

膨張材のひび割れ抑制効果に関する計測結果と解析的評価手法についての検討

清水建設(株) 正会員 ○宮田佳和 西岡真帆
 清水建設(株) 正会員 金谷彰彦 小川正博

1. はじめに

コンクリートの温度ひび割れは、構造物に要求される耐久性や水密性等の性能を損なう恐れがある。このため、ひび割れ制御に膨張材が用いられるケースが多いが、膨張材の効果を精度よく解析的に評価するまでには至っていないのが現状と考えられる。

本検討では、実構造物において行った計測値や各種物性試験値を基に、温度応力に対して事後解析を行い、膨張材の効果を解析的に評価する手法について検討した。

2. 計測概要

計測器の設置位置を図-1に示す。計測項目は温度、有効応力、実ひずみ(ひずみ計のひずみ)および無応力ひずみ(無応力計のひずみ)であり、計測位置は事前解析により温度および応力が最大となる位置とした。また、同配合の圧縮強度、割裂引張強度、静ヤング係数、自己収縮ひずみ(膨張材あり・なし)を、供試体を用いた物性試験で確認した。なお、自己収縮ひずみ試験(JCI-SQA4)は構造物の内部と同じ温度履歴を与え、無拘束で実施した。

3. 計測結果

3.1. 計測結果の概要

コンクリート温度の計測結果と有効応力計による応力計測結果を図-2に示す。打込み温度は33.4℃、最高温度は69.4℃、温度上昇量は36.0℃、最大引張応力は0.5N/mm²程度であった。

3.2. 計測値に基づいた諸物性の評価

(1) クリープひずみによる応力緩和の効果

計測された実ひずみと無応力ひずみとの差を拘束ひずみと定義し、拘束ひずみと有効応力の関係から有効ヤング係数¹⁾(クリープによる応力緩和を考慮したヤング係数)を求めた。この有効ヤング係数を静ヤング係数で除すことでクリープの影響による補正係数φを求めることができる。この補正係数を図-2に示すA(圧縮応力増加領域)、B(圧縮応力減少領域)お

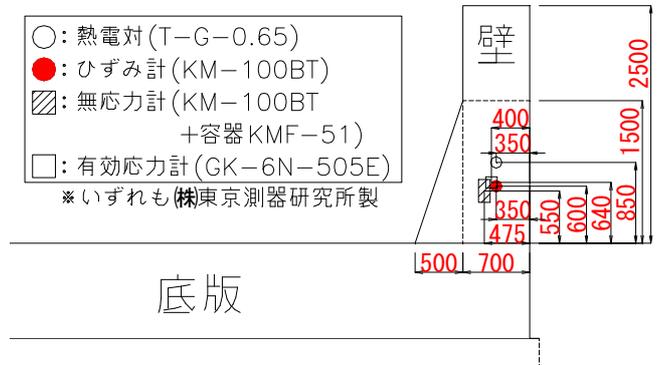


図-1 計測器設置位置図

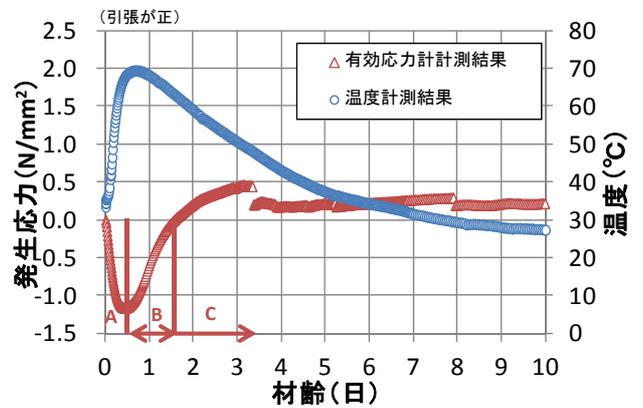


図-2 温度および有効応力の計測結果

表-1 各区間の補正係数

区間及び材齢	補正係数(φ)
A:圧縮応力増加区間(~0.565日)	0.260
B:圧縮応力減少区間(0.565~1.70日)	0.793
C:引張応力増加区間(1.70日~)	0.227→0.650

よびC(引張応力増加領域)の区間に分け、各々の区間での平均値を求めた結果を表-1に示す。既往の研究¹⁾(膨張材なし)では、補正係数は圧縮応力増加区間、引張応力増加区間で0.6~0.7程度、圧縮応力減少区間で1.0程度であることも考慮し、本検討ではC区間の補正係数を0.650と設定した。

(2) 線膨張係数の評価

本検討では材齢の影響を考慮し、式(1)²⁾を用いて線膨張係数を評価した。

$$\alpha(t) = A + B \times \exp\{-(t-t_0)/C\} \quad (1)$$

ここで、α(t):材齢t日における線膨張係数、A:

キーワード 温度ひび割れ, 線膨張係数, 膨張材, マスコンクリート, 有効ヤング係数

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦1丁目2-3 シーバンスS館 清水建設(株) TEL03-5441-0559

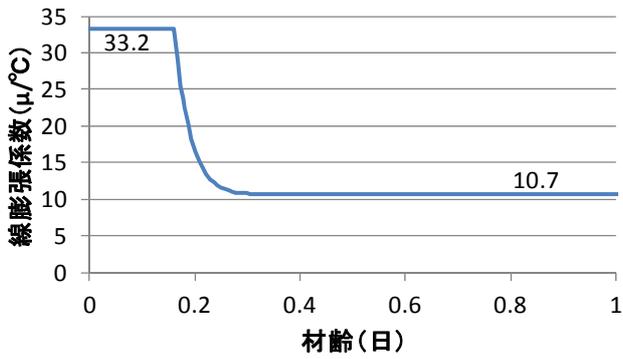


図-3 線膨張係数の経時変化

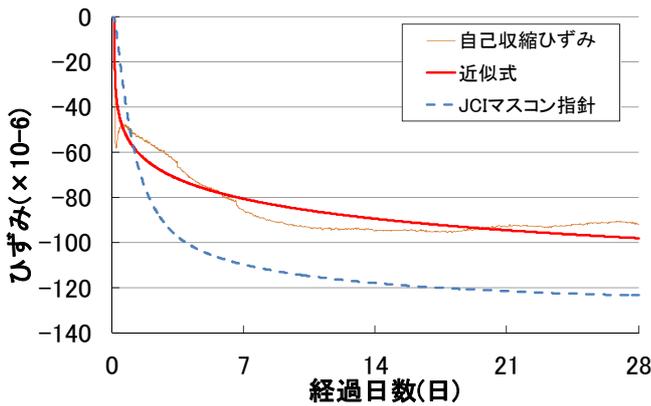


図-4 自己収縮ひずみ算定結果

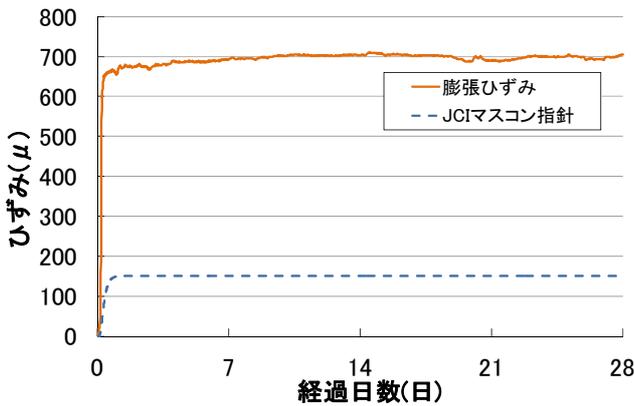


図-5 膨張ひずみの算定結果

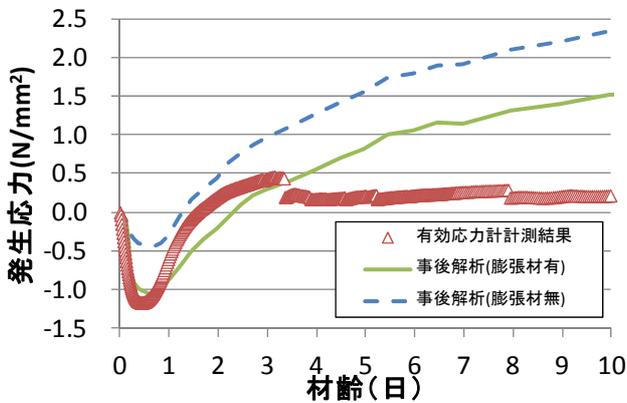


図-6 FEMによる応力解析結果

凝結終了後の線膨張係数, t_0 :始発時間(日), B, C: 定数でそれぞれ 22.53, 0.107.

なお, 始発時間以前は $\alpha(t) = \alpha(t_0)$ で一定とした. 設定した線膨張係数を図-3 に示す.

(3) 自己収縮ひずみの評価

室内試験で計測されたひずみには温度ひずみも含まれているため, 自己収縮ひずみは, 温度ひずみ(線膨張係数×温度変化)を差し引いて評価した. 自己収縮ひずみの算定結果を図-4 に示す. 図には JCI のマスコン指針³⁾による標準値と算定結果の近似式も併記する.

(4) 膨張材による膨張ひずみの評価

図-5 に膨張ひずみの算定結果を示す. 膨張ひずみは自己収縮ひずみ試験の測定値について膨張材ありと膨張材なしの差として評価した. 試験結果は, 標準値に比べ大きくなっている.

3.3. 計測結果の事後解析

前節より得られた諸物性の算定値をパラメータとして行った三次元有限要素法による応力解析結果を図-6 に示す. 解析では自己収縮ひずみは近似式の値を用い, 膨張ひずみは算定値を用いた. 図には比較のため膨張材を用いない場合の解析結果も示す. これより, 材齢3日目で計測値が急変(ひび割れ発生と考えられる)するまでは, 解析における発生応力は比較的良く一致しており, 膨張材無しの場合に比べて引張応力が低減されている結果となった.

4. まとめ

- ① 実構造物での計測や各種物性試験の結果を反映した解析を実施し, 膨張材のひび割れ抑制効果を解析的に評価した.
- ② 材齢の影響を考慮した線膨張係数を用いることで解析精度が向上する.

【参考文献】

- 1) 徳永法夫, 鈴木 威, 江渡正満, 安本礼持: 開削トンネルマスコンクリートの温度ひび割れ制御に関する実験および解析的検討, コンクリート工学論文集, vol.13, No.2, pp.79-88, 2002
- 2) 丁 海文, 河野広隆, 渡辺博志, 佐藤重一: 高強度コンクリートの線膨張係数に関する研究, コンクリート工学年次論文集, vol.22, No.2, pp.955-960, 2000
- 3) (社)日本コンクリート工学会: マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008, 2008