

常温舗装補修材の時間および温度依存性を有するひび割れ現象に関する 解析的研究

愛媛大学大学院 学生会員 ○三好勇太
愛媛大学大学院 正会員 岡本将昭
氏家勲 岡崎慎一郎

1. はじめに

現在、大規模な道路基盤の新規建設が期待できないため、既設の道路基盤の維持管理に重点がおかれつつある。道路舗装工事に関しては、施工機械の騒音やCO₂排出などの問題がある。これらの背景を踏まえて近年開発された材料が常温舗装補修材である。しかしアスファルト混合物の評価基準では十分と判断されていた本補修材は、施工後約1ヵ月でひび割れが発生するという問題がある。この理由として、現行の品質評価基準では、本補修材の粘弾性的な材料特性を十分に評価できていないことが挙げられる。本研究では、本補修材の物性値を材料定数として同定し、それを用いて温度応力解析を実施し、施工後に想定される時間による収縮及び温度条件を考慮したひび割れ発生の可能性を解析的に検討する。

2. 実験概要

本研究では、本補修材のひび割れ抵抗特性を、温度応力解析によって評価するために、適切な解析モデルを設定し、そのモデルの入力定数を取得する必要がある。これについては粘弾性材料が持つ、時間依存性と温度依存性の性質を解析に反映させるため、時間と温度による物性値の変化を考慮できる解析モデルとして図-1に示す、弾性ばねと粘性ダッシュポットを組み合わせた4要素 Voigt モデルを本補修材

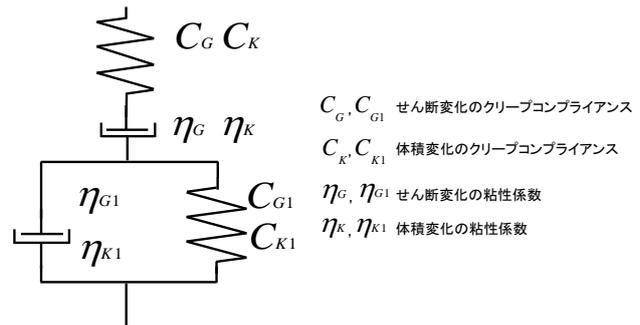


図-1 4要素 Voigt モデルと材料定数

の解析モデルに採用する。また解析に輸入する材料定数については粘弾性体の時間依存性を考慮し、インダイレクトテンション試験¹⁾のクリープ試験により応力とひずみを測定し、既存の理論式²⁾によりせん断変形および体積変形の両方について同定する。また、解析する上で本補修材の温度特性を考慮する必要がある。そのため水和熱または外気温による対象材料の膨張・収縮の定量値変化量を示した線膨張係数を知る必要がある。測定は、線膨張係数が既知の石英ガラス棒(0.54×10⁻⁶/°C)と本補修材に同じ温度変化を与え、間接的に本補修材のひずみを求める。このときの、本補修材のひずみ-温度関係のグラフの傾きが線膨張係数となる。なお両実験を行う材齢は、本補修材が約1ヵ月後に発現するひび割れ現象を対象とするため、28日とした。解析では実験で取得した材料定数を入力した後、実験値と解析値とのひずみの整合性で解析性能を評価し、実構造物と同様な解析モデルによりひび割れ抵抗性を評価する。

3. 実験結果および考察

表-1はインダイレクトテンション試験で同定した、材料定数の数値である。この値を入力値として解析を実施する。図-2は線膨張係数の取得を目的とした試験でのひずみと温度の関係(材齢28日)をプロットしたものがある。この温度上昇時のプロットから得ら

表-1 材料定数の値

せん断変形	C_G	η_G	C_{G1}	η_{G1}
	(mm ² /N)	(N·hr/mm ²)	(mm ² /N)	(N·hr/mm ²)
	1.56E-2	3.36E2	3.52E-3	7.46
体積変形	C_K	η_K	C_{K1}	η_{K1}
	(mm ² /N)	(N·hr/mm ²)	(mm ² /N)	(N·hr/mm ²)
	3.97E-2	1.77E2	9.36E-3	5.22

れた、近似曲線の傾きが線膨張係数となる。この結果、対象材料の線膨張係数はアスファルト混合物やコンクリートの線膨張係数より大きい値となった。この理由としては、アスファルト乳剤に含まれているゴムの線膨張係数($110 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)が大きいためだと考えられる。

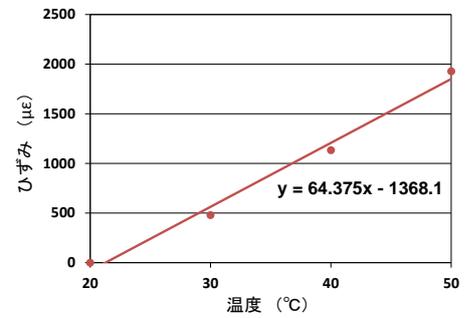


図-2 温度試験結果

4. 解析結果

解析に用いる定数・物性値は、本補修材が約1ヵ月後に発現するひび割れ現象を対象とするため、材齢28日の入力定数とした。材料定数を入力し実際の実験を再現した結果、実験値と解析値でひずみが整合し、実験に近いひずみ分布が確認された。このことから本解析は物性値と力学的挙動を把握するのに十分有効であると考えられるため、温度応力解析についても同様に本材料定数を入力した。温度応力解析ではマンホールにより内径を拘束された本補修材の、水和熱によるひび割れ抵抗性について検討した。図-3はマンホール周りに施工された補修材の温度応力分布で、引張応力が大きいほど赤色を示す。この図より外側から内径が拘束された内側にかけて応力が増大し、内縁に最も近い部分において最大となる。解析ではこの部分の引張応力が降伏応力を超えたためひび割れが発生する危険性が確認された。またひび割れ発生を抑制するために、どの材料定数および物性値が応力に大きく作用しているかを調べた。まず材料定数については、変化させても最大応力は変化しなかった。また物性値については、線膨張係数が応力減少に与える影響が大きかった。

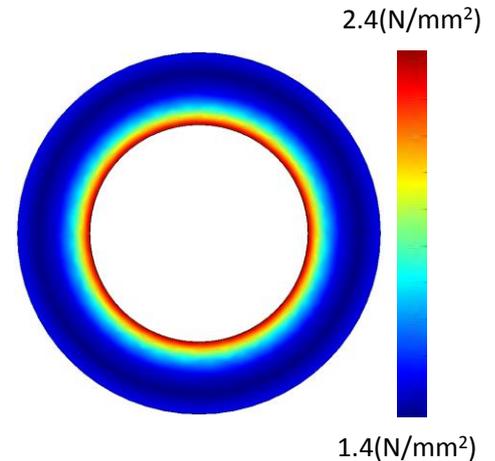


図-3 温度応力解析

5. まとめ

温度特性試験において線膨張係数を得た結果、対象材料はコンクリートや従来のアスファルト混合物に比べ、線膨張係数が大きく熱による影響が強いことが分かった。このことから対象材料は、温度による影響がひび割れに大きく寄与すると考えられる。実験で取得した材料定数と線膨張係数を入力し温度応力解析を行った結果、マンホールにより内径を拘束された本補修材は、水和反応の発熱による温度応力によってひび割れが発生しうることが確認された。またひび割れ発生に起因する物性値の中でも、線膨張係数が応力に与える影響が大きかった。また4要素モデルにおける材料定数を変化させても、最大応力は変化しなかった。このことから、ひび割れ抵抗性を向上させるには線膨張係数の低い乳剤を使用するか、発熱を抑えるためフライアッシュをセメントに置換することが有効であると考えられる。以上の枠組みにより常温舗装補修材のひび割れ抵抗性を定量的に評価することができる。

6. 参考文献

- (1) American Association of State Highway and Transportation Officials: AASHTO Designation, TP9-94, Edition 1C, Standard Test Method for Determining the Creep Compliance and Strength of Hot Mix Asphalt Using the Indirect Tensile Test Device, 1997
- (2) 大野俊夫・渡辺貴裕・万木正弘・瀧上学: 粘弾性モデルを用いた低温下のアスファルト材料の温度応力解析, 土木学会論文集, Vol.64 No2, pp348-360, 2008.6