

膨張コンクリートの拘束膨張特性に及ぼす養生温度の影響

太平洋セメント(株) 正会員 ○松本 健一 三谷 裕二 谷村 充
太平洋マテリアル(株) 正会員 佐竹 紳也 佐久間 隆司

1. はじめに

近年、膨張材のマスコンクリートにおける温度ひび割れ低減効果を解析的に評価することが一般化する中、解析精度を大きく左右する膨張コンクリートの物性値、とりわけ、膨張ひずみやヤング係数に及ぼす温度の影響を正確に把握することが課題となっている。筆者らは、一般的な収縮補償用コンクリートについて、種々の養生温度下における拘束鋼材比 0.5～1.5%の拘束膨張特性を実験的に把握した上で、拘束膨張ひずみと拘束鋼材比の関係に基づく見かけの膨張ひずみおよび見かけのヤング係数の定め方を提示し、各々の温度依存性について検討してきた^{1), 2)}。本報では 0.2～8.0%のより広い範囲の拘束鋼材比における拘束膨張特性を把握し、既報の手法の範囲を拡張し、その適用性を検証した。

2. 実験概要

表-1 に使用材料、表-2 に配合条件・配合を示す。用いたコンクリートは水/(セメント+膨張材) 比 55%, 単位膨張材量 30kg/m^3 の一般的な収縮補償用コンクリートとした。

養生温度は 20, 40, 60℃の一定温度 3 水準とし、練混ぜは全て 20℃, R.H.80%の試験室内で行い、打込みからブリーディングがある程度終了するまで約 20℃の室内に静置した後、仕上げ面にポリエステルフィルムを被せ、さらにその上から湿布を施した状態で所定温度の恒温槽内に投入した。

図-1 に拘束供試体および無拘束供試体の形状、寸法を示す。拘束鋼材比は 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 3.0, 8.0%の 6 水準とし (0.2～1.5%: 拘束供試体タイプ I, 3.0, 8.0%: 拘束供試体タイプ II), 拘束膨張ひずみは鋼材中央部に貼付した自己温度補償型ひずみゲージより測定した。無拘束供試体のひずみは供試体中心部に設置した低弾性型の埋込み型ひずみ計より測定し、温度ひずみ (コンクリートの線膨張係数を $10 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ と仮定) を補正して自由膨張ひずみとした。

3. 実験結果および考察

図-2 に 20, 40, および 60℃で養生下における膨張ひずみと拘束鋼材比の関係の経時変化を示す。材齢の起点は注水時点とし、最終値は膨張ひずみがほぼ最大に達する時点である。図中には膨張ひずみの最大値を併記する。自由膨張ひずみは養生温度の上昇に伴って急激に大きくなる傾向を示し、40, 60℃において 20℃の約 2～4 倍であった。一方、拘束膨張ひずみは、拘束鋼材比が大きくなるに従って養生温度による差は小さくなり、ひずみの絶対値としては自由膨張ひずみと比較して相対的に温度の影響が小さい。また、筆者らは、拘束鋼材比 0.5～1.5%において、拘束鋼材比と拘束膨張ひずみが下に緩やかな凸の曲線関係になることを報告しているが²⁾、本実験結果より、0.2%～8.0%のより広い範囲においても同様の関係を確認できる。

以下、上記の実験結果を基に、応力算定に用いるための見かけの膨張ひずみ ε_{ca} および見かけのヤング係数 E_{ca} を定め、

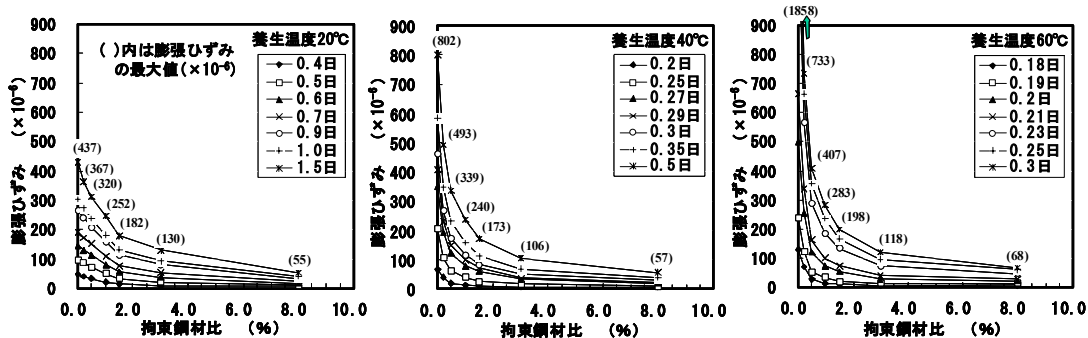


図-2 膨張ひずみと拘束鋼材比の経時変化

キーワード：膨張コンクリート、拘束膨張ひずみ、見かけの膨張ひずみ、見かけのヤング係数、温度依存性
〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント中央研究所 TEL043-498-3855

各々の温度依存性について検討する。これらの見かけの物性値の定め方については筆者らが既に提示しており²⁾、拘束膨張ひずみと拘束鋼材比の関係に力の釣合いとひずみの適合条件に基づく曲線式(1)を適用する。図-3にその概略図を示す。

$$\Delta \varepsilon_s(t_i) = \Delta \varepsilon_{cfa}(t_i) / \{1 + p \cdot E_s / E_{ca}(t_i)\} \quad (1)$$

ここに、 $\Delta \varepsilon_s(t_i)$ はステップ t_i での拘束膨張ひずみの増分量、 $\Delta \varepsilon_{cfa}(t_i)$ はステップ t_i での見かけの膨張ひずみの増分量、 $E_{ca}(t_i)$ はステップ t_i での見かけのヤング係数、 p は拘束鋼材比、 E_s は鋼材のヤング係数

すなわち、見かけの膨張ひずみ ε_{cfa} は拘束膨張ひずみに基づいて定めた拘束鋼材比 0%における膨張ひずみであり、見かけのヤング係数 E_{ca} は時々刻々と変化する膨張応力による弾性ひずみとクリープひずみの両者の影響を含んだヤング係数と見なすことができる。

図-4に養生温度 20, 40 および 60℃における見かけの膨張ひずみと積算温度方式に基づく有効材齢との関係を示す。図中には、終局膨張ひずみとひずみの進行速度の積で表される回帰式(2)を併記する。ここで、凝結始発時点の有効材齢に及ぼす養生温度の影響は小さく、概ね 0.227 日であった。

$$\varepsilon_{cfa}(t_e) = \varepsilon_{cfa\infty} [1 - \exp\{-\alpha(t_e - t_{e0})^\beta\}] \quad (2)$$

ここに、 $\varepsilon_{cfa\infty}$ は見かけの膨張ひずみの終局値、 α 、 β は見かけの膨張ひずみの進行特性を表す係数、 t_e は積算温度方式の有効材齢、 t_{e0} は凝結始発時点の有効材齢

図-5に回帰式中の各係数と養生温度の関係、およびその回帰曲線を示す。これより、任意の一定温度下における見かけの膨張ひずみ曲線を定めることができる。

図-6に膨張ひずみがほぼ最大に達する時点までの見かけのヤング係数と有効材齢(積算温度方式)の関係を示す。図中には、養生温度 20℃について、(2)式と同様の終局値と進行速度の積で表される回帰式を併記する。また、図-7には、見かけのヤング係数の平均値と養生温度の関係を示しており、20℃に対する各養生温度における見かけのヤング係数の比、およびその回帰式を併記する。これより、見かけのヤング係数の平均値は、20℃に対して 40℃で 0.42 倍、60℃で 0.33 倍となり、温度の上昇に伴って小さくなる傾向が見られる。

4. まとめ

以上、種々の養生温度下における拘束鋼材比 0.2~8.0%の拘束膨張ひずみを実験的に把握し、拘束膨張ひずみと拘束鋼材比の関係が曲線的な関係になることを確認した。また、両者の関係に力の釣合いとひずみの適合条件に基づく式を適用し、見かけの膨張ひずみと見かけのヤング係数を算出し、各々の温度依存性を考慮した算定式を定めた。

【参考文献】1) 三谷ほか：膨張材を混和したコンクリートの拘束膨張特性に及ぼす養生温度の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.1，pp.155-160，2003 2) 三谷ほか：マス養生温度下における膨張コンクリートの膨張応力評価法について，コンクリート工学年次論文集，Vol.26，No.1，pp.225-230，2004

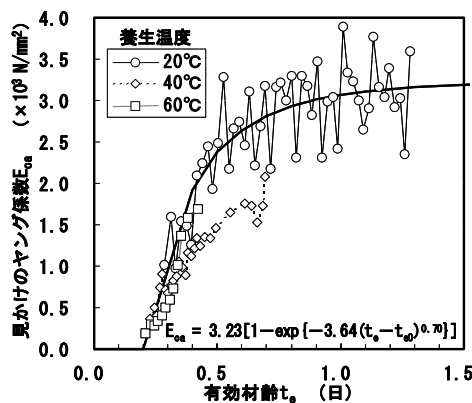


図-6 見かけの膨張ひずみと有効材齢

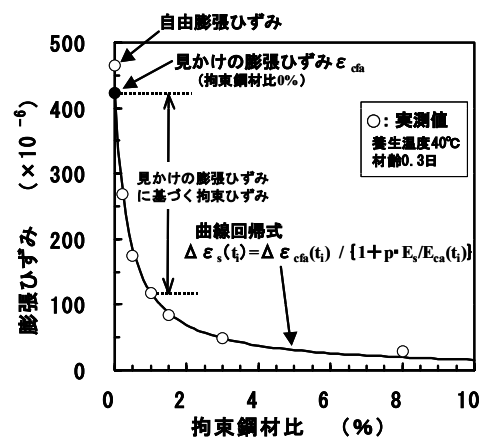


図-3 拘束膨張ひずみと拘束鋼材比

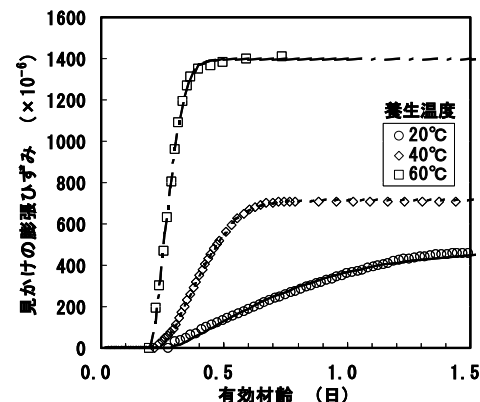


図-4 見かけの膨張ひずみと有効材齢

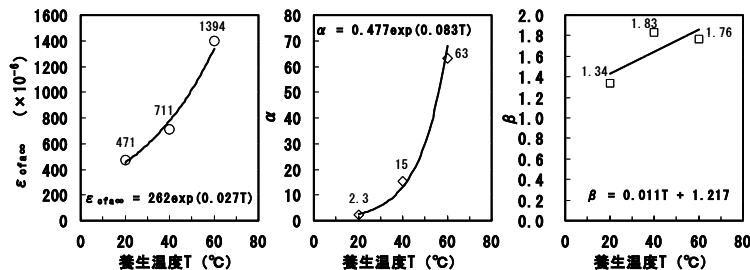


図-5 回帰係数と養生温度

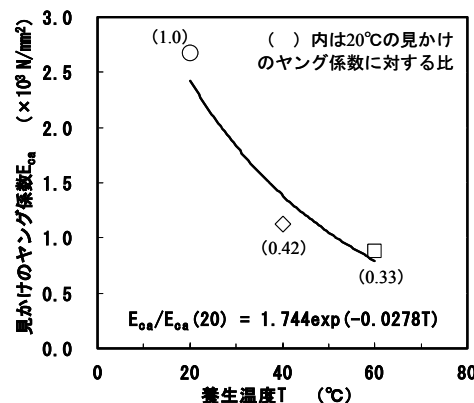


図-7 見かけの膨張ひずみと有効材齢