FWD 動的逆解析に基づく舗装材料のポアソン比の推定

（株）NIPPO コーポレーション　正会員　○西山　大三
東京電機大学　フェロー会員　松井　邦人
（株）NIPPO コーポレーション　正会員　尾本　志展

１．はじめに

筆者らは，これまでに FWD 試験機を最大限活用することで，測定データからどの程度の情報が得られるかについて検討してきている．これまでの結果によれば，舗装の層厚が既知の場合，動的逆解析により各層の弾性係数や減衰係数だけでなく，密度を推定することも可能であることが確認できている[1)]．ただし，ポアソン比の推定はまだ検討できていない．他の研究によれば静的逆解析でポアソン比を推定することは，必ずしも容易でないことが報告されている[2)]．そこで本研究では，ポアソン比を変動させて動的逆解析を行い，各層の弾性係数と減衰係数を推定し，その時の評価関数の値が小さいものが適切なポアソン比を表わすと考え，ポアソン比の推定を試みた．

２．評価関数

本研究では，仮定した各層の弾性係数，減衰係数，密度，ポアソン比を入力初期値として，有限要素法で順解析して舗装表面のたわみを計算した．順解析によって得られた舗装表面たわみデータと FWD で測定された舗装表面たわみを評価関数である式(1)に代入して，評価関数が十分に小さくなったときに計算は終了する．測定時間の各離散点で測定たわみ $u_i(i=1,\cdots,N)$ と解析たわみ z_i の差の二乗和を評価関数として定義すると，評価関数は次式のようになる．

$$J=\frac{1}{2}\sum_{p=p0}^{p1}\sum_{i=1}^{N}\left\{u_i(t_p)-z_i(\mathbf{X},t_p)\right\}^2 \tag{1}$$

ここに，X_j は各層の ρ_j，c_j，E_j を無次元化した未知パラメータである．N はセンサーの総数であり，$p0$，$p1$ はたわみ波形を一致させようとする着目時間領域の始点と終点の離散番号である．式(1)が最小となるような X_j を求めると，着目している時間領域の離散点で測定たわみと解析たわみの差違が最小になる．

３．実測データでの逆解析

動的逆解析の舗装モデルは東京電機大学ヤードに敷設された軽交通および重交通舗装断面とした. 軽交通舗装断面の構造は，表層が密粒度アスファルト混合物（St. As），上層路盤が粒度調整砕石，下層路盤がクラッシャランおよび路床であり，重交通舗装断面の構造は，密粒度アスファルト混合物（ポリマー改質 II 型），粗粒度アスファルト混合物，瀝青安定処理，クラッシャランおよび路床である．動的逆解析では層厚，弾性係数・減衰係数の初期値は**表-1** のとおりとし，数値解析負担を低減するために，数値モデルは 3 層構造（表層（瀝青安定処理を含む），上層路盤，路床）に簡略化した．FWD 載荷荷重は 49kN，載荷板半径は 15cm とした．たわみデータは午前 10 時に測定され，その時の路面温度は軽交通断面で 16.4℃，重交通断面で 15.2℃であった．このモデルにおいて，各層のポアソン比を 0.1 から 0.48 まで 0.02 刻みで変化させ，これら全てのポアソン比の組み合わせ（8,000 通り）で逆解析を行い，評価関数が最小となるポアソン比の組み合わせを求めた．なお, 各層の弾性係数と減衰係数は逆解析のパラメータとし, 密度は初期値に固定して逆解析を行わなかった．

４．解析結果

逆解析が収束した時の評価関数が小さくなる各層のポアソン比の頻度分布を**図-2**（軽交通断面）および**図-3**

キーワード：ポアソン比，FWD 試験，動的逆解析，アスファルト舗装，層弾性係数
連絡先　〒140-0002　東京都品川区東品川 3-32-34　（株）NIPPO ｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ 技術研究所 Tel.03-3471-8542

表-1 舗装各層厚と初期値

項目	1層目		2層目		3層目	
	軽交通断面	重交通断面	軽交通断面	重交通断面	軽交通断面	重交通断面
層厚（cm）	5	25	30	35	60	60
弾性係数（MPa）	7000		200		100	
減衰係数（MPa・s）	35		1		0.5	
密度 (kg/m^3)	2300		1900		1600	

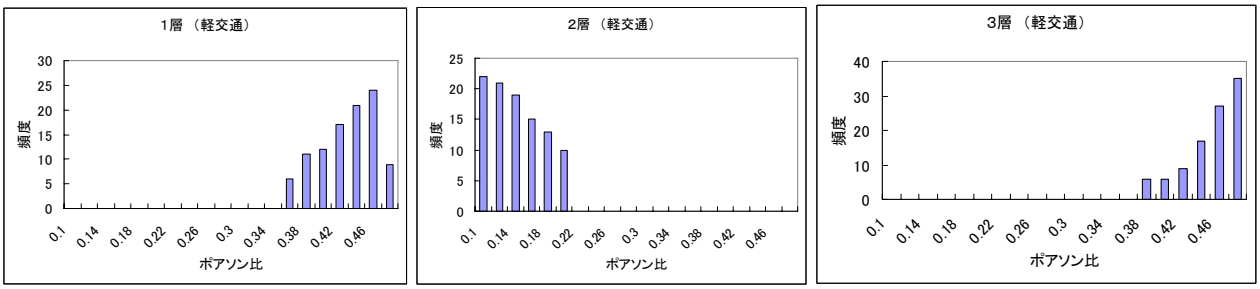

図-2 評価関数が小さくなる各層のポアソン比（軽交通断面）

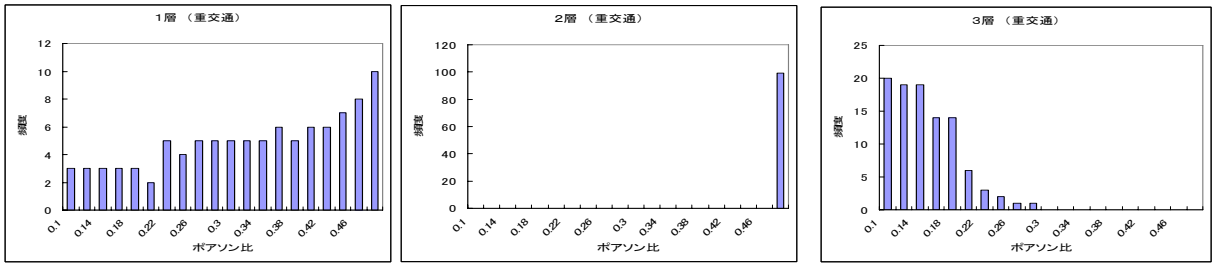

図-3 評価関数が小さくなる各層のポアソン比（重交通断面）

（重交通断面）に示す. 軽交通断面においては, 1 層目と 3 層目のポアソン比が 0.4 を上回ったケースが多く, 重交通断面では，1 層目と 2 層目のポアソン比が 0.4 を上回ったケースが多い．どちらのケースにおいてもアスファルト混合物層である 1 層目のポアソン比は，一般に用いられる値（0.35）よりも高めになった．評価関数が最少となるポアソン比の組み合わせは，軽交通断面では 1 層目が 0.48，2 層目が 0.1，3 層目が 0.48，重交通断面では 1 層目が 0.48，2 層目が 0.48，3 層目が 0.1 となった．軽交通断面と重交通断面は舗装厚が異なっており，ポアソン比の組み合わせも異なった結果になった.

逆解析より求まった各層の弾性係数および減衰係数は，軽交通断面では 1 層目がそれぞれ 7029MPa と 42.1MPa・s，2 層目が 109MPa と 0.9MPa・s，3 層目が 113MPa と 0.7MPa・s となった．また，重交通断面では 1 層目が 5835MPa と 36.8MPa・s，2 層目が 90MPa と 1.13MPa・s，3 層目が 281MPa と 1.10MPa・s となった．2 層目の値が最小となっているのは，舗装構造を 3 層に仮定したため，材料定数の異なる層が入り交じったことが起因すると考えられる.

５．まとめ

ポアソン比を 0.1 から 0.48 の範囲で変化させ，逆解析結果と比較した結果，評価関数の値が小さい時のポアソン比は，アスファルト混合物層のポアソン比が 0.4 以上のときであった．しかし，この結果は限られた条件下のものなので，今後は舗装断面を変えて，さらなるアスファルト混合物のポアソン比の測定を評価する必要がある.

６．参考文献

1）西山他：舗装を構成する各層の密度，減衰係数および弾性係数の推定法の開発，土木学会論文集，Vol.64 No.4. 572-579, 2008.11

2）李他：表面たわみを用いた舗装各層のラメ定数推定，土木学会年次講演会，2004.9