

ASTEAMACS

粘弾性モデルの解析機能概要

2003年6月

(株)計算力学研究センター

目 次

1 概要	2
2 粘弾性モデルのモデル化方法	4
3 計算例	6

1. 概要

1 - 1 ASTEA - MACS の粘弾性モデル機能概要

粘弾性体は時間依存性の力学的特性をもち、図 1 - 1 に示す 2 つの代表的力学的モデルから、その基本的特性をモデル化することができる。図の (a) のモデルは、弾性バネと粘性ダッシュポットを直列結合した Maxwell モデル、(b) は並列結合した Voigt モデルである。

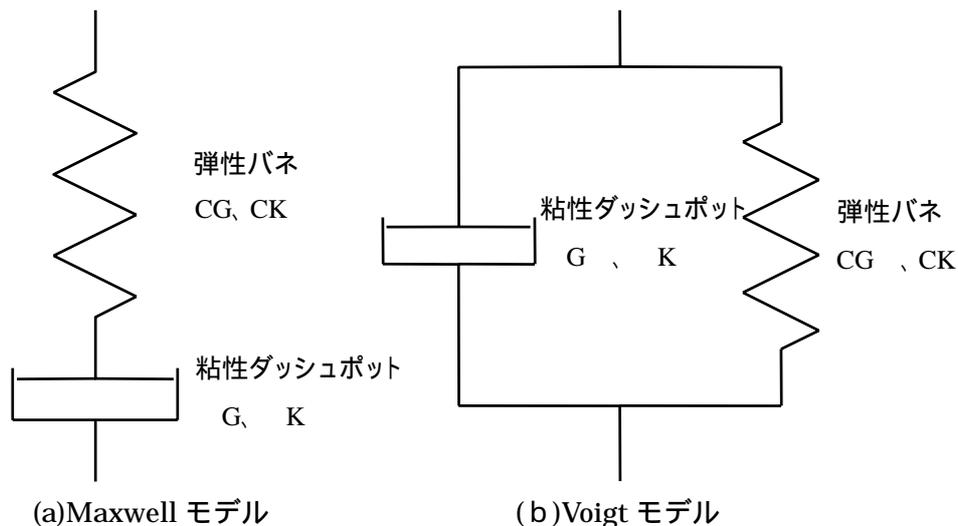


図 1 - 1 粘弾性体の基本的特性モデル

しかし、図 1 - 1 に示す単純な Maxwell モデルや Voigt モデルでは現実の材料の力学的挙動を十分に表現できない場合がある。そこで、ASTEA - MACS では、図 1 - 2 に示す通り Maxwell モデルと 3 つの Voigt モデルを組み合わせた一般化 Voigt モデルを使用することにより、より現実に近い材料の力学的挙動の表現を可能にした。

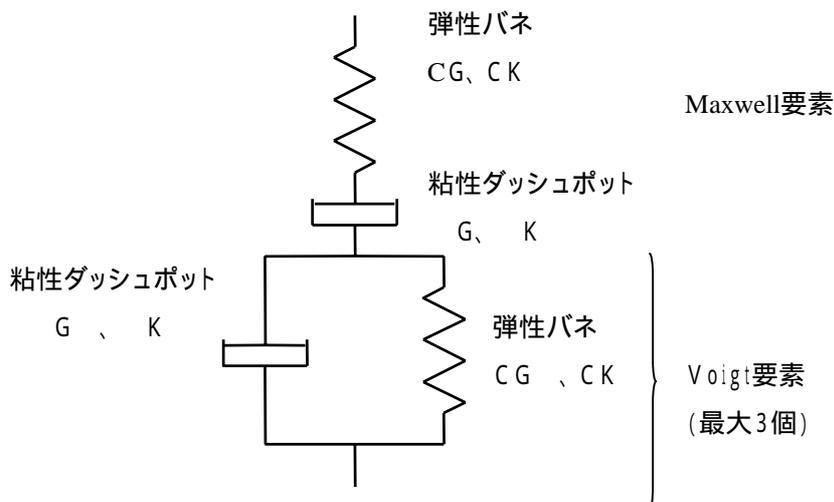


図 1 - 2 一般化 Voigt モデル

図中の および C 等の概要を表 1 - 1 に示す。

表 1 - 1 記号の概要

記号	概 要
G	Maxwell 要素のせん断変形に対する粘性係数
K	Maxwell 要素の体積変形に対する粘性係数
CG	Maxwell 要素のせん断変形に対する剛性のコンプライアンス
CK	Maxwell 要素の体積変形に対する剛性のコンプライアンス
G	Voigt 要素のせん断変形に対する粘性係数
K	Voigt 要素の体積変形に対する粘性係数
CG	Voigt 要素のせん断変形に対する剛性のコンプライアンス
CK	Voigt 要素の体積変形に対する剛性のコンプライアンス

CG, CG, CK, CK は、コンプライアンス (compliance) で入力する。CG、CG と E (ヤング率) の関係を式 (4 - 1) に、CK、CK と E、 の関係を式 (4 - 2) に示す。ただし、 は 1 ~ 3 とする。

$$CG(CG) = \frac{2(1+)}{E} \dots \dots \dots \text{式 (4 - 1)}$$

$$CK(CK) = \frac{3(1-2)}{E} \dots \dots \dots \text{式 (4 - 2)}$$

また、粘弾性体は時間依存性の力学的特性を持つことから、年周期の外気温の影響を受けている可能性が考えられる。ASTEAMACS は温度応力解析専用プログラムで、主にコンクリートの水和発熱などによる熱伝導計算から応力計算まで一貫して解析する機能に特色のあるシステムである。そこで、粘弾性モデルについても、粘弾性体の材料特性に温度依存性の考慮ができる様にした。それは、粘弾性要素グループ毎に、温度の関数や温度毎の定数で物性を定義する機能である。

これら、ASTEAMACS の粘弾性モデルはユーザーサブルーチンを使用して行う。

2. 粘弾性モデルのモデル化方法

ASTEA MACS の粘弾性モデルは、一般化 Voigt モデルを使用している。そのため、使用材料の力学的挙動をモデル化する際に一部の粘性ダッシュポットが不要になる事や、一部の弾性バネが不要になる場合がある。その際は、粘性係数を無限大 () にすることや弾性係数を小さく ($E = 0$) することで対応ができる。

図 2 - 1 にモデル化例を示す。図 2 - 1 のモデル化例は、体積変形の力学的挙動を弾性バネのみでモデル化し、せん断変形の力学的挙動を並列結合の弾性バネと粘性ダッシュポットでモデル化し、かつその並列結合要素に弾性バネを設定するモデルである。

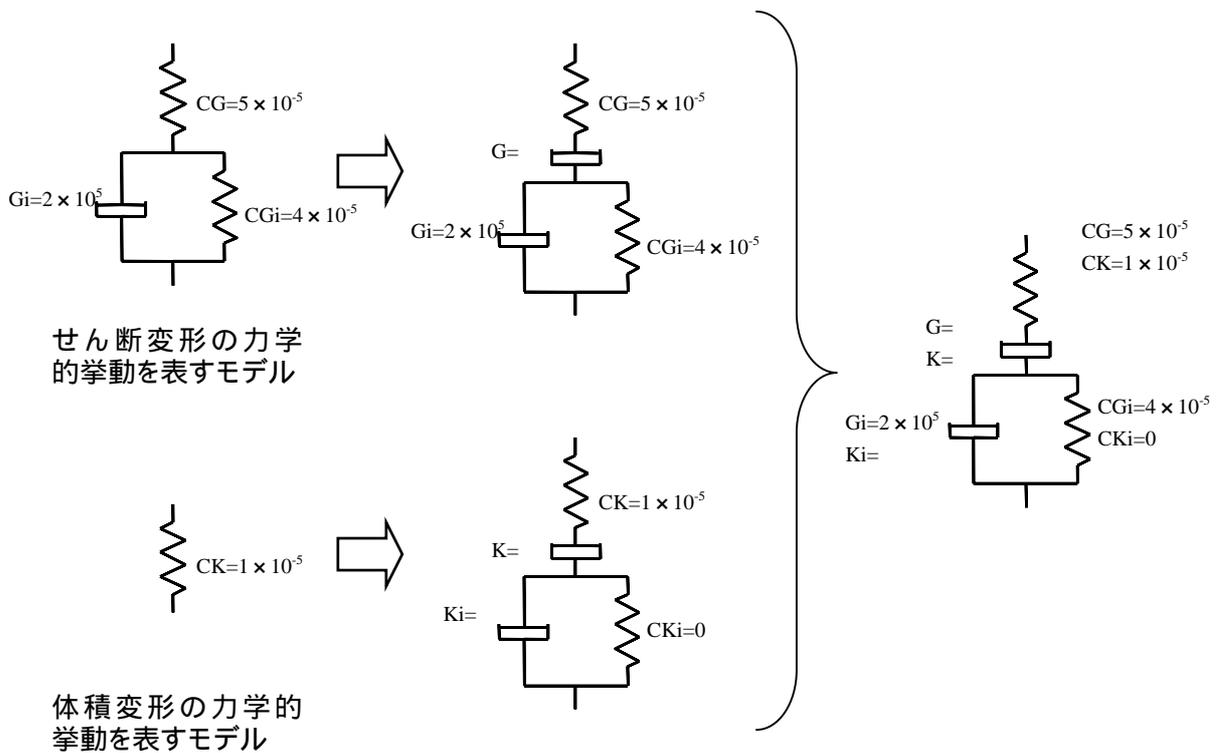


図 2 - 1 モデル化例

ASTEAMACSの粘弾性モデルは、粘弾性体の材料特性に温度依存性を考慮できる。それは、粘弾性要素グループ毎に、温度の関数や温度毎の定数で物性を定義する機能である。図2-1に示すモデル化例の定数が、温度Tの関数であった場合の入力例とし、図2-2に温度依存の物性値入力モデル例を示す。

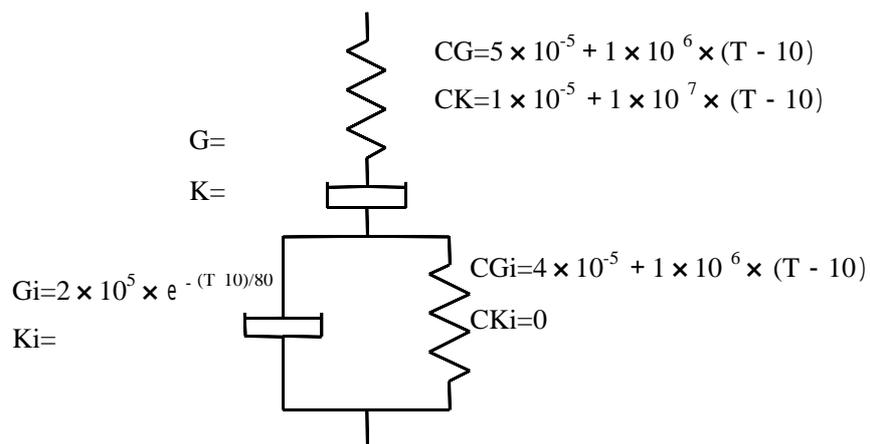


図2-2 温度依存性の物性値入力モデル例

3. 計算例

図3-1に計算モデル概要図を示す。計算モデルは図3-1に示す通り、不透水層と透水層が10m毎の交互に存在する地盤に、2004年1月1日から1年毎に10mの盛土を4度行うモデルである。

この計算例は、盛土を行った後、不透水層に岩盤破壊が生じ、透水層に蓄えられていた水が排水され、透水層の間隙水圧が時間と共に低下する。そのため、透水層の亀裂が徐々に閉じていき、盛土の過程を経て、盛土時では透水層の亀裂がほぼ閉じたと仮定した条件で計算した。

表3-1に、不透水層と透水層の粘弾性の設定定数を示す。また、他の盛土～、透水層および不透水層は弾性体とし、表3-2に材料定数を示す。

また、計算モデルは2次元1/2対照モデルとする。

計算結果とし、図3-2に各観測点と岩盤変位計設置位置の相対変位量、図3-3に地層毎の相対変位量を示す。

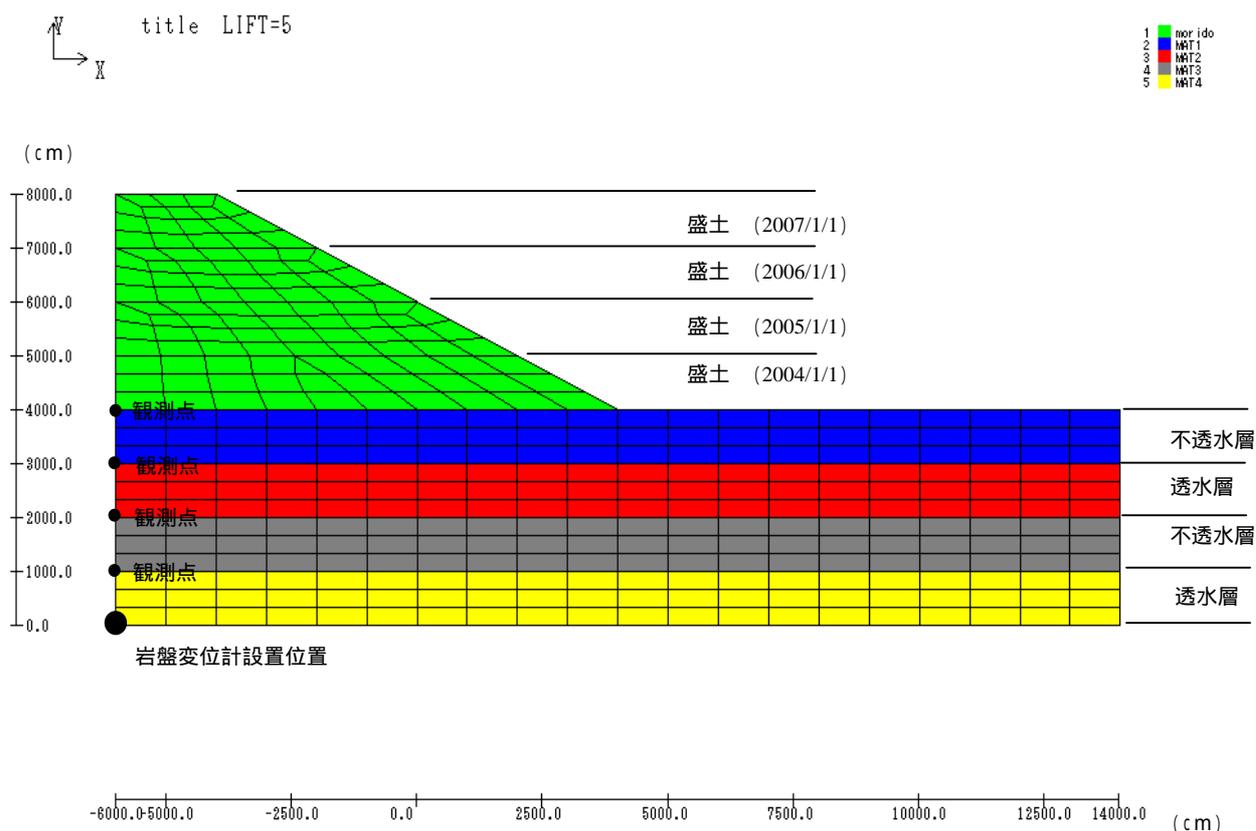


図3-1 計算モデル概要図

表 3 - 1 不透水層 と透水層 の粘弾性の設定定数

		不透水層		透水層		備考
		Maxwell 要素	Voigt 要素	Maxwell 要素	Voigt 要素	
盛 土	CG or CGi	3.621×10^{-3}	3.621×10^{-3}	5.200×10^{-3}	5.200×10^{-3}	盛土日 2004/1/1
	CK or CKi	1.671×10^{-3}	1.671×10^{-3}	2.000×10^{-3}	2.000×10^{-3}	
	G or Gi	固定	固定	固定	固定	
	K or Ki	固定	固定	固定	固定	
盛 土	CG or CGi	3.621×10^{-3}	3.621×10^{-3}	5.200×10^{-3}	5.200×10^{-3}	盛土日 2005/1/1
	CK or CKi	1.671×10^{-3}	1.671×10^{-3}	2.000×10^{-3}	2.000×10^{-3}	
	G or Gi	固定	5.000×10^5	固定	5.000×10^5	
	K or Ki	固定	5.000×10^5	固定	5.000×10^5	
盛 土	CG or CGi	3.621×10^{-3}	3.621×10^{-3}	5.200×10^{-3}	5.200×10^{-3}	盛土日 2006/1/1
	CK or CKi	1.671×10^{-3}	1.671×10^{-3}	2.000×10^{-3}	2.000×10^{-3}	
	G or Gi	固定	5.000×10^5	固定	5.000×10^5	
	K or Ki	固定	5.000×10^5	固定	5.000×10^5	
盛 土	CG or CGi	3.621×10^{-3}	3.621×10^{-3}	5.200×10^{-3}	5.200×10^{-3}	盛土日 2007/1/1
	CK or CKi	1.671×10^{-3}	1.671×10^{-3}	2.000×10^{-3}	2.000×10^{-3}	
	G or Gi	固定	5.000×10^5	固定	固定	
	K or Ki	固定	5.000×10^5	固定	固定	

Cの単位：c m²/kg、 の単位：kg・hour/c m²

表 3 - 2 盛土 ~ 、透水層 および不透水層 の材料定数

	盛土 ~	不透水層	透水層
弾性定数 (E)	210.0	718.0	500.0
ポアソン比	0.3	0.3	0.3
単位体積重量 (t)	1903.0	-	-

Eの単位：kgf/cm²、 tの単位：kgf/m³

岩盤変位計からの地盤沈下量

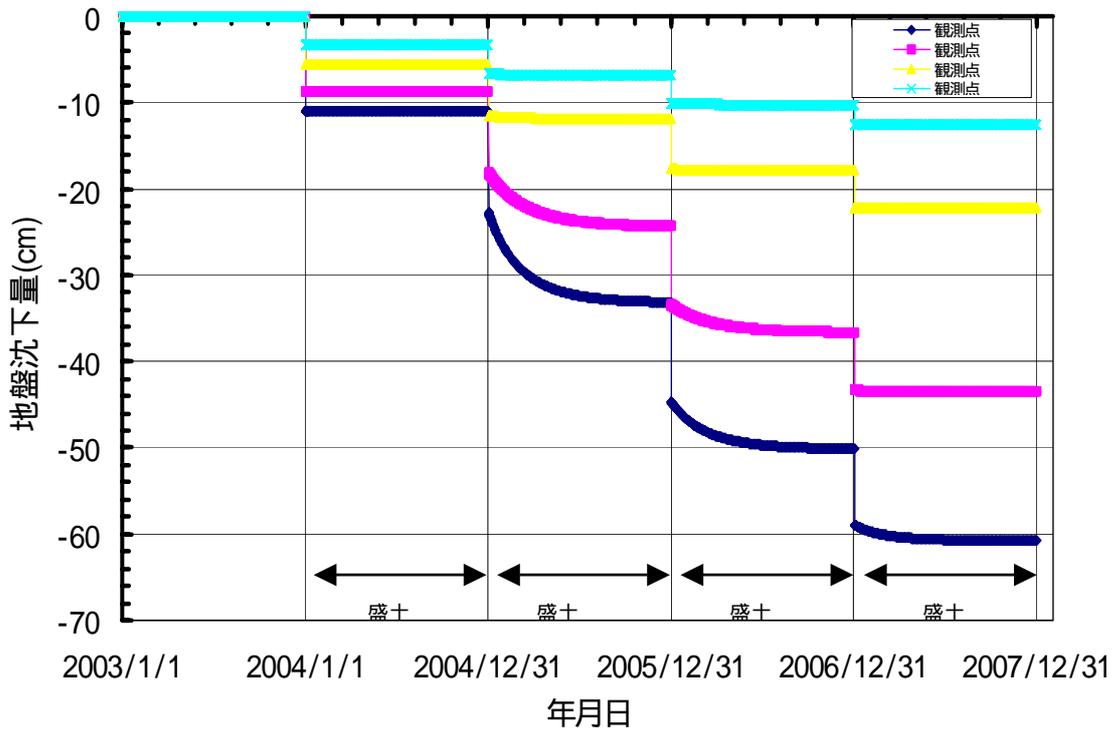


図3 - 2 各観測点と岩盤変位計設置位置の相対変位量

各地層間変位量

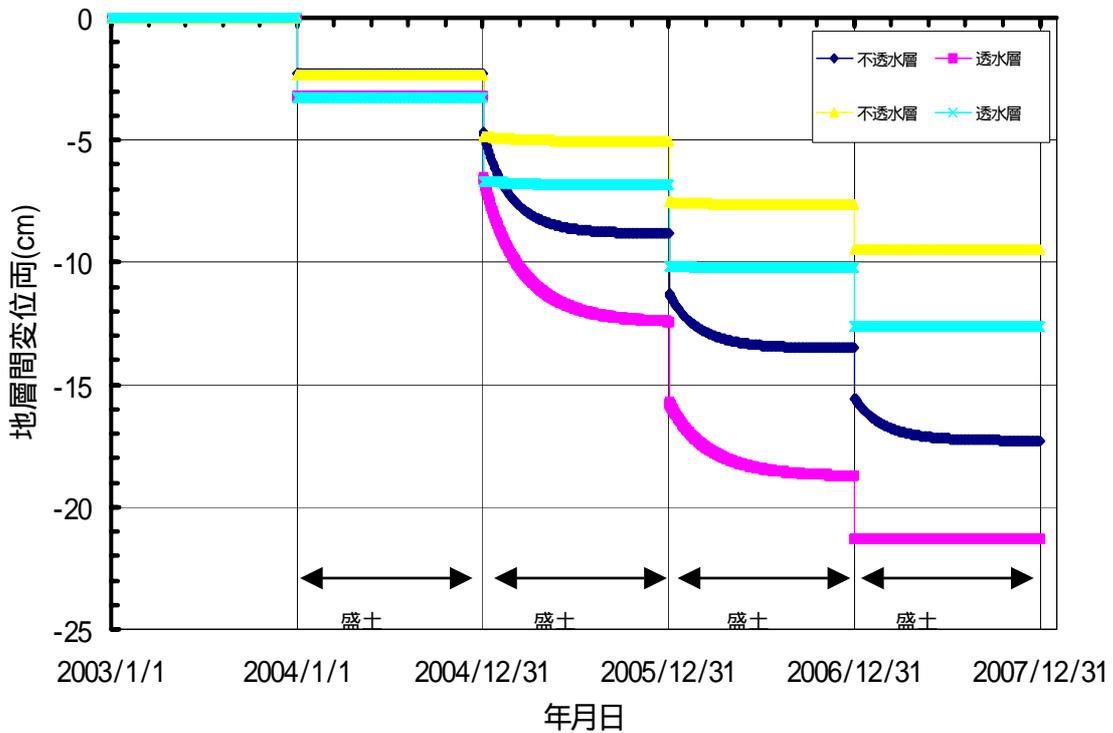


図3 - 3 地層毎の相対変位量