

常温補修材の時間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 ○紀川敦彦 愛媛大学大学院 正会員 岡本将昭
愛媛大学大学院 正会員 氏家勲 愛媛大学大学院 正会員 岡崎慎一郎

1. はじめに

既存道路基盤の維持管理が重要視されていることから、道路舗装および道路補修の重要性が日増しに高まっている。しかし、道路舗装工事に関しては、施工機械の騒音やCO₂の排出、工事期間の交通量への影響などの問題がある。このような社会背景の中、開発された材料が常温舗装補修材(以下補修材と呼ぶ)である。現在この補修材はアスファルトの品質評価法で評価されているが、施工後約1ヶ月で収縮によるひび割れが発生するという問題がある。これは既存の評価方法が、アスファルト材料の特徴である時間依存性を十分考慮した評価方法ではないためである。そこで時間が及ぼす補修材の力学的挙動の変化を、粘弾性力学モデルで再現し、有限要素法を用いた解析によって時間依存性を有する補修材のひび割れ現象を検討する。

2. 実験概要

補修材のひび割れ現象を解析的に検討するため、まず補修材の力学的性質を把握する必要がある。アスファルト材料は一般的に弾性ばねとダッシュポットをさまざまに組み合わせた粘弾性力学モデルによってその力学的挙動を再現する。本研究では補修材の粘弾性力学モデルとして図-1に示す四要素 Voigt モデルを採用する。これは粘弾性体の有する応力緩和とクリープ現象を同時に再現でき、時間的な挙動の変化を考慮したものだ。また解析には図-1に示すように粘弾性モデルの材料定数を入力する必要がある。本研究ではアスファルト材料の物性値の取得から既存の理論式²⁾により材料定数の算出を目的としている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材料定数を取得し、せん断変化と体積変化のそれぞれについて材料定数を設定する。なお補修材がひび割れ発生期間の約1カ月の間に何らかの力学的性質の変化を起こすことを懸念し、材齢別で材料定数を取得する。解析では、粘弾性体の物性式をもとに有限要素法による解析を行い、実験より得られた材料定数を入力した後、実験値と解析値とのひずみ履歴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を用いてひび割れ発生を解析的に検討する。

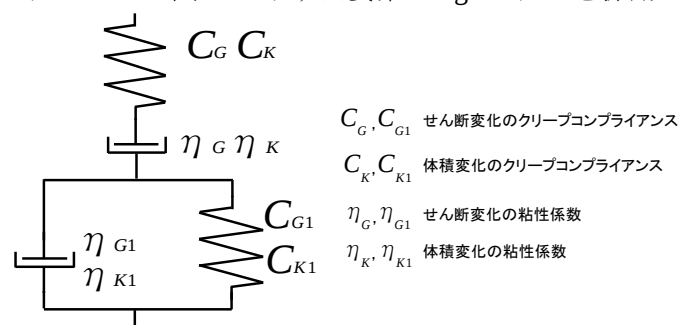


図-1 四要素 Voigt モデル

3. 実験結果および考察

図-2 および図-3、図-4 は、実験より得られた物性値から算出した四要素 Voigt モデルの材料定数をそれぞれ材齢別に示したものである。図-2、図-3 から弾性ばねの定数であるクリープコンプライアンスはせん断変化、体積変化ともにほぼ横ばいではあるが緩やかに上昇し、図-4 からは粘性係数がせん断変化、体積変化ともに経時的に減少している。なお C_K においては 91 日のデータが線形に大きく影響している。この様に材齢とともに材料定数が緩やかに変化する傾向は一般的なコンクリート材料によく確認され、アスファルト材料の本補修材においても同様な特徴が顕著に表れた。なお補修材内には早

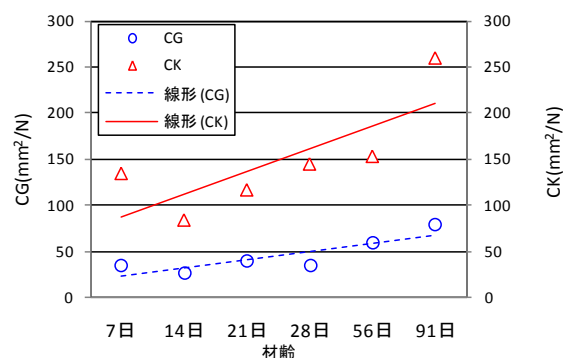


図-2 材齢と $C_G \cdot C_K$ の関係

期強度の発現を目的とした速効セメントが含まれており、本補修材においてはセメント成分が補修材の材料特性に大きな影響を与えていると判断される。また粘性係数 η_G 、 η_K においては材齢に伴う経時的変化は見られなかった。このことは本材料定数設定方法が時間とクリープひずみに深く関与していることから²⁾、クリープ試験で規定した維持応力が小さく、クリープひずみの履歴が不十分で、本来の補修材がもつ粘性係数との相違が発生したためと考えられる。

4. 解析結果

解析で入力する材料定数は補修材のひび割れ発生期間に近い材齢 28 日の物性値より得られた定数値とした。材料定数を入力した結果、解析値と実験値との厳密なひずみ整合性は得られなかったものの、実試験に限りなく近いひずみ分布および履歴が確認された。このことより本解析では物性値の正確な値を取得するまでは至らないが、補修材の応力およびひずみ分布など力学的挙動を把握するためには有効的であると考えられ、参考値として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、補修材をマンホール周りに用いた場合のモデルを採用し、図-6 はマンホール周りに施工された補修材の温度応力分布を示しており、引張応力が大きいほど赤色を呈す。解析より補修材の内縁側に引張応力が集中しており、温度変動に伴い内縁側のマンホール接触部で引張強度を超え、ひび割れ発生を示す結果となった。

5. まとめ

アスファルトの物性値取得を目的としたインダイレクトテンション試験において、本材料の材料定数を算出した結果、材料に含まれるセメント特有の経時的な変化が顕著にあらわれた。これは施工後の材料特性に対し、セメント成分の影響が大きく関与したためと考えられる。また実験で得られた材料定数を解析に用いた結果、温度変動に伴う温度応力分布を確認することができた。その温度応力分布は実構造物のひび割れ形状に相関性が高く、本補修材の線膨張係数が高く温度の影響が強いことが起因していると考えられる。今後の研究では、補修材のセメント成分および乳剤の配合割合を調節することで材料定数を調整し、その温度応力分布をもとにひび割れ抑制に関係性の強い配合を提案したいと考えている。

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, 渕上学 : 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

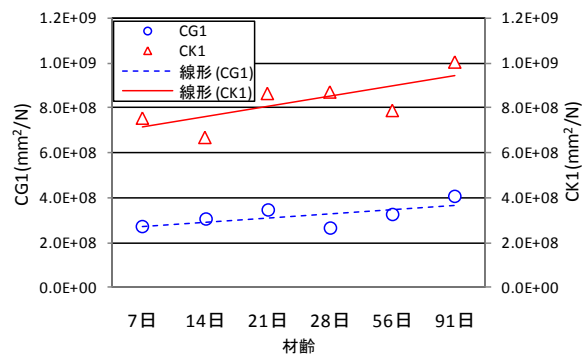


図-3 材齢と C_{G1} ・ C_{K1} の関係

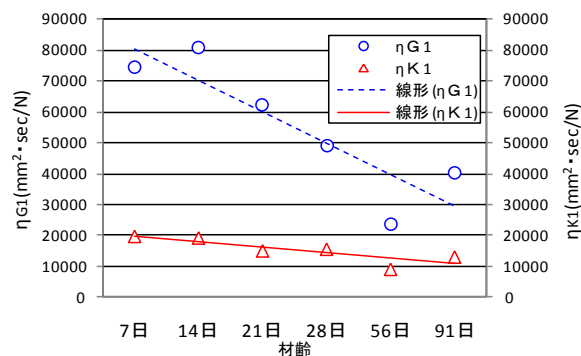


図-4 材齢と η_{G1} ・ η_{K1} の関係

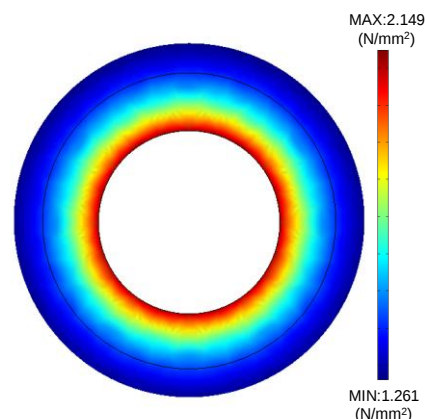


図-5 マンホール周り施工時の温度応力分布