路床土の力学特性に関する基礎研究

日本大学大学院 学生員 〇廣瀬 敬之

- 日本大学 正会員 秋葉 正一
- 日本大学大学院 学生員 藤江 宣行

1. まえがき

舗装用材料の力学パラメータの推定は、舗装の構造評価あるいは設計において必要不可欠である.最近で は、舗装あるいは材料の変形特性を考慮した理論解析結果を用いて構造評価を行う研究が行われており、力 学パラメータの選択によっては理論的な変形特性の表現が可能となっている.しかしながら、これらのパラ メータが現実的でない値の場合もあり、この推定手法に著者らも含め研究機関で苦慮している現状である. そこで本研究では、路床土の弾性パラメータに着目し、変形特性を考慮した解析理論を用いて弾性パラメー タを合理的に推定するために,一軸および三軸圧縮載荷による基礎的検討を行った.

2. 一軸および三軸圧縮載荷による検討

本試験では、粘性土を用い、JIS 規格および JGS 基準に準じる方 法で試験を実施し,弾性係数の推定を行った.なお,本試験に用 いた粘性土の物性値を表-1に示す.弾性係数の評価法は、土材 料では一般的に Eso が適用されるが,本研究では,初期接線係数 Ei, 応力--ひずみ曲線が直線部分である E2, 最大応力の 1/3 の点であ る E₃ を含めた 4 つの弾性係数について検討を行った.また,**表**-2に一軸圧縮載荷による弾性係数の推定結果,表-3に三軸圧縮 載荷による弾性係数の推定結果を示す.両者の結果から,拘束圧 表-3 三軸圧縮載荷による弾性係数 の増加に伴い,弾性係数が増大している傾向が確認された.また, 応力--ひずみ曲線から弾性係数を求める手法については, E1 を除 けば他のものに大きな差異は認められなかった.

3. 粘弾性解析とパラメータの推定

3-1. 解析方法

本研究では, 路床土を粘弾性材料として扱い, 粘弾性理論を用 いた解析を実施することにより、弾性パラメータの推定に関する 検討を行った. 解析モデルは, Maxwell モデル, Voigt モデル, 三 要素固体モデル,三要素流体モデルの4つのモデルを設定した. 解析は、まず、図-1に示す載荷形態を Fourier 級数で表現し、粘 弾性解である応力式を誘導する.次に、応力-時間関係において、 Gauss-Newton 法¹⁾による逆解析手法を用いて、実測値と解析値の 同定を図り、材料定数を推定する.なお、本研究で推定する材料 定数は弾性・粘性パラメータである.

表一1 供試体物性値

No	w (%)	$ ho_{t}$ (g/cm ³)	$ ho_{d}$ (g/cm ³)	Sr (%)
1	18.54	1.802	1.520	65.11
2	20.64	1.875	1.554	76.34
3	22.44	1.928	1.575	85.72

表-2 一軸圧縮載荷による弾性係数

No	E 50	E1	E ₂	E₃
1	98	18.87	96.7	73.33
2	77.14	19	76.19	77.14
3	64.64	7.2	64	75.38

No	側圧	Eso	E	E2	E
1	0. 2	150	25	150	154. 29
	0.4	185. 15	14. 81	181.82	165.82
	0.6	222.5	8. 7	221.05	214. 29
	0. 2	118.75	3.57	118.64	118.75
2	0.4	143. 25	5	154. 55	154.23
	0.6	164.17	6.25	164. 29	167.95
	0. 2	91.61	14. 29	92	93. 55
3	0.4	104. 32	8. 57	102. 9	103. 7
	0, 6	128	6, 8	129	112.28



3-2. 一軸載荷試験

表-1に示す供試体と同一条件で作成した載荷試験用供試体について、ひずみ制御による一軸載荷を図-

キーワード:弾性パラメータ,弾性係数,粘弾性解析,粘弾性モデル,ポアソン比 連絡先:日本大学生産工学部 土木工学科 〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 TEL 047-474-2472 1 に示す載荷形態で実施し、応力緩和の把握により応力-時間関係を調べた. なお、図中の / H_{max} は q_µ/2 のときの変位成分であり、 応力一定時を終了とした.

3-3. 弾性パラメータ

応カー時間関係における実測値と解析値の比較を図-2に示す. この図より、Voigt モデルと三要素流体モデルでは測定終了付近で 多少の変動が見られるが、全体的には実測値と近似した傾向を示 している.このことから、全てのモデルにおける粘弾性挙動が路 床土の力学挙動を表現している可能性があるということが考えら れる.

次に、粘弾性解析による各モデルの弾性係数の推定結果を表-4に示す.表中の三要素固体における E₃ は単体バネ部分、E₄ は Voigt 部分におけるバネである.この表より、E₄ と E₅ の流体系モ デルにおいて相互に近似した結果が得られた.また、表-3による 三軸圧縮載荷による弾性係数の結果と表-4による粘弾性解析に よる弾性係数を比較し、路床土の粘弾性挙動による力学応答を表 現可能なモデルの検討を行った.その結果、Maxwell モデル、三要 素流体モデルの流体系モデルが側圧 0.2 における弾性係数と近似し た結果が得られた.これより、路床土の変形係数は、両モデルの 弾性パラメータで表現できる可能性があるということがわかる.

3-4. ポアソン比による検討

弾性論において,側方拘束がない場合の弾性係数を E,側方拘束 を有する場合の弾性係数を E、とすると,弾性係数とポアソン比は 次の関係式で表すことができる.

$$\frac{E}{E_v} = \frac{l - \mu - 2\mu^2}{l - \mu}$$



図-2 実験値と理論値の比較

表一4 粘弾性解析による弾性係数

No	Maxwell	Voigt	三要素	樹体	三要素流体
	<i>E</i> v 1	E _{v2}	E _{v3}	<i>E</i> _{v4}	E _{v5}
1	144.47	128.56	191.39	358.88	154. 1
2	107.09	96.08	159.84	215.5	107. 34
3	92.35	79.5	130.69	174.38	94.04

表-5 ポアソン比による検討

No	1			2		3	
	Maxwell	三要素流体	Maxwell	三要素流体	Maxwel	三要素流体	
	E _{v1}	Evs	E _{v1}	E _{v6}	Evi	E _{v6}	
E 50	0.329	0.345	0.311	0.311	0.320	0.325	
Eı	0.477	0.478	0.468	0.468	0.487	0.488	
E ₂	0.332	0.348	0.314	0.315	0.322	0.328	
E ₃	0.388	0.397	0.311	0.311	0.261	0.269	

(1)

土材料では通常,ポアソン比は 0.25 ~ 0.5 の範囲にある.そこで,路床土が流体系モデルでの粘弾性挙動を 表現可能であるか確認するため,表-2による一軸圧縮載荷による弾性係数を E,表-4による粘弾性解析 による弾性係数を E,とおき,流体系モデルにおけるポアソン比を算出した.これにより,ポアソン比が土 材料におけるポアソン比の範囲を満足するか否か検討した.その検討結果を表-5に示す.この表より,両 モデルとも範囲を満たす結果が得られた.このことから,両モデルの弾性要素に対する弾性係数により,路 床土の変形係数を表現できると言え,換言すれば,路床土は流体系モデルでの粘弾性挙動を示しているとい うことが言える.

4. あとがき

本研究結果から,路床土は流体系モデルの力学応答表現を示す可能性があることが確認された.一般に舗装を粘弾性的に表現するモデルは Burger モデルが適していると言われているが,このモデルも流体系のモデルであり,本結果はそれを裏付けていると思われる.また,本解析結果より一軸載荷によるデータのみで 側圧が低い状態下における弾性パラメータを推定することが可能であるということがわかった.今後の課題 として,他の物性の異なる多くの試料を用いた検討が必要である.

参考文献

1)松井邦人ほか:舗装各層の弾性係数を表面たわみから推定する一手法,土木学会論文集,第 420 号 V-13.pp107-114, 1990