

V-201

動的逆解析によるコンクリート舗装の構造評価

鹿島道路技術研究所 正会員 金井利浩
同 上 正会員 東 滋夫
東京電機大学理工学部 フェロー 松井邦人

1. はじめに

目地のあるコンクリート舗装においては、コンクリート版の上面と下面に温度差があると、版にそり変形が生じる。そり変形が生じた版上で測定したFWDデータを静的に逆解析すると、温度差（上面－下面）が大きくなるにしたがって路盤の弾性係数が見掛け上小さく評価されることを前報¹⁾で報告した。しかし、このような路盤の弾性係数の低下は、コンクリート版と路盤の間に生じた空洞によるものと推察され、路盤自体の支持力を正しく評価しているとは言いがたい。本報では、コンクリート舗装についてFWDによる時系列データを用いて動的逆解析を実施し構造評価を行った結果、コンクリート版に温度差があっても各層の弾性係数はその影響をほとんど受けず、そり変形の影響は減衰係数に現れるなどの知見を得たので報告する。

2. 解析に用いたデータ

本解析で用いたデータは、鹿島道路（株）栗橋試験ピットにおいて以下の要領で測定したものである。

- (1) 舗装断面：図-1に示すコンクリート舗装（幅5.4m×長さ8mの単版）
- (2) 測定期間：1996年8月～1997年8月
- (3) 測定頻度：原則として1回/2ヶ月、1時間毎に24時間継続して測定
- (4) 測定条件：版中央（2回/毎時）と隅角部（2回/2時間毎）で10t 載荷
- (5) 温度測定：図-1に示す深さに埋設した熱電対により、1時間毎に記録

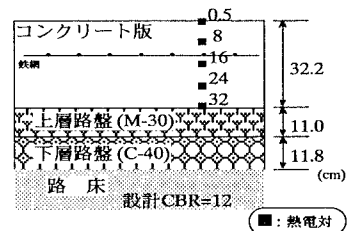


図-1 コンクリート舗装の構成

3. 解析方法

舗装構造は、コンクリート版、上層および下層路盤を合わせた路盤および路床の3層モデルとし、版中央部のデータについて Gauss-Newton 法による静的逆解析法と有限要素法による動的逆解析法²⁾で逆解析を実施した。

動的逆解析では、軸対称の8節点アイソパラメトリック要素を用い、式(1)の運動方程式を解いて各層の材料定数を決定した。

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{z}} + \mathbf{C}\dot{\mathbf{z}} + \mathbf{K}\mathbf{z} = \mathbf{f}(t) \quad (1)$$

ここに、 $\mathbf{M}$ 、 $\mathbf{C}$ 、 $\mathbf{K}$ は $N \times N$ の質量、減衰、剛性マトリックスである。また、 $\ddot{\mathbf{z}}(t)$ 、 $\dot{\mathbf{z}}(t)$ 、 $\mathbf{z}(t)$ 、 $\mathbf{f}(t)$ は、それぞれ応答加速度、応答速度、応答変位、外力を表す $N \times 1$ のベクトルである。

なお、静的逆解析においては、コンクリート版自体の弾性係数は温度による影響を受けないものと仮定し、 $300,000 \text{ kgf/cm}^2$ に固定した。また、動的逆解析においては、各層の材料定数を表-1のとおり設定するとともに、要素分割は図-2のとおりとした。ただし、静的逆解析においては、D0、D20、D30、D45、D60、D75、D90、D120、D150およびD200の全10センサのたわみを、動的逆解析では、D0、D20、D30、D60、D90、D120およびD150の7つのたわみを用いた（数字はセンサ位置（cm））。

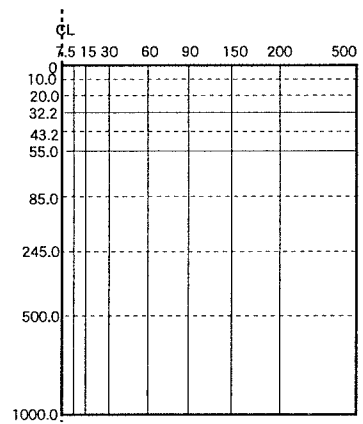


図-2 FEM要素モデル（単位；cm）

表-1 動的逆解析における材料定数

層名称	初期値		ポアソン比 ν	密度 (gf/cm^3)
	弾性係数 E (kgf/cm^2)	減衰係数 C ($\text{kgf} \cdot \text{sec/cm}$)		
コンクリート版	300000	150.0	0.25	2.4
路盤	3500	1.75	0.35	1.9
路床	1000	0.5	0.40	1.8

4. 解析結果と考察

4-1 版中央部と隅角部におけるたわみ量 D0

版中央部と隅角部における載荷板直下のたわみ量 D0 とコンクリート版上面と下面の温度差（以下、単に温度差という）の関係を図-3に示す。

key words：コンクリート舗装，構造評価，静的逆解析，動的逆解析，FEM

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1, TEL：0424-83-0541, FAX：0424-87-8796

図-3より、たわみ量D0は温度差の上昇に伴い、版中央部では増加しているのに対し、隅角部では反対に減少しているのがわかる。このことは、コンクリート版の上面における温度が下面よりも高くなると、版に凸型のそり変形が生じ、中央部では版と路盤の接触が失われる一方で、隅角部では逆に版が路盤と密着するということの証左であると考えられる。

4-2 静的逆解析と動的解析による弾性係数

静的および動的逆解析で得られた各層の弾性係数を、コンクリート版の温度差で整理したものをそれぞれ図-4および図-5に示す。両図を比較すると、静的逆解析では前述のようなコンクリート版のそり変形を反映して温度差が大きくなるにつれて路盤の弾性係数が小さくなっている¹⁾のに対して、動的逆解析ではすべての層の弾性係数ともに温度差が変化してもほぼ一定の値で推移しており、温度差の影響はほとんど見られない。

4-3 動的逆解析における減衰係数

動的逆解析により得られた各層の減衰係数を図-6に示す。これを見ると、各層の減衰係数は温度差が大きくなるにつれ緩やかに減少し、温度差が13℃を超えた辺りから急激に低下している。減衰係数が小さい材料ほどエネルギー損失効果が小さいことを意味することから、図-6は、温度差が大きくなるとコンクリート版と路盤の間に空洞が生じ荷重が下部層に分散されにくくなるために、各層におけるエネルギー損失効果(減衰係数)が小さく評価されることを示しているものと思われる。

4-4 コンクリート舗装への動的逆解析の適用性

図-4からもわかるとおり、静的逆解析ではコンクリート版に温度差があると、逆解析で得られる材料の弾性係数が見掛け上変化してしまうことから、測定時間を制限するなど温度差の影響をできるだけ排除することが必要となる。それに対し、動的逆解析では、コンクリート版に温度差があっても、材料強度の指標である弾性係数にはほとんど変化が見られず、また、そり変形によって生じると考えられる空洞の状態は減衰係数により評価できることから、測定時間を制限することなくコンクリート舗装の構造評価を行える可能性があると考えられる。

5. まとめ

今回得られた知見をまとめると次のようである。

- ①静的逆解析ではコンクリート版のそり変形の影響が材料の弾性係数に現れるが、動的逆解析では減衰係数に顕著に現れる。
- ②そのため、動的逆解析を適用すれば、FWD測定を行う時間や時期の制約を受けずに構造評価を行える可能性がある。

6. おわりに

単版のコンクリートスラブにおいて定期的に測定したFWDデータから、動的逆解析はコンクリート舗装における構造評価方法として有効となり得る可能性があることを示した。今後は、実路におけるデータの蓄積を図り、その妥当性を検証していきたいと考えている。

<参考文献>

- 1) 東滋夫, 金井利浩, 西澤辰男: コンクリート版のそり変形と路盤の弾性係数に関する一考察, 第52回土木学会年次学術講演会, pp.86-87, 1997年9月,
- 2) 金井利浩, 東滋夫, 岡部俊幸, 松井邦人, 渡辺規明: 時系列データを用いた動的FEMによる逆解析に関する研究, 舗装工学講演会講演論文集, 第1巻, pp.39-48, 1996年12月

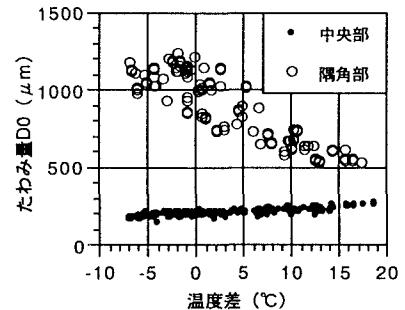


図-3 版中央部と隅角部でのたわみD0

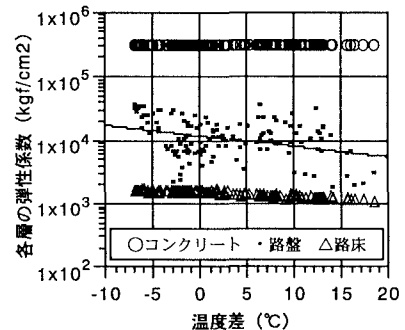


図-4 静的逆解析結果

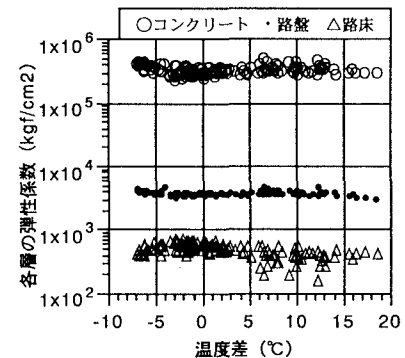


図-5 動的逆解析結果(弾性係数)

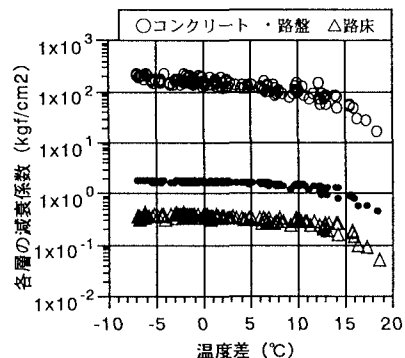


図-6 動的逆解析結果(減衰係数)