

路床土の粘弾性評価に関する基礎研究

日大大学院 学生員 ○庄 嶋 芳 卓

日 本 大 学 正会員 秋 葉 正 一

日 本 大 学 正会員 栗谷川 裕 造

1. はじめに

路床土や路盤材料の材料評価は、CBR試験や一軸圧縮強度試験などを用いて行われ、最近では M_r による評価が各研究機関で活発に行われている。いずれも弾性的な性質を得るためのものであるが、これらの材料の変形特性を把握することは耐久性の評価において重要な要素になり得ると考えられる。

そこで、本報告ではモールド内に締固めた路床土について繰り返し載荷試験およびこのような載荷形態に対する有限円柱の3次元粘弾性解析¹⁾を実施し、変位の実測値と設定した2種類の粘弾性モデルによる解析値との比較を行い、路床土の粘弾性的な材料評価について検討を行った。

2. 試験概要

2. 1 供試体作成および実験方法

使用材料は、表-1に示す砂質土および粘性土の2種類とした。供試体は試料を最適含水比に調整したものを図-1に示す ϕ -15cmのモールド内に92回3層で締固めて作製した。

繰り返し載荷試験は、図-2に示す載荷波形を設定し、0.1Hzの載荷速度で繰り返し回数が400サイクルまで実施した。ここで、荷重(q_0)は予備実験として1mm/min.の速度で静的載荷を行い、最大荷重よりも小さい3荷重を設定した。なお、実測変位は各サイクル終了時における変位を測定したものをを用いた。

2. 2 粘弾性モデルおよび推定方法

本研究で用いた粘弾性モデルは表-2に示す2通りとした。なお、粘弾性解析は有限円柱の3次元弾性解析結果を用い、弾性解とこの粘弾性解のLaplace逆変換との対応原理により行った¹⁾。ここで、膨張変化（体積弾性係数 K ）はVoigt要素、形状変化（せん断弾性係数 G ）はVoigt要素あるいはMaxwell要素とした。

2. 3 材料定数の推定

円筒内に拘束された粘弾性定数の推定は、解析解が非線形方程

表-1 使用材料の性質

	砂質土	粘性土
土粒子の比重(g/cm^3)	2.692	2.573
液性限界 W_L (%)	2.0	47.7
塑性指数 W_P (%)	N.P	32.3
塑性限界 I_P	N.P	15.4
粒 度	2~0.42mm(%)	41.3
	0.42~0.75mm(%)	52.4
	0.75mm以下(%)	6.0
最適含水比(%)	12.9	23.8
最大乾燥密度(g/cm^3)	1.66	1.52

表-2 粘弾性モデル

モデル	膨張変化		形状変化	
	要素	材料定数	要素	材料定数
V-V	Voigt	E_2, η_2	Voigt	E_1, η_1
V-M	Voigt	E_2, η_2	Maxwell	E_1, η_1

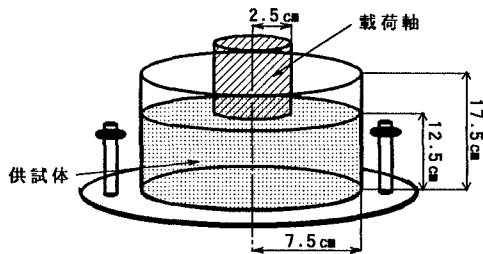
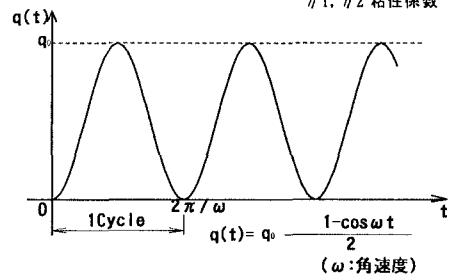
※ E_1, E_2 弾性係数 η_1, η_2 粘性係数図-1 ϕ 15cmモールド

図-2 繰り返し波形

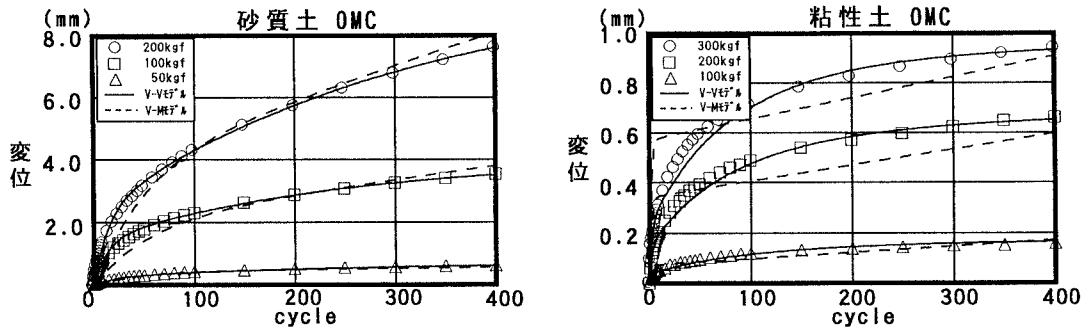


図-3 実測値および解析値

式で表されることから実測変位と解析変位を式(1)にもとづく非線形最小2乗法(Gauss-Newton法)により逆計算を実施した。

$$f = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \{z_i - w_i(x_n)\}^2 \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 f は残差平方和、 z_i は任意のサイクル(i)における実測変位、 $w_i(x_n)$ は推定する材料定数を x_n とした解析変位である。

3. 実験結果および解析結果

図-3は、砂質土および粘性土の実測変位と解析変位との比較を行ったものである。これより、V-Vモデルにおいて両図とも荷重の違いに関わらず実測変位と解析変位はほぼ近似した値を示した。また、V-Mモデルにおいて粘性土は砂質土ほど近似性を示さなかった。

表-3は、図-3における残差平方和の結果を示したものである。この表から、残差平方和はV-Vモデルの方がV-Mモデルに比べ非常に小さな値を示した。これより、残差平方和が 1×10^{-4} 以下であれば材料の性質や荷重が異なった場合においても図-3において近似性が良好であり、このモデルによる材料評価は有効と考えられる。

表-4は、V-Vモデルにおいて推定した材料定数を示したものである。これより、形状および膨張変化とともに粘性係数($\eta 1, \eta 2$)の方が弾性係数($E1, E2$)より大きい値を示した。また表-5は、各モデルにおいて3種類の荷重により得られた材料定数について変動係数を調べた結果である。これより変動係数は、荷重の変化に関わらずV-Vモデルの方がV-Mモデルに比べ小さな値を示し、またV-Vモデルでは粘性係数の方が弾性係数に比べ変動係数の小さな結果となった。

4. あとがき

以上の結果より、形状および膨張変化とともにVoigtモデルを用いた解析変位が実測変位と近似した傾向を示したことで、このモデルを用い路床土を粘弾性的に評価することが可能であると考えられる。また、推定した材料定数において、粘性係数の方が弾性係数より大きい値を示したことにより路床材料の変形特性に与える影響は、粘性的性質によるものが大きいと考えられる。ただし、物性値の異なる試料の場合は、他の粘弾性モデルによる評価も可能と予想されるため、今後この方面に対する検討を行う必要がある。

〈参考文献〉 1) 秋葉正一 他:円筒内に拘束された有限円柱の粘弾性解析, 構造工學論文集, Vol. 43A, pp. 11~20, 1997.

表-3 残差平方和

	荷重 (Kgf)	残差平方和	
		V-V	V-M
砂質土	200	0.000052	0.002734
	100	0.000002	0.000898
	50	0.000000	0.000022
粘性土	300	0.000000	0.000650
	200	0.000000	0.000377
	100	0.000001	0.000015

表-4 V-Vモデルの材料定数

	荷重 (Kgf)	形状変化		膨張変化	
		E1	$\eta 1$	E2	$\eta 2$
砂質土	200	9.4	1332.5	2.2	47054.6
	100	7.5	1041.9	11.1	54126.1
	50	35.8	1791.6	8.0	59577.6
粘性土	300	142.0	3051.4	62.2	202236.7
	200	143.7	3163.8	45.0	196969.3
	100	119.5	2705.5	19.7	120623.3

表-5 変動係数

モデル	材料	形状変化		膨張変化	
		E1	$\eta 1$	E2	$\eta 2$
V-V	砂質土	72.222	22.246	57.143	9.568
	粘性土	8.148	6.557	40.467	21.522
V-M	砂質土	59.671	90.799	85.075	131.657
	粘性土	17.941	10.255	70.165	23.691