

膨張コンクリートによる温度ひび割れ低減効果の簡易評価

太平洋セメント(株) 正会員 ○三谷 裕二
 正会員 石井 祐輔
 正会員 谷村 充

1. はじめに

近年, 3次元有限要素法を用いた温度応力解析(3D-FEM解析)の結果に基づいて, 材料・配合や構造物の形状・寸法などに関するいくつかの条件から温度ひび割れのリスクを簡易的に評価する方法が提案されている^{1), 2), 3)}。しかしながら, これらの簡易法の中で, 膨張コンクリートを適用した場合の効果を評価できるものはないのが実状である。

本研究では, 壁状構造物を対象に, 膨張コンクリートと膨張材を使用しないコンクリート(普通コンクリート)の3D-FEM解析を行い, 膨張コンクリートによる温度ひび割れ低減効果の簡易評価式を検討した。

2. 解析の概要

解析モデルを図-1に示す。既設底版上に打設される壁状構造物とし, 対称性を考慮して1/4モデルとした。

単位セメント量 $250 \sim 320 \text{ kg/m}^3$, コンクリートの打込み温度 $5 \sim 30^\circ\text{C}$, 壁厚 $1 \sim 4 \text{ m}$, 部材の長さや部材の高さの比 $1 \sim 10$, 地盤のヤング係数 $20 \sim 5000 \text{ N/mm}^2$ の範囲内で変化させて組み合わせた33ケースを設け, 各ケースについて, セメントに普通セメント(NC), 早強セメント(HC), 高炉セメントB種(BB), 中庸熱セメント

(MC), 低熱セメント(LC)を用いた普通コンクリート, および膨張コンクリート(単位膨張材量 20 kg/m^3 想定)の温度応力解析を行った。

解析条件を表-1に示す。膨張コンクリートの膨張ひずみ, 断熱温度上昇特性, 強度特性など, 表中に記載のないものには「マスコンクリートのひび割れ制御指針2008」¹⁾の設計用値を使用した。

3. 解析結果および簡易評価式の検討

最小温度ひび割れ指数の解析結果の一例を図-2に示す。いずれのセメント種類, 解析ケースにおいても, 膨張コンクリートの温度ひび割れ指数($I_{\text{cr,EX}}$)は普通コンクリートの温度ひび割れ指数($I_{\text{cr,PL}}$)より大きかった。そこで, 膨張コンクリートの効果を温度ひび割れ指数比($I_{\text{cr,EX}}/I_{\text{cr,PL}}$)で表し, 解析で変更した因子を用いて重回帰分析を行った。分析の結果, 全てのセメント種類において, 地盤のヤング係数は回帰係数としての有意性が低かったため, 説明因子から除くこととし, 式(1)を用いて温度ひび割れ指数比の回帰式を求めた。各セメントの回帰係数を表-2に示す。重相関係数は, NC:0.84, HC:0.82, BB:0.86, MC:0.88, LC:0.87であり, いずれのセメントについても, 比較的高い相関性が得られた。したがって, 本検

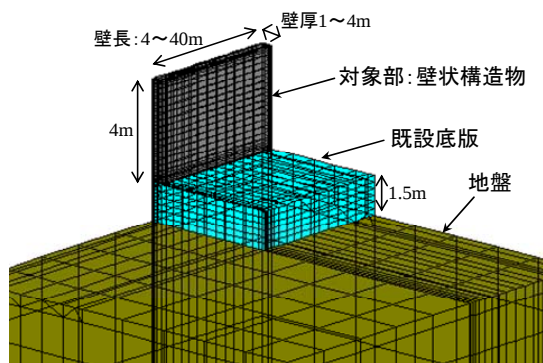


図-1 解析モデル (1/4モデル)

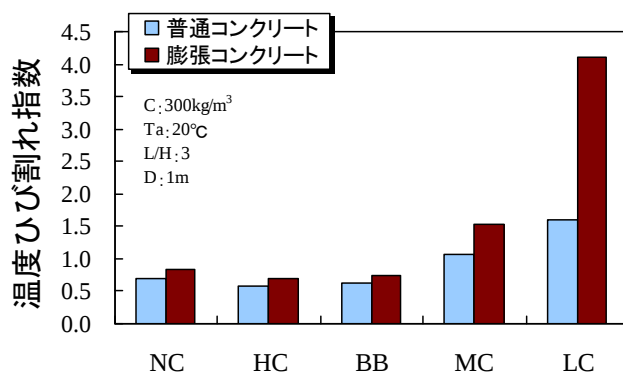


図-2 解析結果の一例

表-1 解析条件

項目	条件
水セメント比	55%
熱伝導率	$2.7 \text{ W/m}^\circ\text{C}$
比熱	$1.15 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$
ポアソン比	0.2
外気温	コンクリートの打込み温度から 5°C 減じた値(一定)
熱伝達境界	材齢7日まで: $8 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ (合板型枠) 材齢7日以降: $14 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

表-2 回帰係数

セメント種類	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
NC	-0.00046	-0.00155	-0.00370	-0.0653	1.462
HC	-0.00058	0.00030	-0.00257	-0.0506	1.461
BB	-0.00061	-0.00221	-0.00245	-0.0833	1.525
MC	-0.00168	-0.01162	-0.00950	-0.2858	2.559
LC	-0.00894	-0.03048	0.09310	-1.146	6.659

キーワード: 膨張コンクリート, マスコンクリート, 温度ひび割れ指数, 簡易評価式, 重回帰分析

〒285-8655 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL043-498-3804

討の範囲内において、式(1)による温度ひび割れ指数比により、膨張コンクリートの温度ひび割れ低減効果がある程度良い精度で推定できることが確認できた。

$$I_{cr,EX}/I_{cr,PL}=a_1\cdot C+a_2\cdot T_a+a_3\cdot (L/H)+a_4\cdot D+a_5 \quad (1)$$

ここに、C：単位セメント量(kg/m³)、T_a：コンクリートの打込み温度(℃)、L/H：部材の長さ部材の高さの比、D：壁厚(m)、a₁ a₂ a₃ a₄ a₅：回帰係数

セメント種類ごとの式(1)により推定した温度ひび割れ指数比と 3D-FEM 解析の結果による温度ひび割れ指数比の関係(凡例:◆)を図-3 に示す。図中には、式(1)に表-3 に示す値を乗じた場合の推定値と 3D-FEM 解析による結果の関係(凡例:●)を併記しているが、ほぼ全てのデータにおいて、推定値が 3D-FEM 解析から求めた結果を下回っている。すなわち、式(1)の回帰式に表-3 の低減比を加味することにより、膨張材の効果安全側に評価できると考えられる。

4. まとめ

壁状構造物を対象に、膨張コンクリートおよび普通コンクリートの 3D-FEM 解析を行い、両者の温度ひび割れ指数の関係を検討することにより、膨張コンクリ

ートの温度ひび割れ指数を簡易に推定する式を提案した。

今後は、さらに多くのケースで解析を行い、本評価式の適用範囲を精査・拡充するとともに、実構造物への適用性を検証する予定である。

【参考文献】

- 1) 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
- 2) 日本建築学会：マスコンクリートの温度ひび割れ制御設計・施工指針（案）・同解説，2008
- 3) 藤森勇希ほか：温度応力に及ぼす影響要因に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.30，No.2，pp.139-144，2008

表-3 回帰式に乘じた低減比

セメント種類	低減比
NC	0.95
HC	0.95
BB	0.95
MC	0.85
LC	0.70

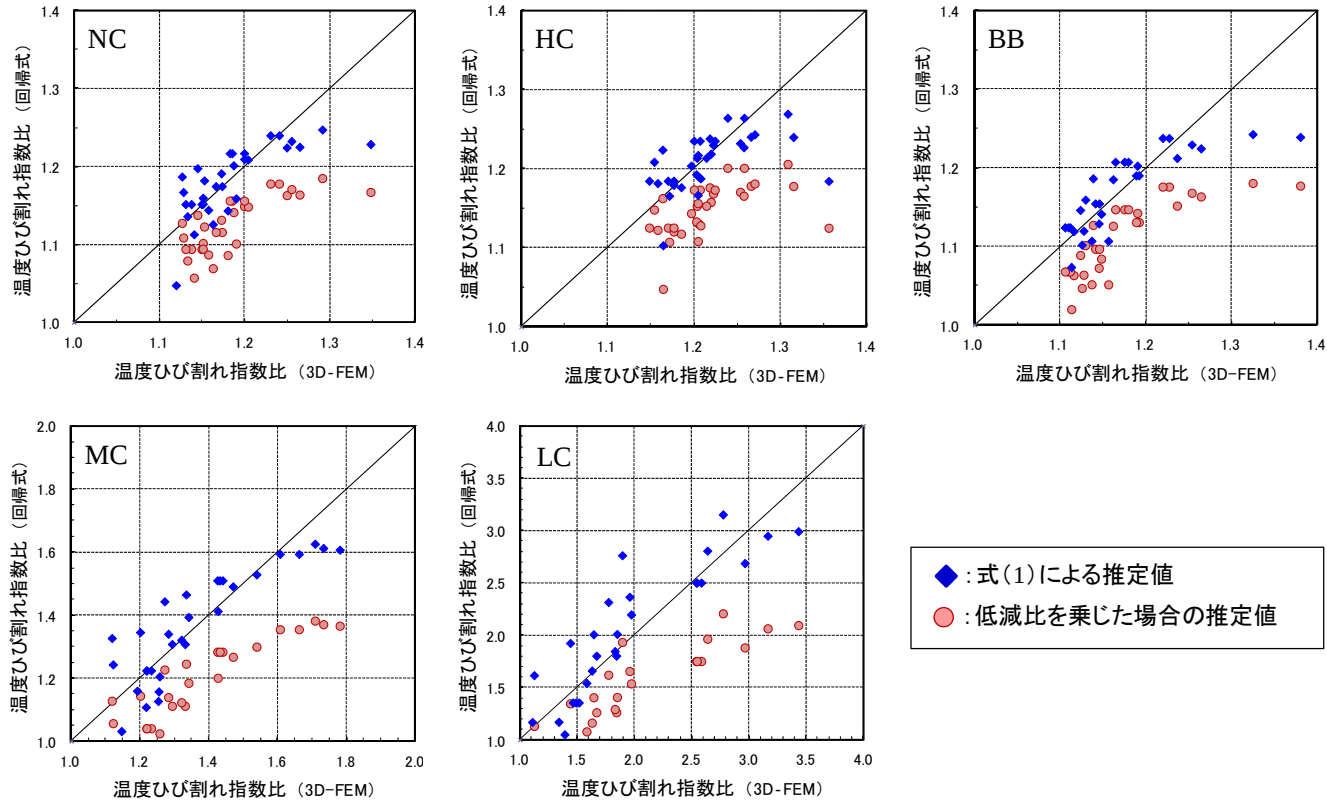


図-3 回帰式による温度ひび割れ指数比と 3D-FEM による温度ひび割れ指数比の関係