

V-415 シミュレーションに基づく逆解析弾性係数の評価に関する検討

鹿島道路 正会員 ○佐藤 直俊
東京電機大学 正会員 松井 邦人

1. はじめに

FWD試験データには常に測定誤差が混入している。試験データを用いて逆解析すると、逆解析弾性係数はその誤差を反映したものとなる。一般に測定値に含まれる偶然誤差は正規分布すると考えられている。しかし、逆解析弾性係数の分布については明らかでない。本研究では、図-1のような3層モデルを対象として、測定値のばらつきの大きさ、また、測点数と逆解析弾性係数の分布について検討する。

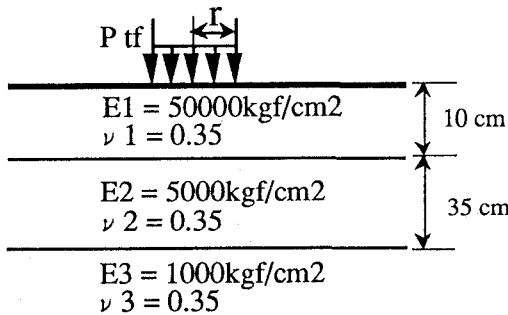


図-1 3層構造モデル

2. 測点数と逆解析弾性係数

測点位置を0.0cm～160.0cmに20cm刻みで9点あるものとする。各測点でたわみデータを変動係数が2%となるように100組のデータを作成した。そして載荷点に近い測点から4,5,...,9点を用いて逆解析を行い、弾性係数の平均値、標準偏差、変動係数を計算した。その結果を表-1に示す。測点数が多くなるほど逆解析弾性係数の変動係数は減少している。

3. 測定値の変動係数と逆解析弾性係数

測定値の分布と逆解析弾性係数の分布の関係を調べることにする。たわみ測定位置を0.0, 20.0, 30.0, 45.0, 60.0, 90.0, 150.0cmとし、測定値を正規分布と仮定して、変動係数が0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 5.0%になるようにたわみデータをそれぞれ100組作成した。このデータを用いて逆解析した結果を表-2に示す。逆解析弾性係数が正規分布するなら測定データの変動係数の如何に関わらず同じ値となることが予測される。すなわちそれが増加していることは、正規分布でないことを意味している。

表-1 測点数と逆解析弾性係数の関係

測点数		4点	5点	6点	7点	8点	9点
E1 kgf/cm ²	A.V.G.	50925	50226	50783	50911	50750	50754
	S.D.	20428	16889	16069	15664	15295	15191
	C.O.V.(%)	40.1	33.6	31.6	30.8	30.1	29.9
E2 kgf/cm ²	A.V.G.	5151	5135	5067	5051	5056	5054
	S.D.	991	761	642	605	578	569
	C.O.V.(%)	19.2	14.8	12.7	12.0	11.4	11.3
E3 kgf/cm ²	A.V.G.	1000	998	1000	1000	1000	1000
	S.D.	38	21	16	13	11	11
	C.O.V.(%)	3.8	2.1	1.6	1.3	1.1	1.1

4. 逆解析弾性係数の分布に関する検討

逆解析弾性係数の分布が、近似的にでも簡単な分布形状で表すことができるなら、舗装の信頼性評価を行う上で便利である。そこで、逆解析弾性係数の分布を対数正規分布と仮定して、

3.と同様の問題を理論的に解き、逆解析弾性係数、標準偏差と変動係数を求めた。その結果を表-3に示した。参考迄に、逆解析弾性係数が正規分布すると仮定したとき、逆解析弾性係数、標準偏差、変動係数を表-4に示した。表-3より

逆解析弾性係数を対数正規分布としたとき、その平均値は測定誤差の変動係数の増加と共に大きくなり、シミュレーションの結果と同様の傾向を示している。

5. おわりに

測定データのばらつきは、逆解析弾性係数に大きく影響する。これを対数正規分布で近似することは、正規分布で表現するより現象を良く表し、安全側の評価になりそうである。

表-2 モンテカルロ・シミュレーションによる逆解析結果

弾性係数 \ 変動係数		0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%	5.0%
E1 Kg/cm ²	A.V.G	50066	50143	50214	50603	51170	51921	56924
	S.D.	3545	7233	10708	14384	17992	21597	37468
	C.O.V	7.1	14.4	21.3	28.4	35.2	41.6	65.8
E2 Kg/cm ²	A.V.G	5020	5022	5037	5049	5072	5091	5220
	S.D.	124	259	394	545	718	884	1642
	C.O.V	2.5	5.2	7.8	10.8	14.2	17.4	31.5
E3 Kg/cm ²	A.V.G	998	999	999	1000	1000	1002	1008
	S.D.	4	8	12	16	20	24	40
	C.O.V	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	4.0

表-3 理論的に測定たわみのばらつきから求めた各弾性係数推定値(対数正規分布)

弾性係数 \ 変動係数		0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%	5.0%
E1 Kg/cm ²	A.V.G	50127	50510	51154	52069	53271	54777	64424
	S.D.	3574	7229	11052	15135	19581	24510	52345
	C.O.V	7.1	14.3	21.6	29.1	36.8	44.7	81.3
E2 Kg/cm ²	A.V.G	5002	5007	5015	5027	5042	5062	5172
	S.D.	130	262	393	526	660	796	1371
	C.O.V	2.6	5.2	7.8	10.5	13.1	15.7	26.5
E3 Kg/cm ²	A.V.G	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1001
	S.D.	4	8	12	16	20	24	40
	C.O.V	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	4.0

表-4 理論的に測定たわみのばらつきから求めた各弾性係数推定値(正規分布)

弾性係数 \ 変動係数		0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%	5.0%
E1 Kg/cm ²	A.V.G	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000
	S.D.	3485	6968	10452	13936	17419	20903	34839
	C.O.V	7.0	14.0	20.9	27.9	34.8	41.8	69.7
E2 Kg/cm ²	A.V.G	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
	S.D.	125	251	376	501	626	751	1252
	C.O.V	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	25.0
E3 Kg/cm ²	A.V.G	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	S.D.	4	8	11	15	19	23	39
	C.O.V	0.4	0.8	1.1	1.5	1.9	2.3	3.9