

膨張材によるボックスカルバート構造物の収縮低減効果の解析検討

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 正会員 増井 仁
 名古屋工業大学大学院工学研究科 フェロー会員 梅原秀哲

1. はじめに

膨張コンクリートの効果の大きさを評価するために、FEM 解析に初期の有効ヤング係数補正係数と膨張ひずみを与える方法を提案している¹⁾。構造物中の膨張ひずみの大きさは拘束度と拘束方向との角度により異なることから、解析モデルのそれぞれの軸方向圧縮応力によって低減する方法を適用した。解析に与える膨張ひずみの値は、膨張試験から設定している。ここでは双曲線式による低減式の係数をパラメトリックに解析し、ボックスカルバート構造物での実測値と解析値を比較して、低減係数の値と膨張材の効果を検討した。

2. ボックスカルバートへの適用

2.1 計測結果

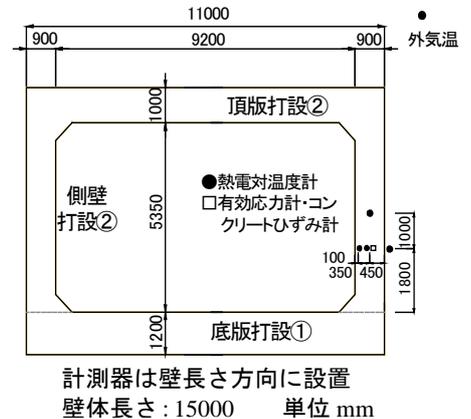
適用した構造物は、底版厚さ 1.2m、側壁厚さ 0.9m、上床版厚さ 1.0m のボックスカルバートである。膨張コンクリートは、普通ポルトランドセメントを用い水結合材比 56.5%、単位セメント量 246kg/m³、膨張材量 30kg/m³ (通常添加型タイプ R) を使用した。ボックスカルバート施工ブロックにおいて膨張材を用いたブロックを NE、膨張材のないブロックを NP で示す。NE および NP の打設温度は 20℃、23℃、ピーク温度は 54℃、60℃であった。

計測断面の計器設置位置を図-1 に示す。ひずみ計により計測したコンクリートひずみを図-2 に示す。NE は 314×10^{-6} 、NP は 112×10^{-6} の膨張ひずみを示した。有効応力計により計測した応力を図-3 に示す。NE では、圧縮ピークは -0.82N/mm^2 となり、引張側に移行して 0.86N/mm^2 でひび割れが生じて応力が変動した。NP の応力の圧縮ピークは -0.34N/mm^2 となり、引張側で 0.85N/mm^2 になった時点でひび割れが生じ応力が変動した。ひび割れ本数は NP での 3 本が NE で 1 本に減少した。(図-4)

2.2 解析方法

解析モデルを図-5 に示す。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 E_c は、標準示方書に準拠した。有効ヤング係数補正係数は、材齢 1.26 日までは $\phi = 0.34$ 、材齢 5 日以降は 1.0 とし、その間は線形補間した。双曲線式を用いて、時間軸における膨張ひずみの増分をそれぞれの方向の要素圧縮応力 (σ_i) に従って低減して計算する¹⁾。双曲線

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



計測器は壁長さ方向に設置 壁体長さ:15000 単位 mm

図-1 計測断面の計器設置位置

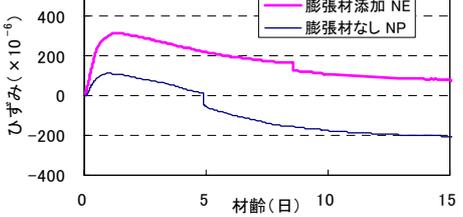


図-2 コンクリートひずみの計測値

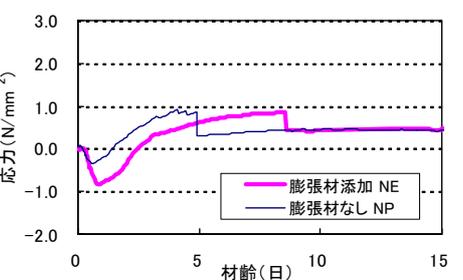


図-3 コンクリート応力の計測値

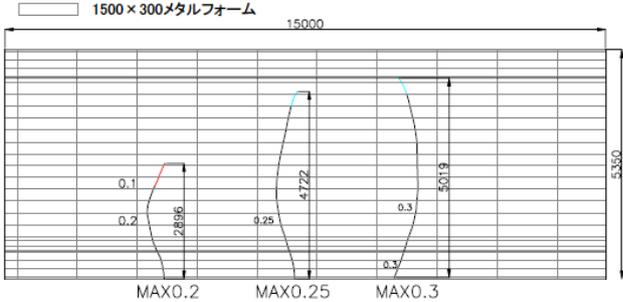


図-4 ひび割れ発生状況 (膨張材なし NP)

式を式(1)に示す。膨張ひずみの拘束圧による低減率を図-6 に示す。

$$\varepsilon_{ci} = (\varepsilon_0 - \varepsilon_f) / (1 + a\sigma_i) + \varepsilon_f \quad (1)$$

ここに、

ε_{ci} : i 方向の膨張ひずみ

ε_0 : 無拘束膨張試験の膨張ひずみ

ε_f : 拘束無限大の膨張ひずみ

a : 拘束圧依存パラメータ

σ_i : i 方向の拘束圧 (N/mm²)

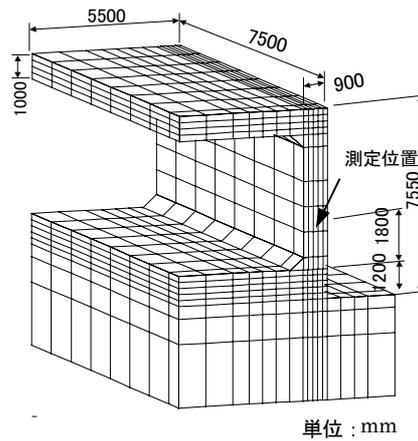


図-5 解析モデル (1/4 モデル)

解析条件を表-1 に示す。無拘束膨張ひずみは膨張試験から得られた $\varepsilon_0 = 700 \times 10^{-6}$ を用いた。解析に用いたひずみを図-7 に示す。双曲線パラメータは $\varepsilon_f / \varepsilon_0 = 0.05$ の一定, $a = 1, 5, 10$ の3ケースとした。

2.3 解析結果の比較

温度の解析結果を図-8 に示す。壁の中心温度のピークはNEで49.3°C (材齢1.26日), NPで52.3°C (材齢1.26日)であり, 測定値より5~7°C低い値となった。

壁長さ方向ひずみの解析結果を図-9 に示す。ひずみピークはNPで 140×10^{-6} (材齢1.42日), NEでは $a=5$ で 326×10^{-6} (材齢1.96日)である。実測値が 314×10^{-6} であるので, $a=5$ の結果が近い値を示した。

壁長さ方向の応力解析結果を図-10 に示す。圧縮応力ピークはNPで -0.46 N/mm^2 (材齢1.26日), NEでは $a=1$ で -0.98 N/mm^2 (材齢1.77日)である。引張側最終値はNPで 2.01 N/mm^2 (材齢14.3日), NEでは $a=1$ で 1.40 N/mm^2 (材齢14.3日)である。

NPの圧縮ピーク解析値は実測値 -0.34 N/mm^2 より少し大きい値となった。NEでは壁長さ方向での低減パラメータの違いによる影響は大きい。NEの圧縮ピーク解析値は実測値 -0.82 N/mm^2 と比較すると $a=1$ と $a=5$ の中間的な値が実測値と近い結果を示した。

3. まとめ

3次元FEM解析モデルを用いて, 要素軸方向圧縮力に応じて双曲線パラメータによる膨張ひずみの低減を与えることによって, 要素軸方向のひずみと応力を解析できる。壁部のひび割れは低減し, 膨張コンクリートによるひび割れ防止の効果を得られた。

[参考文献]

1) 東 邦和, 中村敏晴, 増井仁, 梅原秀哲: 膨張材を用いたマスコンクリートの収縮低減効果の解析手法と構造物適用に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.1277-1282, 2006. 7

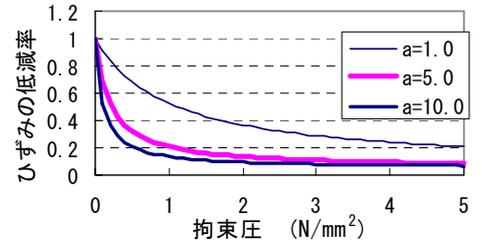


図-6 膨張ひずみの低減率

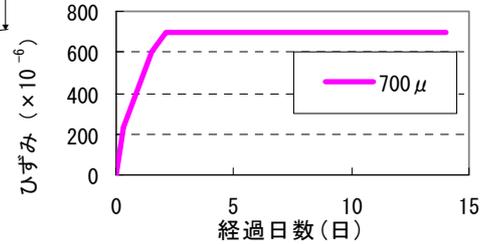


図-7 解析に用いた無拘束膨張ひずみ

表-1 解析条件

項目	使用値
初期温度 (°C)	20 (NE), 23 (NP)
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)	6 脱型後 10
断熱温度上昇式	$Q_{\infty}46.0, \gamma 1.425$

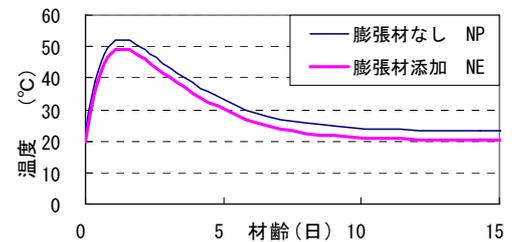


図-8 コンクリート温度解析値

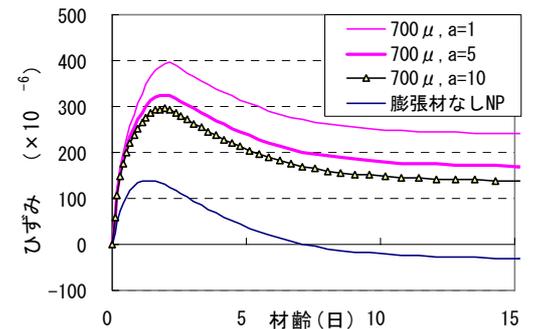


図-9 壁長さ方向ひずみ解析値

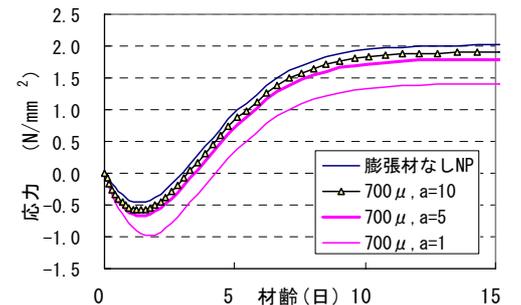


図-10 壁長さ方向応力解析値