

# アスファルト材料の粘弾性モデルによる温度応力解析

鹿島技術研究所 正会員 渡部 貴裕  
 同 上 万木 正弘  
 同 上 大野 俊夫  
 同 上 藤澤 理

## 1.はじめに

アスファルトは十分な遮水性を有し、提体に生じる変形への追従性があることなどから、フィルダム等の表面遮水壁として利用されている。アスファルトは温度低下に伴って収縮する性質があり、この収縮が何らかの拘束を受けた場合に温度応力が発生する。寒冷地においては、この応力によってひび割れが生じることがあり、アスファルトの温度応力を適切に評価することが必要不可欠である。

実構造物に発生する温度応力を解析により検討する場合、アスファルトの力学的性質を正確に把握する必要があるが、アスファルトは粘弾性材料であり、しかも温度によってその性状が大きく変化することから、解析時に各温度における変形係数の入力値の設定が難しい。これまでも緩和弾性率を用いた解析例があるが<sup>1)</sup>、今回緩和弾性率に変わるアスファルトの材料特性として、SHRP 規格のインダイレクトテンションクリープ試験から材料定数を決定する粘弾性モデルを用いた有限要素解析手法の適用を試みた。本解析方法は試験時に様々な要因の影響を考慮することが可能であり、かつ粘弾性モデルの材料定数を簡便に決定することができる。本報告では解析によるひずみと試験により発生するひずみを比較して解析の整合性を確認した。

## 2.解析方法及び検討フロー

解析にはMaxwell要素とVoigt要素を直列に組み合わせた形の粘弾性モデルをアスファルトの材料特性として用いた。

検討フローを図-1に示す。リング拘束試験<sup>2)</sup>は線膨張係数の小さいリング状鋼材の周囲にアスファルト混合物を成形し、周囲の温度を低下させてアスファルトに温度応力を発生させる試験である。リング拘束試験で得られるひずみと、インダイレクトテンションクリープ試験で得られた材料定数( $C_G, G, \dots, C_{K1}, K1$ )を用い解析をして得られたひずみを比較することで解析の妥当性を検討した。

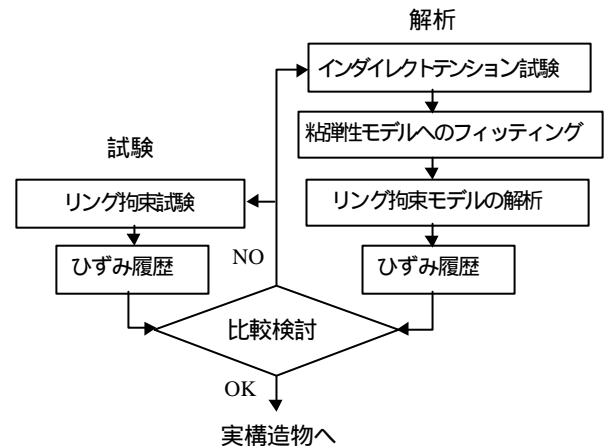


図-1 検討フロー

## 3.材料定数の決定方法

インダイレクトテンションクリープ試験は表-1に示すアスファルト混合物で行った。表-2に示す温度、クリープ荷重、載荷速度、載荷時間をパラメータとして実施し、測定された垂直方向・水平方向のひずみ及び応力をもとに、クリープコンプライアンスのせん断変形と体積変形を求めた。

試験の結果、得られたクリープコンプライアンスをアスファルト混合物の変形特性として解析に取り入れるため、材料定数を変えた粘弾性モデルを試験結果にフィッティングさせて、最適な粘弾性モデルの材料定数( $C_G, G, \dots, C_{K1}, K1$ )を決定した。

表-1 配合(重量%)

アスファルト	骨材				ファイバー石粉
	6号砕石	7号砕石	スクリーングラス	細砂	
8.2	20.2	11.9	30.8	17.4	11.5

表-2 インダイレクトテンション試験条件

温度( )	- 30, - 20, - 10, 0, + 10
荷重(kN)	破壊荷重の50,30,10%
載荷速度(mm/min)	0.8, 12.5, 50
クリープ時間(sec)	500, 1000, 2000

キーワード : アスファルト混合物、温度応力、粘弾性モデル、クリープコンプライアンス

連絡先 : 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 TEL : 0424-89-7071 FAX : 0424-89-7073

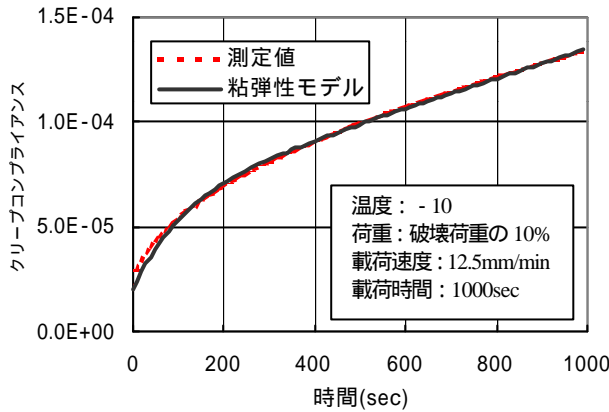


図 - 2 フィッティング結果

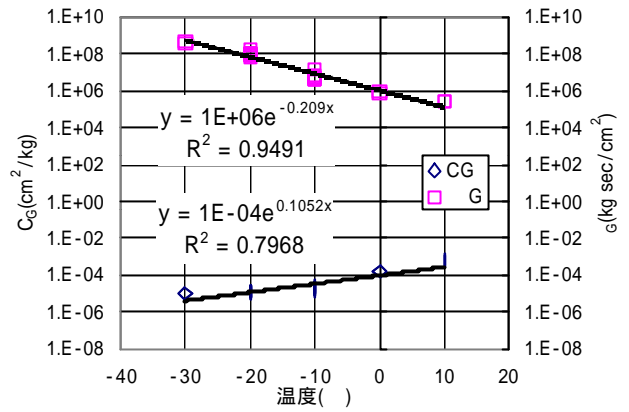


図 - 3 温度と各要素の値の関係

#### 4. フィッティング結果及び考察

フィッティングによる曲線は誤差の乗和を最小にように求めた。Maxwell要素とVoigt要素を各1個で行ったフィッティング結果の一例は図 - 2に示す通りであり、Voigt要素が1個でも十分なフィッティング精度を有していることが分かる。全試験結果に対してフィッティングを行うことにより、各試験条件毎に粘弾性モデルの材料定数 ( $C_G, G, \dots, C_{K1}, K1$ )が得られる。

表 - 2に示す全試験結果の各定数と温度のグラフの一例を図 - 3に示す。図 - 3には応力強度比を変えたデータも含まれている。アスファルトのクリープコンプライアンスは応力依存性が大きいと考えられていたが、今回の試験ではクリープコンプライアンスの応力依存性は温度依存性に比べて小さいことが分かった。他の材料定数においても温度依存性が卓越しており、各定数は温度の関数として表すことができると思われた。

#### 5. 解析結果及び考察

解析は粘弾性モデルの材料定数を温度の関数として取り入れ、粘弾性モデルの材料定数以外の入力物性値は表 - 3の通りとし、リング拘束試験の - 30 で10時間持続した試験を対象に行った。その時の解析(解析値1)及び測定値のひずみ履歴を比較した。図 - 4のように拘束体のひずみは途中から試験結果と異なる挙動を示した。これは、低温時にもアスファルト混合物を粘弾性体と仮定したため応力が解放されたことが一因と考えられる。

そこで、ある温度(転移点温度: - 20 )以下でアスファルト混合物を、破壊試験より得られる弾性係数をもとに材料定数を決定した弾性体に近いモデルと仮定し再解析(解析値2)を行った。アスファルト混合物、拘束体ともにひずみの履歴は同様の挙動となった。このことから、低温下で粘弾性モデルから弾性体に近いモデルに変えることで、より正確にアスファルト混合物の挙動を表現できることが分かった。

#### 6. まとめ

インダイレクトテンション試験から粘弾性モデルの材料定数を決定する方法は、簡便かつ精度良くアスファルト混合物の変形挙動を表すことができた。また、低温下では弾性体に近いモデルと仮定して解析を行うことで、さらに正確な温度応力による低温ひび割れの発生の検討をすることが可能であった。

なお、本研究は菅原照雄北海道大学名誉教授の指導を得て実施したものであり、ここに深く感謝致します。

#### 参考文献

- 1) 天野隆明他：アスファルト舗装の熱応力と変形の粘弾性解析、土木学会論文集No.564 1997.5
- 2) 大野俊夫他：水工用アスファルト混合物の低温ひび割れ抵抗性、第55回土木学会年次学術講演会、2000.9

表 - 3 入力物性値

	拘束体	アスファルト混合物
熱伝導率(kcal/m/h/ )	70	2
密度(kg/m <sup>3</sup> )	8000	2350
比熱(kcal/kg/ )	0.4	0.4
線膨張係数(μ/ )	0.5	25
弾性係数(kg/cm <sup>2</sup> )	1440000	—
ポアソン比	0.25	—

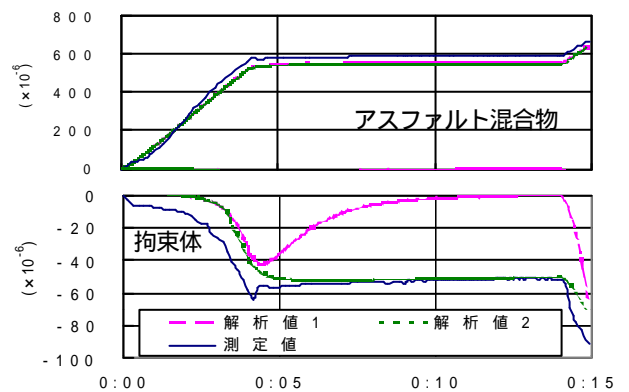


図 - 4 解析値と測定値