

単軸繰返し試験による遮水用アスファルト混合物の動的変形特性に関する実験

(株) アイコ 会員 ○中村吉男
 (株) アイコ 玉木彩子
 愛知工業大学 正会員 奥村哲夫
 愛知工業大学 フェロー会員 大根義男

1. はじめに

ダム¹⁾の動的応答解析において等価線形法は材料の非線形性を近似的に評価する実用的な手法とされている。この手法により遮水壁を含めたアスファルト遮水壁型フィルダムの動的応答を求め、地震時における遮水壁の破壊判定や安定性を評価しようとする場合、アスファルト混合物の動的変形特性を把握する必要がある。

本研究では、遮水用アスファルト混合物の動的変形特性を調べるため、ダンベル状に締め固めて作成した供試体の両端を硫黄モルタルを用いて試験器の固定枠に取付け、単軸条件下で繰返し載荷試験を行った。ここでは、繰返し載荷中に計測した変位・荷重よりせん断剛性率 G と減衰率 h を求め、これらのひずみ依存性や載荷速度（振動数）との関連について検討した。

2. 実験概要

1) 実験材料：実験に使用したアスファルト（バインダー）は、一般に遮水用アスファルト混合物に使用されるストレートアスファルト（針入度 60~80）と低温での変形性能の改善を目的として開発された低弾性アスファルトの 2 種類とした。両アスファルトを用いた混合物の配合は同一とし表-2.1 に示す。

表-2.1 混合物の配合

アスファルト量 (%)	植物繊維 ^{注)} (%)	骨材の配合比率 (重量%)				
		6号碎石	7号碎石	粗砂	細砂	石粉
8.5	0.15	24.0	16.5	37.5	8.0	14.0

注) 植物繊維はアセトセルロース Z78/1 を使用し、添加量は混合物を 100 とした時の外添加百分率を示す。

2) 供試体形状：実験は圧縮・引張の繰返し載荷を行うため、引張時に供試体固定部で応力集中が生じないように図-1 に示すようなダンベル形状とした。供試体の作成は、基準密度となるよう計量・調整した試料を 2 層に分けて型枠に敷均し、静的に締め固めて行った。

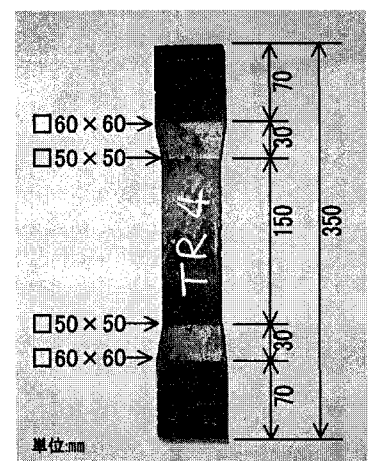


図-1 供試体形状

3) 実験装置：載荷装置は供試体を垂直方向に加圧（正弦波による繰返し載荷）するもので、載荷及び制御は電気油圧サーボシステムにより行う。荷重は容量 29.4kN のロードセル、変位は供試体凹部の側面に非接触型変位計（分解能：0.001mm）を取付け軸方向の変位量を計測した。

4) 実験条件：載荷荷重は正弦波によるひずみ制御で行い、試験温度は 4℃、0℃、-5℃、載荷速度（振動数）は 1Hz、2Hz、4Hz の 3 種類とした。なお、ここでは紙面の都合上 4℃における結果についてのみ報告する。

3. 実験結果

1) 動的物性値の算定：実験で計測された荷重 p、変位 d より次式で弾性係数 E、せん断剛性率 G、垂直応力 σ、せん断応力 τ、縦ひずみ ε、せん断ひずみ γ を求めた。算定に当たってポアソン比 ν を 0.5 と仮定した。

$$\begin{aligned} \sigma &= p/A, \quad \tau = \sigma/2, \quad \varepsilon = d/H, \quad \gamma = (1+\nu) \varepsilon, \quad E = \sigma/\varepsilon, \quad G = \tau/\gamma = E/2 (1+\nu) \quad (A: \text{供試体断面積}, H: \text{供試体高さ}) \\ h &= (1/2\pi) \cdot \Delta W/W \quad (\Delta W: 1 \text{ ループでの消費エネルギー (履歴面積)}, W: \text{弾性エネルギー}) \end{aligned}$$

2) τ ~ γ 関係：図-2 は低弾性アスファルトの γ ≒ 4.0 × 10⁻³ における τ ~ γ の関係を示したものであり、圧縮を

正, 引張りを負で表している. 同図より履歴曲線は粘弾性的な楕円形状を示し, 振動数が大なる程 G は大きくなり振動数に依存することがわかる. また, 図-3は図-2において τ , τ をそれぞれの最大振幅で除して正規化したものである. 同図に示すように正規化された履歴曲線のループの大きさは振動数によらずほぼ等しいことから, アスファルト混合物は振動数の影響は受けにくい非粘性型の減衰特性を持つものと推定される.

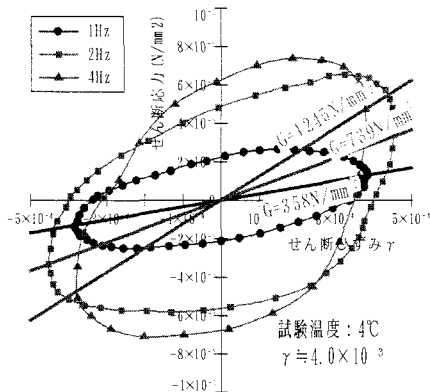


図-2 低弾性アスファルト混合物の $\tau \sim \gamma$ 関係

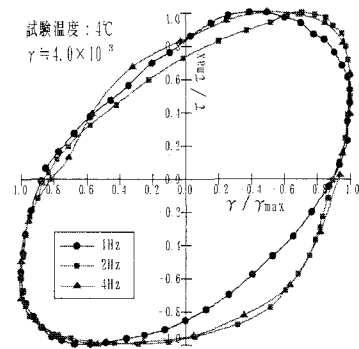


図-3 低弾性アスファルト混合物の $\tau/\tau_{max} \sim \gamma/\gamma_{max}$

3) $G, h \sim \gamma$ の関係: 図-4, 5は4°Cにおける $G, h \sim \gamma$ 関係を低弾性アスファルト混合物とストレートアスファルト混合物について整理したものである. いずれのアスファルト混合物も振動数が大きい程, またひずみが小さい程 G は大きく, 逆に h は小さくなる傾向にあることが分かる. 両混合物の剛性差は図の剛性率のスケールを見れば明らかなようにオーダー的な開きがある. 例えば, 図より $\gamma = 1 \times 10^{-4}$ における G を読みとると, 低弾性アスファルト混合物 $G = 150 \sim 500 \text{ N/mm}^2$, ストレートアスファルト混合物 $G = 2,500 \sim 6,000 \text{ N/mm}^2$ でありその差は約10倍~20倍である. また, 減衰定数は $h = 50 \sim 60\%$ と $h = 20 \sim 30\%$ であり低弾性アスファルトの h はストレートアスファルト混合物の2~2.5倍大きい. なお, 上述のように, h の振動数による依存性はそれほど顕著ではない. また, $\gamma = 1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3}$ のひずみ範囲での G の低下傾向は, ストレートアスファルト混合物の4Hzの結果を除きほぼ類似した傾向を示している. すなわち, ストレートアスファルト混合物の4Hzの結果は上に凸の曲線を描き G の低下が急激であるが, これ以外の結果は γ の増大に伴って徐々に低下する傾向が認められる.

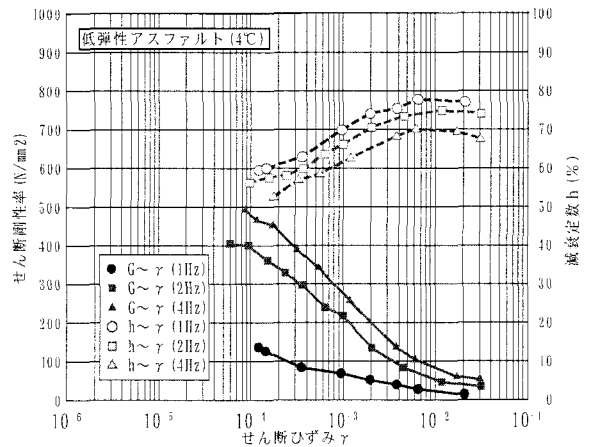


図-4 $G, h \sim \gamma$ 関係 (低弾性アスファルト混合物)

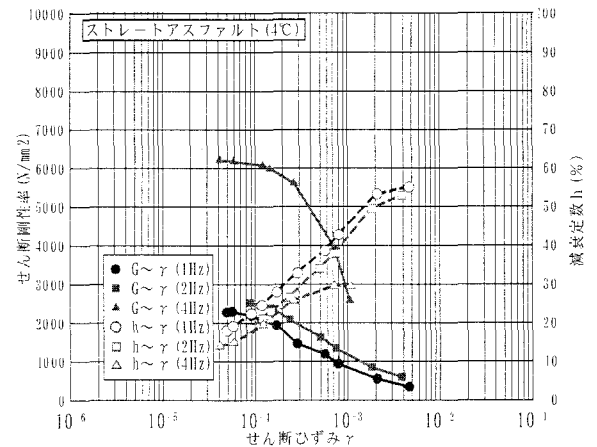


図-5 $G, h \sim \gamma$ 関係 (ストレートアスファルト混合物)

4. まとめ

- ① アスファルト混合物のせん断剛性率 G は振動数及びひずみに依存し, 振動数が大なる程, またひずみが小なるほど大きな値を得る.
- ② アスファルト混合物の減衰特性はひずみ依存性が支配的であり, 振動数の影響は顕著に現れない.
- ③ 低温での変形性能の改善を目的として開発された低弾性アスファルト混合物の動的変形特性は, 通常遮水壁に用いられているストレートアスファルト混合物に比べ, G が10~20倍小さく h は2~2.5倍大きく変形性能及び減衰効果が向上する.