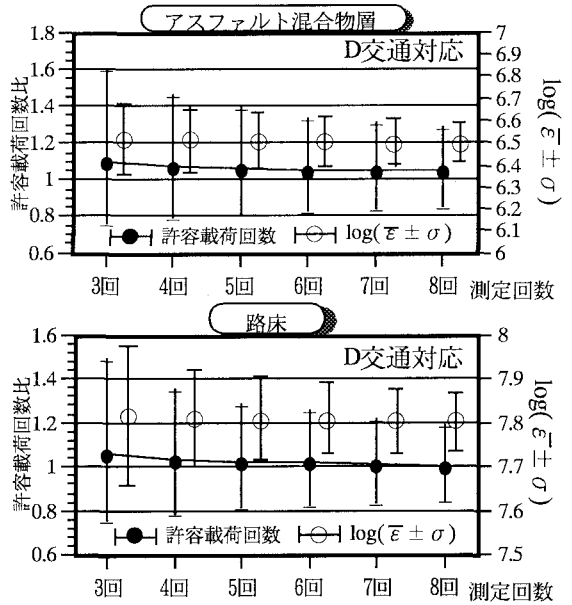


図-3 ひずみ $\log(\bar{\epsilon} \pm \sigma)$ と許容破壊回数の区間推定

容破壊回数の値を1として表わしている。この結果より、測定回数3回では信頼区間の幅が大きく、この舗装断面では4回以上の測定回数が必要だと思われる。

4. D交通対応の舗装構造での検証

D交通対応の舗装構造でモンテカルロ・シミュレーションによる同様の検証を行った。計算結果を図-3に示す。許容破壊回数の信頼区間はB交通と同様の傾向を示しているが、信頼幅は6回以上でほぼ一定となっていることからD交通対応の舗装構造に対しては6回以上の測定回数が必要と思われる。

5. おわりに

FWD試験を用いて舗装構造評価を行う上では、実測たわみに含まれる種々の誤差が評価値に与える影響度をあらかじめ把握しておくことが重要である。本論文では、モンテカルロ・シミュレーションによりたわみにばらつきを与え、舗装構造評価法の一つである理論的設計法に基づいたアスファルト混合物と路床の許容破壊回数を求め、測定回数との関係について検討した。測定たわみ誤差が許容破壊回数に与える影響が大きいため、ここではひずみ $\log(\bar{\epsilon} \pm \sigma)$ に対する許容破壊回数の区間推定を求めた結果、舗装構造により必要とされる測定回数が異なる可能性があることが分かった。

参考文献

- 1) The Asphalt Institute, MS-1, Aug. 1982