

膨張材による壁体構造物のひび割れ防止効果の解析手法の検討

株式会社 奥村組 技術研究所 正会員 ○東 邦和
 株式会社 奥村組 技術研究所 正会員 中村敏晴
 株式会社 奥村組 技術研究所 増井 仁
 名古屋工業大学大学院工学研究科 正会員 梅原秀哲

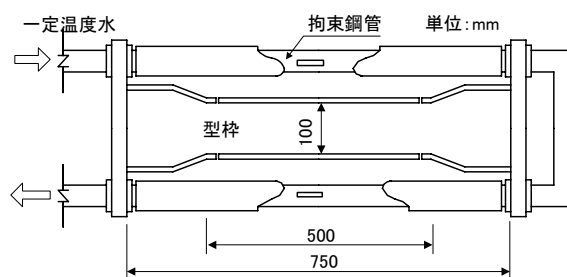
1. はじめに

ひび割れ防止対策として膨張コンクリートを適用する場合には、効果の大きさを適切に評価することが必要である。本研究は FEM 解析モデルを用いて膨張コンクリートの応力履歴を解析し、ひび割れ防止効果を検討することを目的としている。膨張量は拘束度およびコンクリートの温度変化に影響されるので、拘束度および温度条件を変えた拘束膨張試験を実施し、その結果から有効ヤング係数補正係数の大きさと有効な膨張量を設定した。その設定値を壁体構造物モデルに適用して補正係数の大きさによる応力を算定し、膨張材の効果を検討した。

2. 拘束膨張試験による解析定数

2.1 拘束膨張試験

拘束試験装置は、JIS 原案「コンクリートの水和熱による温度ひび割れ試験方法（案）」に準拠した。拘束試験装置を図-1に示す。拘束条件は4水準、温度条件は実構造物を想定した温度履歴を FEM 解析により計算して高低の2水準を与えた。膨張コンクリートの配合は、普通ポルトランドセメントを用い水結合材比 55%，単位セメント量 272kg/m^3 ，膨張材量 30kg/m^3 であり、カルシウムサルフォアルミネートを主成分とした膨張材を使用した¹⁾。



4種類の拘束度を設定した。

- ①拘束度 0.78 (各々ヤング係数比 10 の場合)
- ②拘束度 0.70
- ③拘束度 0.46 JIS 原案準拠
- ④拘束度 0.29

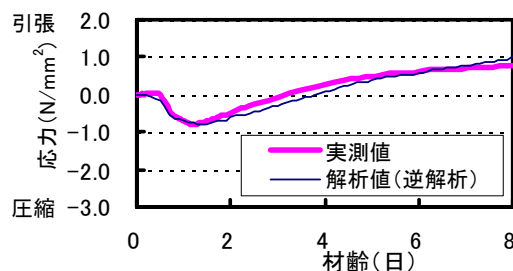
図-1 拘束試験装置

2.2 解析方法と拘束度による補正係数の算出

拘束と温度履歴を拘束試験体の解析モデルに与えて、測定応力履歴との間に逆解析を適用し初期の有効ヤング係数補正係数の大きさを同定解析した。解析におけるコンクリートの圧縮強度と材齢の関係および有効ヤング係数は、土木学会コンクリート標準示方書に準拠した。本解析では、すべてのケースで鋼管およびコンクリートの線膨張係数は $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ としている。

膨張コンクリートの拘束膨張試験結果と解析結果の比較を図-2に示す。ここでは膨張材のないコンクリートを NP、膨張コンクリートを NE と表す。有効ヤング係数の補正係数 (ϕ)

を、拘束度 0.70 および 0.46 の両方の応力履歴データを同時に用いて算定した結果、温度ピーク材齢 1.2 日までの値として NP で $\phi = 0.34$ ，NE で $\phi = 0.49$ の値を得た。これらは、拘束度として中位の値である。4水準の拘束膨張試験の応力測定結果を用い、各々の拘束度について ϕ を算定した結果を図-3に示す。NE の補正係数 ϕ は NP より大きい値となった。NE の初期の有効ヤング係数補正係数が NP より大きいことにより、膨張コンクリートの圧縮応力部分の挙動を評価することができると考えられる。また、拘束度が小さくなると補正係数 ϕ も小さくなる。また、温度履歴が低の場合は高よりも補正係数 ϕ が小さい結果が得られた。



NE 拘束度 0.70 $\phi = 0.49$

図-2 応力測定値と解析値の比較

キーワード：マスコンクリート、膨張コンクリート、温度応力解析、拘束膨張、ひび割れ

連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387 (株)奥村組 技術研究所 TEL029-865-1521 FAX029-865-1522

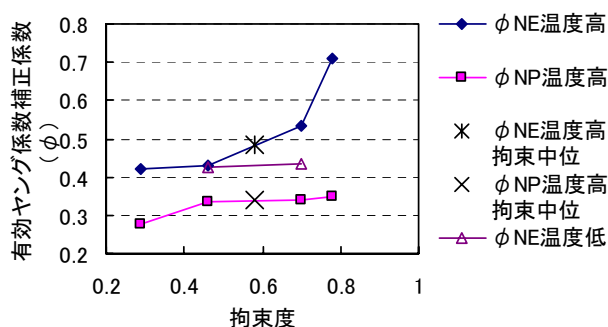


図-3 拘束度と有効ヤング係数補正係数

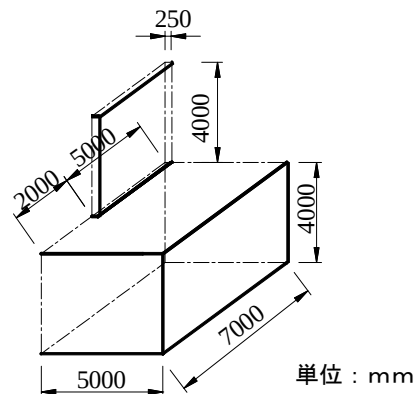


図-4 壁体構造物解析モデル（1/4モデル）

表-1 解析に用いた物性値

項目	入力値
初期温度 (°C)	20
比熱 (kJ/kg°C)	1.15
熱伝導率 (W/m°C)	2.70
密度 (kg/m³)	2300
熱伝達率 (W/m²°C)	14 (型枠面)
断熱温度上昇式	$Q_{\infty}46.0, \gamma 1.425$

3. 壁体構造物の解析

前項では膨張材の効果の有効ヤング係数補正係数 ϕ の大きさを評価したが、ここではもう一つの方法として NP の ϕ を基準としてさらに、膨張ひずみを付加する方法を用いる。壁体モデルで膨張ひずみを与える場合に ϕ の大きさを変えた時の応力の違いを FEM 解析で算出する。解析においては膨張ひずみの大きさは要素圧縮応力に依存するとして、双曲線式を用いた数値モデルにより膨張ひずみを低減している。解析対象構造物と寸法を図-4に示す。壁の厚さは 500mm である。解析に用いた物性値を表-1に示す。 $\phi=0.4, 0.5, 0.6, 0.7$ （温度ピーク材齢 1.26 日まで）とし、JIS 拘束膨張試験より得た 184×10^{-6} の膨張ひずみを与えている。図中の膨張なしは $\phi=0.34$ とし膨張ひずみなしで計算した NP のケースである。

解析結果は最もひび割れの生じやすい断面中央で底版から 500mm の高さの位置で評価した。補正係数の大きさによる応力の算出結果を図-5に示す。応力は $\phi=0.7$ の場合に圧縮で -0.89N/mm^2 、引張最終値 1.73N/mm^2 となった。本解析では圧縮応力は ϕ による変動が生じているが、ひずみ低減により最終の引張応力の変動に及ぼす影響は小さい結果となっている。

$\phi=0.34$ として NE と NP の解析による壁厚中心でのひび割れ指数を図-6に示す。NE の場合はひび割れ指数の小さい領域が縮小しており、収縮低減効果が示されている。

4. まとめ

本研究の範囲内で次の結果が得られた。

膨張材を用いたときの有効ヤング係数補正係数 ϕ は、膨張材なしと比べて大きくなる。また、膨張材なしの ϕ を用いて、その上に要素応力により低減した膨張ひずみを与える手法により膨張材を添加した場合の応力履歴を解析できる可能性がある。拘束の大きさと ϕ の値の関係は、解析に与える膨張ひずみと組み合わせて適切な範囲を設定することが考えられる。

参考文献 1) 東 邦和ほか：膨張材によるマスコンクリート

構造物ひび割れ対策としての効果の検討，セメントコンクリート論文集，No.57，pp. 193-200，2003

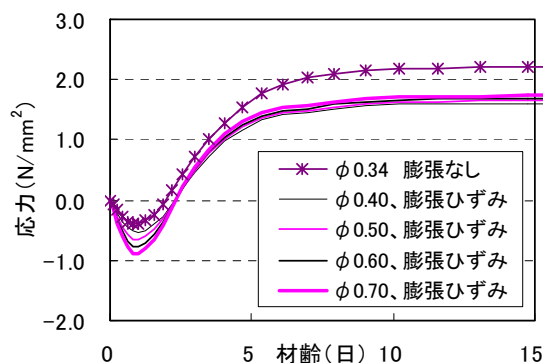


図-5 有効ヤング係数補正係数と解析応力

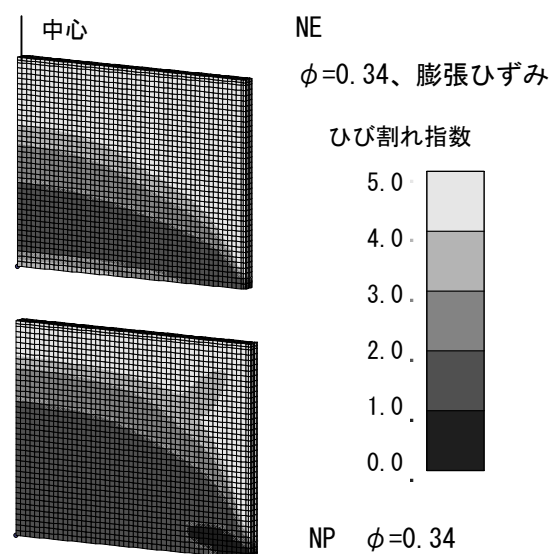


図-6 ひび割れ指数解析結果（1/4モデル）