V-200 アスファルトコンクリートの三軸特性に関する一考察

鹿島建設技術研究所 正会員 中矢喜章
〃 電算センター 〃 松本 喬
〃 技術研究所 〃 重松和男

I. はじめに

最近，わが国でも，アスファルトコア型フィルダムが注目されはじめており，すでに2つの施工例がある。

本報文は，このコア用アスファルトコンクリートの力学性状試験の一環として実施した三軸圧縮クリープ試験の結果と，それをフィルダムの挙動解析に導入するためのレオロジーモデルの決定について述べたものである。

II. 試験概要

1. 使用材料および配合

試験に用いたアスファルトコンクリートの材料および配合は，実際のコアに用いたものと同一で，表-1に示すとおりである。この配合は，室内試験および現場での試験施工により，その遮水性，たわみ性，力学的安定性，施工性などを検討した上で決定したものである（平均密度＝2.42 g/cm³，平均空隙率＝1.3%）。

表-1 使用材料および配合

使用材料		比重	配合(%)
骨材	5号砕石	2.66	17.0
	6号 〃	2.67	22.0
	7号 〃	2.66	18.0
	スクリーニングス	2.68	8.0
	粗目砂	2.70	8.0
	細目砂	2.67	15.0
	石粉	2.69	12.0
アスファルト（ストレート 針入度級60/80）		1.03	5.7

2. 試験条件

温度は20°Cとし，荷重条件は，堤高50mのダムを想定して，表-2に示す9通りとした。また，供試体寸法はφ10cm×20cmとし，載荷期間は鉛直ひずみがほぼ一定値となる2週間とした。

III. 試験結果

クリープ曲線の一例を図-1に，また，試験結果の一覧を表-2に示す。各応力条件でのクリープひずみの最終値ε_1は主応力差$(\sigma_1-\sigma_3)$にほぼ比例していることが明らかとなり，クリープ定数$(=(\sigma_1-\sigma_3)/\varepsilon_1)$は平均180 kg/cm²である。また，ポアソン比νは0.35±0.1の範囲にあり，応力条件との関係は明確でない。

なお，今回の応力条件では，Mohr円が破壊包絡線に接することはないと考えられ，実際の実験でもクリープ破壊は認められなかった。

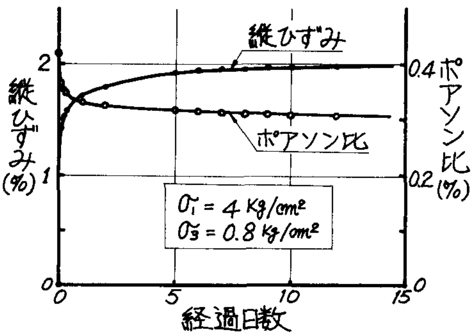


図-1 三軸圧縮クリープ曲線

表-2 三軸圧縮クリープ試験結果

鉛直応力 σ_1 (kg/cm²)	主応力比 σ_3/σ_1	主応力差 $\sigma_1-\sigma_3$ (kg/cm²)	鉛直ひずみ ε_1 (%)	クリープ定数 $(\sigma_1-\sigma_3)/\varepsilon_1$ (kg/cm²)	ポアソン比 $\varepsilon_3/\varepsilon_1$
4	0.2	3.2	1.98	162	0.306
	0.4	2.4	1.55	155	0.315
	0.6	1.6	1.00	160	0.253
8	0.2	6.4	3.38	189	0.276
	0.4	4.8	2.20	218	0.420
	0.6	3.2	1.60	200	0.370
12	0.2	9.6	5.47	176	0.448
	0.4	7.2	2.66	271	0.312
	0.6	4.8	2.63	183	0.310

IV. レオロジーモデルの決定

IIIで述べた実験結果を，FEMによるアスファルトコア型フィルダムの挙動解析に導入するために，レオロジーモデルの検討を行ったのでその概要を述べる。なお，ここでは，実験から得られたクリープ曲線を表現するためのレオロジーモデルを合理的に定めるために，遅延スペクトルの解析を行なった。

1. 粘弾性体の特性関数[1)]

アスファルトコンクリートの三軸圧縮クリープ特性を表現するための一般化したモデルとして，図-2に示す2つのタイプ

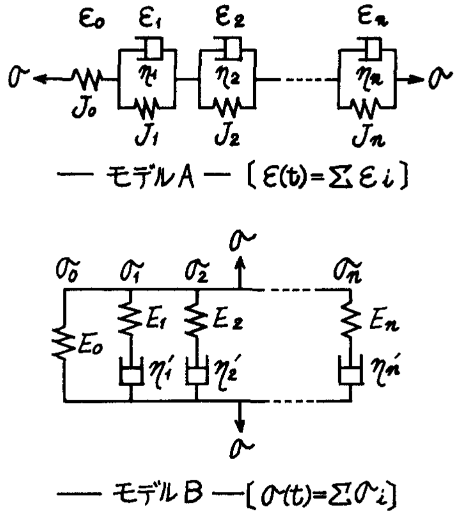
を考えると，各々の基礎方程式（応力－ひずみ－時間関係）は次のような記憶積分で与えられる　（一次元状態）。

$$\varepsilon(t)=J(t)\sigma(0)+\int_0^t J(t-\tau)\frac{d\sigma(\tau)}{d\tau}d\tau \qquad (1)$$

$$\sigma(t)=E(t)\varepsilon(0)+\int_0^t E(t-\tau)\frac{d\varepsilon(\tau)}{d\tau}d\tau \qquad (2)$$

ここに，$J(t)$および$E(t)$は，それぞれクリープ関数および緩和関数と呼ばれるものである。例えば，クリープ関数$J(t)$は，モデルAと対応しており，J_0, J_i, T_i $(=J_i\cdot\eta_i)$により定まる。

一般に基礎方程式の取扱いはモデルBに対応した(2)式の方が容易であるが，試験方法としてはモデルAと対応したクリープ試験の方が容易である。そこで，クリープ試験によりクリープ関数を求めた上で，モデルAとモデルBの等価性を用いて，緩和関数を定めればよい。



図－2　レオロジーモデル

2. モデル定数の決定法

モデルAのように一般化した場合のクリープ関数は，(3)式のように示すことができる。ここに$\Phi(t)$は遅延スペクトルと呼ばれるもので，近似的には(4)式で示される。

$$J(t)=\int_0^\infty \Phi(t)\left(1-e^{-t/T}\right)d(\ln T) \qquad (3)$$

$$\Phi(t)=t\frac{dJ(t)}{dt} \qquad (4)$$

表－3　5要素モデルの定数

要　素	緩和体積弾性率 K_i (kg/cm²)	緩和せん断弾性率 G_i (kg/cm²)	緩和時間 T_i (日)
純弾性要素	$K_0=167.6$	$G_0=65.3$	—
Maxwellモデル-1	$K_1=84.4$	$G_1=34.3$	$T_1=0.11$
Maxwellモデル-2	$K_2=41.8$	$G_2=14.9$	$T_2=2.44$

この$\Phi(t)$は，(3)式からも分かるように，J_iの遅延時間に対する分布関数である。そこで，クリープ試験結果から求めた$\Phi(t)$と時間との関係をプロットし，その曲線のピークとして，特に卓越したいくつかの遅延時間を知れば，それを用いて，モデルA中のVoigtモデルを近似的に有限個に限定することができる（すなわち，クリープ関数が求まる）。

3. モデル定数の計算例

以上に述べた解析の一例として，図－1に示すクリープ曲線について検討すると，2つの卓越した遅延時間が認められた。したがって，純弾性要素1個とVoigtモデル2個とを直列にした5要素モデルが考えられ，これから求めたクリープ関数を緩和関数に変換し，その体積成分とせん断成分とで示したものが表－3である。

V. ま と め

三軸圧縮クリープ試験により，20℃においては，鉛直ひずみは主応力差と比例しており，クリープ定数およびポアソン比は，鉛直応力4～12kg/cm²，応力比0.2～0.6という条件の範囲では，180kg/cm²および0.35となることを明らかにした。また，三軸クリープ曲線からレオロジーモデルを決定する手順を概説し，その計算例を示した。現在は，以上の一連の検討結果を用いて，アスファルトコア型フィルダムの挙動について検討中である。

構造物の挙動解析を行なう場合，材料の物性値が常に重要な問題となる。特にアスファルトコアの場合には，アスファルトコンクリートの力学的性状が，時間依存性や温度依存性の大きいものであるため，解析上の取扱い方については，模型実験や実構造物の挙動測定の結果などとも対比しながら検討を行っている。

〔参 考 文 献〕

1) 赤木知之：レオロジーモデルの取扱い方法に関する若干の考察，土木学会論文報告集　第257号（52.1）