

CA複合体の温度依存性を考慮した短期クリープ特性

山口大学 大学院 工学研究科 学生会員 ○菊田一寿
山口大学 工学部 社会建設工学科 正会員 上田満
山口大学 工学部 社会建設工学科 正会員 濱田純夫

1. はじめに

セメントアスファルト乳剤複合体（以下ではCA複合体と称す）はセメントコンクリートとアスファルトコンクリート（以下ではアスコンと称す）との中間的な力学特性を有し、省資源、省エネルギーの観点から施工及び維持修繕の容易さ等を兼ね備えた舗装材料として期待されている。本研究はCA複合体のC/E（セメントとアスファルト乳剤の質量比）を四種、試験温度を五種変化させた曲げクリープ試験を行い、各温度におけるCA複合体のクリープ特性の比較、アスコンのクリープ特性との比較、CA複合体のクリープ特性のモデル化、長期クリープひずみの簡易推定法等を検討した。

2. 実験概要

実験に用いたセメントは普通ポルトランドセメント（比重：3.15、粉末度：3.280cm²/g）、砂は豊浦標準砂（比重：2.63、粒径：0.1～0.3mm）、アスファルト乳剤はノニオン系のセメント混合用乳剤（PH7.0、蒸発残留分の重量パーセント：58%、蒸発残留分の針入度：211）であり、CA複合体の配合はこれら三成分系による三角座標において格子点上の配合（計12種）とした。曲げ試験用供試体寸法は4×4×16cmとし、作製は流し込み成形を基本とした。養生は打ち込み直後より型枠のまま24時間恒温槽（温度：20℃、湿度：80%）に静置し、以後27日間恒温室（温度：20℃、湿度：60%）にて行った後、試験前には恒温槽で0、10、20、30、40℃の各温度で12時間以上静置した。アスコンについてもCA複合体と同寸法の供試体をカッティングにより作製した。曲げ強度をミハエリス二重てこ形曲げ試験機にて求めた後、載荷時間が三時間の短期曲げクリープ試験を各温度にて行った。特定のCA複合体に対しては載荷時間一週間のクリープ試験も行った。載荷荷重は曲げ強度の20%としたが、供試体が破壊する恐れのある場合や試験装置の載荷荷重容量を超える場合は15%、10%、5%荷重と減少させた。たわみの測定はカンチレバー方式のひずみ計（最小読みは1/1000mm）で行った。

3. 実験結果

曲げ強度試験結果をいくつかのCA複合体、アスコンについて同一図にて示せば図-1となる。アスコンの曲げ強度は温度上昇に伴ってCA複合体よりも急激に減少しているのが分かる。C/Eの異なる四種のCA複合体の載荷時間とひずみの関係を曲げクリープ試験について示した代表的なものが図-2でアスコンは図-3である。載荷直後のひずみは塑性ひずみを除くため荷重を除荷する前後のひずみの差とした。本実験ではCA複合体の配合、及び試験温度等によって載荷荷重に多少の変動があり単純にクリープひずみを比較することは困難であるが、C/Eの小さなCA複合体程クリープひずみが大であることは図より明らかである。又、アスコンのクリープひずみは載荷荷重レベルが低いにも関わらずCA複合体に比べて大であった。

4. クリープひずみの温度依存性とモデル化

本研究では粘弾性体のクリープ特性に関してよく用いられるクリープ

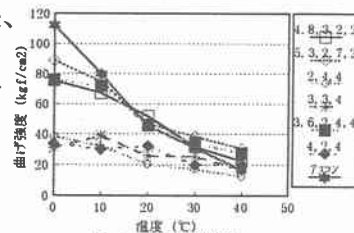


図-1 曲げ強度試験結果

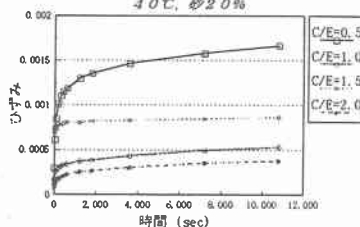


図-2 曲げクリープ試験結果(CA複合体)

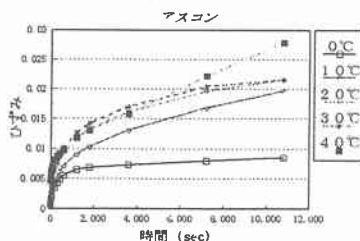


図-3 曲げクリープ試験結果(アスコン)

コンプライアンス ($J(t) = \varepsilon(t) / \sigma_0$) によってクリープひずみの定量的な比較を行った。 $J(t)$ は一般的に載荷時間の関数であり、CA複合体の $J(t)$ を C/E 別に示したものが図-4である。クリープひずみは、 $J(t) - t$ の両対数図上において $J(t)$ を直線で近似した際のその傾きに影響される。傾きと試験温度の関係をCA複合体、アスコンについて同一図にて示せば図-5となり、CA複合体は温度上昇に伴うクリープひずみの増大がほとんどみられないのに対し、アスコンは時間経過、及び温度上昇に伴うクリープひずみの増大が大であることがうかがえる。

粘弾性体に一定応力が作用したときのひずみの推定には一般的に四要素モデルがよく用いられる。そこで四要素モデルと、このモデルからダッシュポットを一つ除いた三要素モデルを考慮してクリープひずみの推定を行った。それらの各推定式を以下に示す。

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{E_1} + \frac{\sigma_0}{\eta_1} t + \frac{\sigma_0}{E_2} \{1 - \exp(-\frac{E_2}{\eta_2} t)\} \quad (1)$$

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{E_1} + \frac{\sigma_0}{E_2} \{1 - \exp(-\frac{E_2}{\eta_2} t)\} \quad (2)$$

式(1)、(2)中の E_1 、 E_2 、 η_1 、 η_2 は粘弾性常数と呼ばれ、三時間載荷のクリープ試験結果に式(1)、(2)を適用してカルマンフィルターによる逆解析を行いその値を求めた。粘弾性常数と試験温度の関係を四要素モデルの η_1 を例として図-6に示す。アスコンの粘弾性常数は一般的にCA複合体よりも小さな値となり、温度上昇に伴う減少傾向が大である。CA複合体の場合は C/E の大きな配合ほど粘弾性常数の値が大となっている。この図からもCA複合体に比べアスコンの温度依存性が高いことが分かる。求められた粘弾性常数を式(1)、(2)に代入してひずみを算定し三時間載荷のクリープ試験結果と比較すると、三時間載荷では四要素モデルを用いた方が実測値との整合性はよい。

5. 長期クリープひずみ簡易推定法

粘弾性モデルの推定式(1)、(2)及び以下に示すクリープコンプライアンスの実測値より求められた近似式(3)から一週間載荷のひずみを計算により求め実測値と比較した結果が図-7である。

$$\varepsilon(t) = \sigma_0 \times A \times 10^{B \log t} \quad (3)$$

この図より常温時は(2)、及び(3)式によるひずみの推定が長期的に適していると思われるが、高温時には粘性流動ひずみが無視出来なくなることも確認され、今後の検討課題としなければならない。アスコンはWilliamsらの研究による時間-温度重ね合わせの原理よりマスターカーブを描いて推定を行った。その結果が図-8であり、一週間載荷のクリープひずみはこのマスターカーブ上で求めることが出来る。

6. まとめ

- 1) アスコンの曲げ強度、及びクリープひずみはCA複合体に比べて温度による影響が大である。
- 2) CA複合体の粘弾性常数は試験温度よりも C/E に影響されることが明確となった。
- 3) 常温時の長期クリープひずみの推定にはCA複合体の場合、三要素モデル及びクリープコンプライアンスの実測値より求められた近似式による推定が適している。

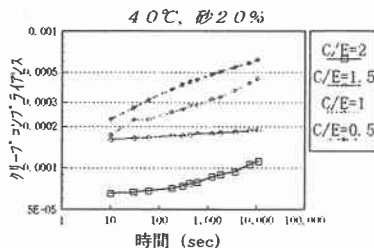


図-4 クリープコンプライアンス

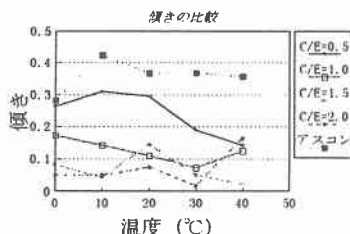


図-5 傾きと試験温度の関係

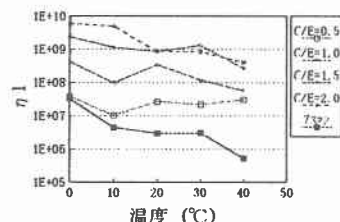


図-6 η_1 と試験温度の関係

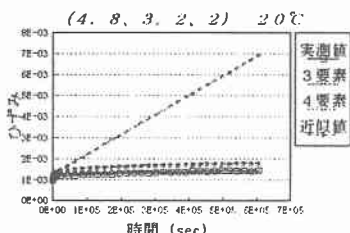


図-7 長期推定ひずみ(20°C)

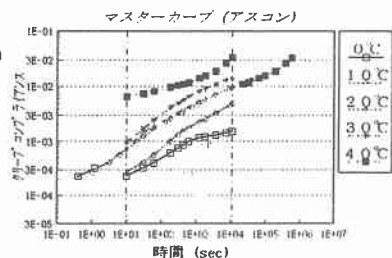


図-8 マスターカーブ(20°C群)