

膨張材によるボックスカルバート構造物のひび割れ防止効果の検討

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 増井 仁
 茨城県 県南都市建設事務所 宇野光義
 株式会社奥村組 東京支社 芳野康二
 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。適用した実構造物は、底版厚さ 1.2m、側壁厚さ 0.9m、上床版厚さ 1.0m とマッシュブなボックスカルバート構造物である。解析モデルを図-1 に示す。

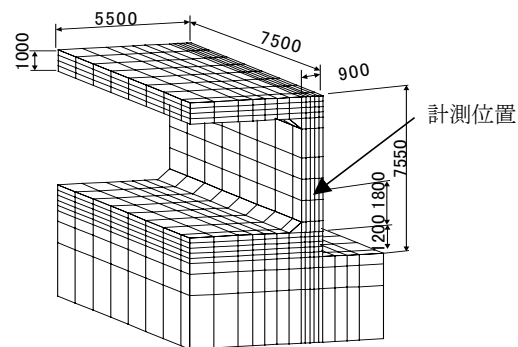


図-1 解析モデル (1/4 モデル)

2. 拘束膨張試験による解析定数

2.1 拘束膨張試験

膨張コンクリートの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。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-2 に示す¹⁾。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与えた。

拘束鋼管（4 本）外径 42.7mm
 内径 39.4mm 合計断面積 851mm²

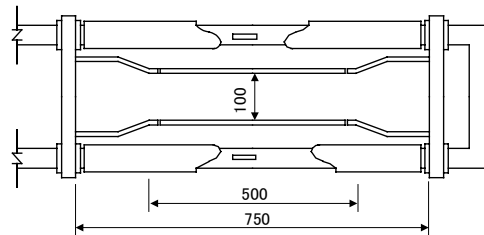


図-2 拘束試験装置

2.2 拘束膨張試験結果と解析方法

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-3 に示す。温度および応力履歴を FEM 解析モデルに与え、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と膨張量の大きさを同定した。解析におけるコンクリートの圧縮強度と材齢の関係は、土木学会コンクリート標準示方書に準拠した。また、有効ヤング係数 E_c は、標準示方書の式（1）を基本として用いた。

$$E_c(t) = \phi(t) \cdot 4.7 \times 10^3 \sqrt{f'_c(t)} \quad (1)$$

ここに $\phi(t)$: 有効ヤング係数の補正係数

$f'_c(t)$: 材齢 t 日の圧縮強度(N/mm²)

有効ヤング係数の補正係数は逆解析を用いた同定により、ここではコンクリートの温度ピーク材齢 1.2 日までの値として $\phi=0.34$ を得た。材齢 5 日以降は $\phi=1.0$ とし、その間を直線補間している。

3. 実構造物への適用

3.1 計測結果

計測器は打設ブロックの中心の断面に設置した。膨張コンクリ

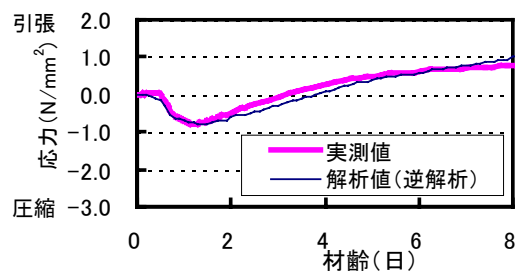


図-3 応力測定値と解析値の比較

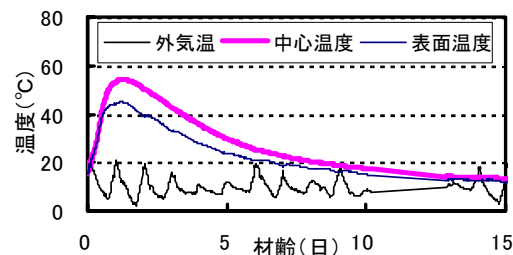


図-4 コンクリートの温度測定値

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

ートは、普通ポルトランドセメントを用い水結合材比 56.5%，単位セメント量 246kg/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．コンクリート温度および応力の測定値を図－4，5に示す．有効応力計により測定したコンクリートの応力は，膨張材を用いないものでは圧縮側ピークは 0.34N/mm^2 となり，引張側では 0.85N/mm^2 になった時点でひび割れが生じた．膨張コンクリートは，圧縮側ピークは 0.82N/mm^2 ，引張側では 0.86N/mm^2 でひび割れが生じた．膨張コンクリートは初期の圧縮力が導入されており，ひび割れ発生時期を材齢 8 日まで遅らすことができた．

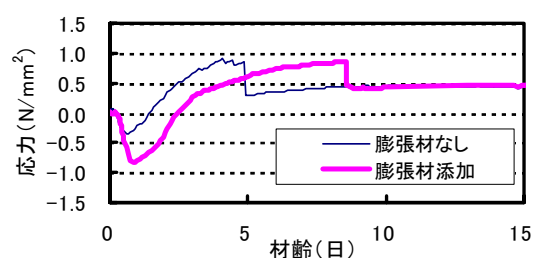
3.2 解析結果との比較

解析に用いた物性値を表－1に示す．膨張材なしで $\phi=0.34$ および $\phi=0.73$ とした場合の応力の解析値を図－6に示す． $\phi=0.34$ では，材齢 5 日で引張応力度 1.0N/mm^2 に達しており，実測値と整合している．膨張コンクリートの解析では，JIS 拘束膨張試験の結果から基本膨張量を 184×10^{-6} に設定した．膨張量の拘束度による変化を検討するため，ここでは，膨張量の大きさは拘束力に依存するとして，双曲線パラメータを用いた数値モデルにより膨張量を低減した．解析ステップにおいて膨張量の増分を，要素応力度に従って低減し逐次計算する．拘束応力により低減された膨張ひずみの解析結果を図－7に示す．ひずみ増分低減量は圧縮応力ピーク時において約 0.4 倍の値であり，最終ひずみは 87×10^{-6} となっている．ここでは，拘束のない引張側では低減していない．解析結果の比較を図－8に示す．従来の解析方法により基本膨張ひずみを与えて，有効ヤング係数の補正係数 $\phi=0.73$ を用いて計算した結果は，全体に大きく圧縮側にシフトしている． $\phi=0.34$ として膨張ひずみを与えた結果は最終の応力度の値が改善されている．低減した結果は，全体に引張側に移動している．圧縮側は低減しない方が実測値に近いが，引張側は低減した方が実測値に近い．解析結果の圧縮ピークまでの応力は，膨張量の低減量の大きさに比べて，ヤング係数の小さい部分であり，大きくは変わらない．圧縮ピーク以降の解析においては膨張量を過大に見積もらないためにも，応力による低減の必要なことを示している．

4. まとめ

膨張材の実構造物への効果を検討するため，コンクリートの有効ヤング係数の補正係数と膨張試験結果を与え，解析プログラムにより拘束に応じて低減した膨張量を算出して応力履歴を解析した．本構造物においては，膨張材の効果を表わすことができる可能性があることを確認した．拘束度と温度履歴による膨張量の大きさは，拘束膨張試験により今後さらに多くのデータを得て検討したい．

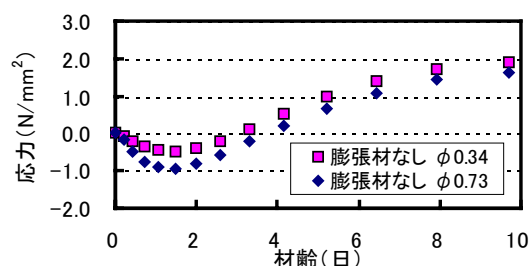
参考文献 1) 保利彰宏，玉木俊之，萩原宏俊：膨張材を添加したコンクリートの物理的性状に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21, No.2, 1999



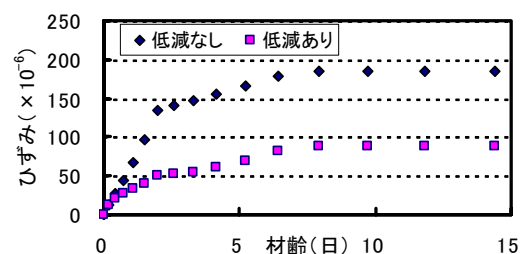
図－5 コンクリートの応力測定値

表－1 解析に用いた物性値

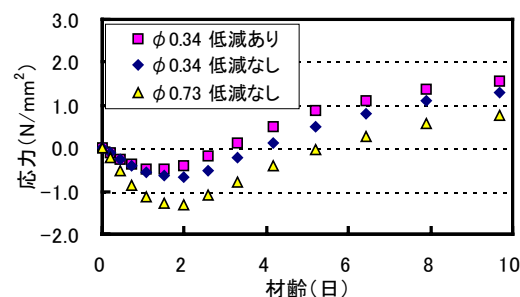
項目	入力値
初期温度	20℃
比熱 (kJ/kg℃)	1.15
熱伝導率 (W/m℃)	2.70
密度 (kg/m³)	2300
熱伝達率 (W/m²℃)	14 (型枠面)
断熱温度上昇式	$Q_{\infty}46.0, \gamma 1.425$



図－6 膨張材なしの場合の応力解析値



図－7 解析に用いた膨張ひずみ



図－8 膨張材添加の場合の応力解析値