

温度履歴をともなう自己収縮予測式の一提案

(株)宇部三菱セメント研究所 正会員 ○中里 剛

(株)宇部三菱セメント研究所 正会員 鳴瀬 浩康

1. はじめに

土木学会コンクリート標準示方書が性能照査型に改定され、マスコンクリートの温度応力解析に関しては自己収縮を考慮した解析方法による照査が提案されている。自己収縮に関しては既往の研究も多く、最近では日本コンクリート工学協会自己収縮研究委員会により纏められ、その予測式（以下 JCI 予測式）が提案されている。自己収縮に影響する要因には、セメントの種類、量や温度の影響などがあり、特にマスコンクリートの温度応力解析においては、温度をともなう場合の自己収縮応力の予測が重要である。そこで本研究では、普通ポルトランドセメントを用いた断熱状態での自己収縮ひずみを測定し、その挙動を評価できる自己収縮ひずみの予測式を提案することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究では、セメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 ）、細骨材は千葉県木更津産山砂（FM2.67、表乾密度 2.61g/cm^3 、吸水率 1.50%）、粗骨材は埼玉県両神産砕石 2005（表乾密度 2.70g/cm^3 、吸水率 0.49%、実積率 61.9%）、混和剤はリグニンスルホン酸系 AE 減水剤およびポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を使用した。

コンクリートの配合条件を表 1 に示す。

表 1 コンクリートの配合条件

記号	単位 セメント量 (kg/m^3)	W/C (%)	s/a (%)	スランプ 又は スランプ フロー (cm)	空気量 (%)
N28	280	56.1	42.6	18	4.5
N36	360	44.4	41.9		
N42	420	38.1	48.1	50	3.0

N28 は AE 減水剤、N36、N42 は高性能 AE 減水剤を使用

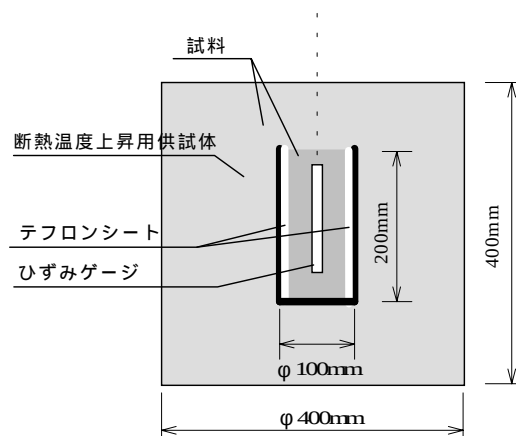


図 1 測定方法

2.2 試験方法

自己収縮ひずみは、断熱温度上昇測定用試験体の内部中心に $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の無応力容器（内部にテフロンシートを貼付）と埋め込みゲージ（KM-100HB）を設置し、断熱温度上昇試験と同時に測定した。断熱温度上昇量が一定値に収束した後は温度を 20°C まで下降させて測定した。また、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ サミットモールド（内部にテフロンシートを貼付）に埋め込みゲージを設置し、 20°C 一定条件下での自己収縮ひずみも同時に測定した。

自己収縮ひずみの算定は、測定される総ひずみから温度変化量に熱膨張係数 $10.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ を乗じた膨張ひずみを差し引いた値とした。また、自己収縮ひずみの起点を把握するために 20°C での凝結試験を実施し、得られた結果を有効材齢に整理し、断熱状態での凝結始発時間を算出した。

キーワード：断熱温度上昇、自己収縮、予測式

連絡先：〒368-8504 埼玉県秩父郡横瀬町大字横瀬 2270 番地 TEL 0494-23-7209 FAX 0494-23-7439

3. 実験結果と考察

3.1 結果

図2に、断熱温度上昇量を示す。断熱温度上昇量の終局値は、単位セメント量が大きいほど大きくなった。

図3に、自己収縮ひずみの経時変化を示す。自己収縮ひずみの終局値は、単位セメント量が大きいほど大きくなった。断熱状態での自己収縮ひずみは、有効材齢20日までにほぼ終局値に達し、その後の変化は殆ど見られなかった。20一定条件下の自己収縮ひずみの終局値は、断熱状態での場合とほぼ同等となるが、若材齢の自己収縮速度が小さくなった。

図4に、自己収縮ひずみの JCI 予測式から求まる値（以下 JCI 予測値）と断熱状態での実測値の比較を示す。断熱状態での実測値は JCI 予測値よりも大きく、若材齢での自己収縮速度も大きくなった。

3.2 予測式の提案

温度履歴をとまなう場合の自己収縮ひずみを式1で予測することを考える。

断熱状態での自己収縮ひずみの実測値を式1で近似する。得られたそれぞれの定数について、単位セメント量（Cem）から求まる終局値（ $\epsilon_{C0\infty}$ ）は式2で、自己収縮速度定数（a, b）はそれぞれ式3, 4で評価する。図6に示すように、本提案式を採用することで有効材齢 t における自己収縮ひずみを求めることが可能となる。なお、本提案式は普通ポルトランドセメントに適用される。

$$\epsilon_{C0}(t) = \epsilon_{C0\infty} \cdot \beta(t) = \epsilon_{C0\infty} (1 - \exp(-a \cdot t^b)) \quad \dots \text{式1}$$

$$\epsilon_{C0\infty} = 13.94 \exp(6.8 \times 10^{-3} \cdot \text{Cem}) \quad \dots \text{式2}$$

$$a = 0.093 \exp(4.0 \times 10^{-3} \cdot \text{Cem}) \quad \dots \text{式3}$$

$$b = 0.824 \exp(-0.8 \times 10^{-3} \cdot \text{Cem}) \quad \dots \text{式4}$$

図5参照

ここに、

$\epsilon_{C0}(t)$ ：有効材齢 t における自己収縮ひずみ（ $\times 10^{-6}$ ）

$\epsilon_{C0\infty}$ ：自己収縮ひずみの終局値（ $\times 10^{-6}$ ）

t：有効材齢、Cem：単位セメント量（ kg/m^3 ）

a, b：自己収縮速度定数

4. まとめ

温度応力解析において自己収縮応力の予測は重要である。本研究では、断熱状態での自己収縮ひずみを測定し、その予測式を提案した。

本試験方法および本提案式を採用することで、温度履歴をとまなう場合の自己収縮ひずみの挙動を従来よりも実構造物に近いもので予測することが可能となる。

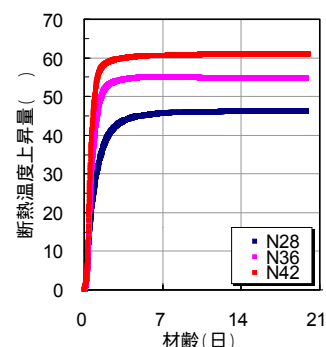


図2 断熱温度上昇量

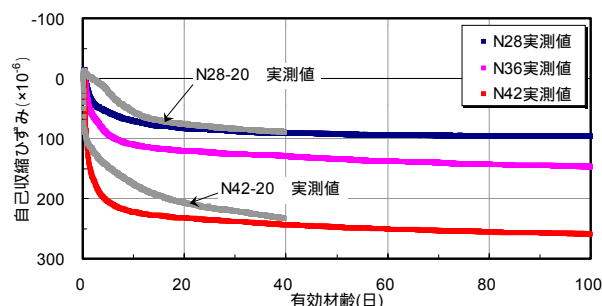


図3 自己収縮ひずみの経時変化

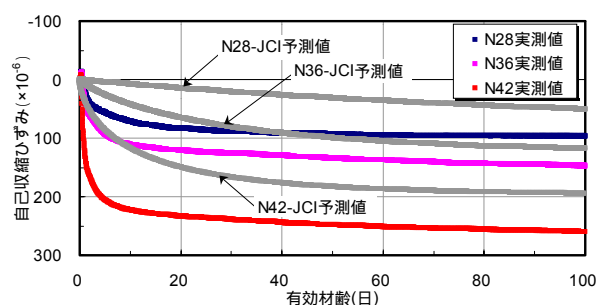


図4 自己収縮ひずみの JCI 予測値と断熱状態での実測値

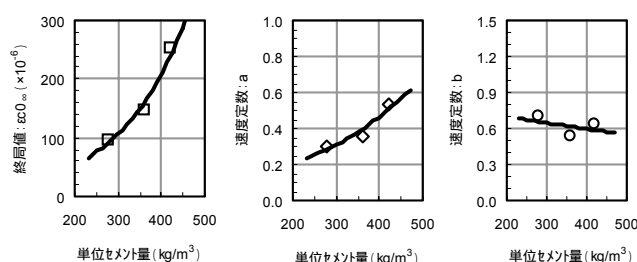


図5 終局値（ $\epsilon_{C0\infty}$ ）、速度定数（a, b）と単位セメント量の関係

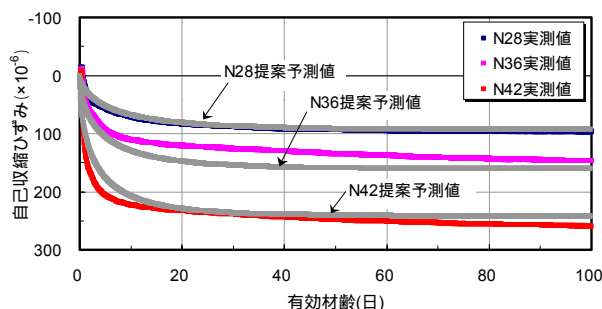


図6 自己収縮ひずみの式1から求まる値と断熱状態での実測値

<参考文献>（社）日本コンクリート工学協会：自己収縮研究委員会報告書、1996.11