

コンクリート床版における膨張材の効果と鉄筋量の関係に関する解析的検討

石川島播磨重工業株式会社

正会員 ○ 師山 裕 正会員 塩永 亮介
正会員 倉田 幸宏 正会員 河野 豊

1 はじめに

膨張材はコンクリート硬化時の膨張により、乾燥によって生ずるコンクリートの収縮を低減する。さらにコンクリートの膨張を鉄筋が拘束することにより圧縮応力（プレストレス）が導入され、ひび割れを防止もしくは抑制するものである。膨張材は主桁等による外部拘束が大きい部位ほどひび割れ低減効果が発揮され、逆に外部拘束が少ない床版張出部といった部位では、導入される圧縮応力は内部鉄筋の拘束に起因するところが多い。今回は橋梁床版を対象とした床版モデル供試体を作成し、鉄筋量と膨張材の有無の関係から鉄筋拘束のみによる膨張材のひび割れ低減効果を実験と解析により検討した。以下はその結果の一部を紹介するものである。

2 実験方法

供試体は図-1 に示すように鉄筋による拘束のみを考慮するものとし、コンクリート内部の温度とひずみおよび外気温を計測した。表-1 に示すように鉄筋量と膨張材の有無をパラメータとした。コンクリートの配合は当社で施工した JH 佐分利川橋梁工事の計測実験との比較を念頭におき、同橋での配合条件に近いものとした。具体的には、コンクリートの収縮に影響が大きいと考えられる単位セメント量（早強セメント）C、単位水量 W、水セメント比 W/C、細骨材率 s/a を合わせた。コンクリートの配合は膨張材の有無により表-2 に示す2種類とした。

3 解析方法

実験で得られる供試体の温度とひずみの挙動を解析において再現することにより、膨張材を添加した際に導入される応力を算定する。供試体内部の応力状態を推定するために非線形温度応力解析を行った。

解析モデルは鉄筋による拘束を考慮するために、鉄筋をトラス要素でそれぞれの供試体の配筋に従い3次元でモデル化し、鉄筋とコンクリートは完全付着とした。熱物性値および熱伝達率はコンクリート標準示方書（以下コ示方書）の標準的な値を用い、断熱温度上昇曲線は既往の実験結果^{1) 2)}を参考にコ示方書算定式の初期値を低減して用いた（図-2）。強度物性値に

については別途試験を行い得られた値を用いた。膨張収縮特性は鉄筋なしの供試体（N-1 と E-1）の全ひずみ（全てのひずみを含む）から温度によるひずみを補正し得られた曲線を用いた^{1) 3)}（図-3）。この時のコンクリート温度上昇時の見かけの線膨張係数は 8.4、温度下降時は 9.8 とした。以上の条件から解析を行った。

4 実験結果と解析結果の比較

図-4 に供試体の温度計測結果および解析結果を示す。供試体ごとに多少のばらつきはあるものの同様の傾向を示

キーワード：橋梁床版，膨張材，鉄筋拘束，非線形温度応力解析

連絡先：〒235-8501 横浜市磯子区新中原区 1 番地 TEL：(045)759-2864 FAX：(045)759-2208

表-1 供試体の条件

供試体番号	膨張材	配筋	鉄筋比(%)
N-1	×	— (鉄筋なし)	—
N-2		主筋：D13,248 ピッチ 配力筋：D19,248 ピッチ	0.35 0.70
N-3		主筋：D13,124 ピッチ 配力筋：D19,124 ピッチ	0.70 1.40
E-1	○	— (鉄筋なし)	—
E-2		主筋：D13,248 ピッチ 配力筋：D19,248 ピッチ	0.35 0.70
E-3		主筋：D13,124 ピッチ 配力筋：D19,124 ピッチ	0.70 1.40

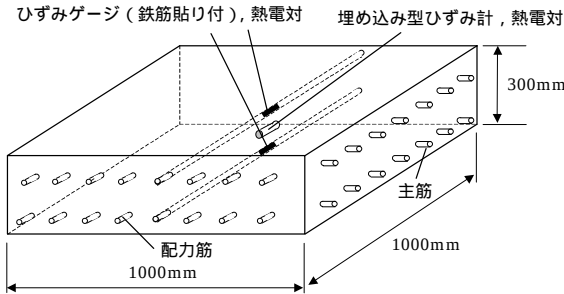


図-1 供試体計測位置図

表-2 コンクリートの配合表（早強コンクリート）

	水結合材比(%) W/B	細骨材率(%) s/a	単位量(kg/m³)				
			水 W	セメント C	混和材 E 膨張材	細骨材 S	粗骨材 G
配合1	44.1	43.0	152	315	30	770	1051
配合2	44.1	43.0	152	345	—	770	1051

しているため、ここでは代表的なものを例として示す。初期の水和発熱により上段と中段では 25 程度、下段では 22 程度温度上昇があった。計測結果と解析結果はよく一致している。

図-5 に全ひずみの計測結果、図-6 に解析結果を示す。膨張材なしの供試体は 200μ 程度、膨張材ありの供試体は 330μ 程度の初期の膨張ひずみとなった。ここでも計測結果と解析結果は良い一致を示している。鉄筋による拘束（鉄筋比 1.4% の場合）は 20μ 程度であった。

5. 膨張材による導入応力

以上の結果より供試体内部の応力状態を解析により精度良く再現できていると考え、応力状態を解析的に算定した結果を図-7 に示す。この図より読みとれる鉄筋量と膨張材の有無による初期材齢時の応力状態を以下に述べる。

1) 鉄筋がない N-1 と E-1 に応力差がほとんどないことから、膨張材の効果は鉄筋との組み合わせによって得られることが示された。

2) 鉄筋比が同一の供試体での膨張材の有無の差が導入される圧縮応力となる。鉄筋比 1.4% の場合 N-3 と E-3 の応力差から 0.6N/mm^2 程度の導入圧縮応力が得られ、鉄筋比 0.7% の場合は N-2 と E-2 の応力差から 0.3N/mm^2 程度であった。

3) 膨張材を用いない場合は鉄筋量が増えるに従って発生する応力は引張側へシフトする。これは温度による影響を除いた膨張収縮曲線が図-3 のようになっているため、初期の水和発熱時に鉄筋がコンクリートを引っ張るかたちとなるためである。しかし膨張材を用いた場合は鉄筋量が増えるに従って導入される圧縮応力は増加する。これは鉄筋が膨張材によるコンクリートの膨張に対して拘束する方向に働き、断面には圧縮応力が入るためである。このことから膨張材の有用性が示された。

6. まとめ

鉄筋量と膨張材の有無をパラメータとした供試体での温度とひずみ履歴を、非線形温度応力解析により再現することができた。このことから、構造系として主桁等による外部拘束での膨張材の効果以外にも、コンクリート内部の鉄筋拘束による膨張材の効果解析により推定できることを示すことができた。

【参考文献】 1) 橋・高瀬・白水・立川: 1m 供試体を用いた膨張材の効果に関する実験的検証, 第 57 回土木学会年次学術講演会, 2002.9 2) 倉田・江頭・和内・師山: 膨張材の効果を検討した場所打ちPC床版の数値解析手法, 第 57 回土木学会年次学術講演会, 2002.9 3) 高瀬・寺田・福永・石川: 場所打ちPC床版の材齢初期における膨張材の評価方法に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, 2002 (投稿中)

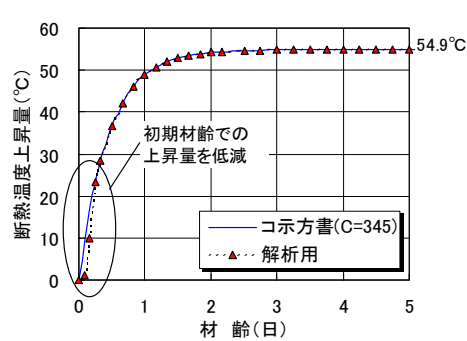


図-2 断熱温度上昇量

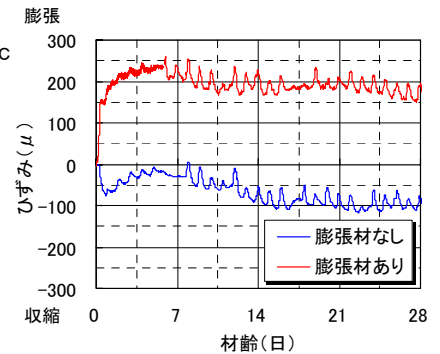


図-3 膨張収縮曲線(鉄筋なし)

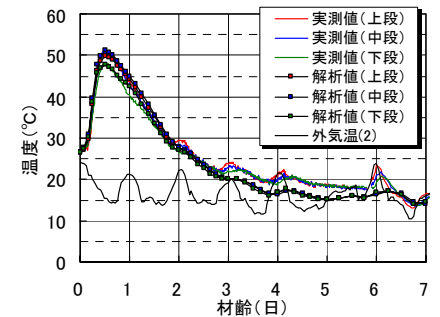


図-4 温度履歴(実測と解析の比較)

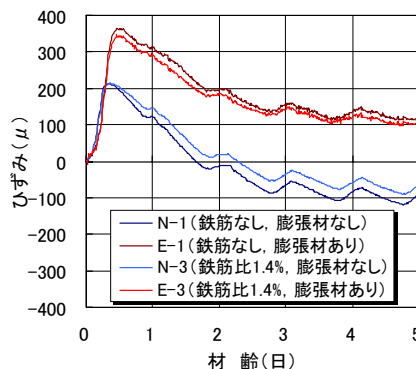


図-5 全ひずみ履歴(計測結果)

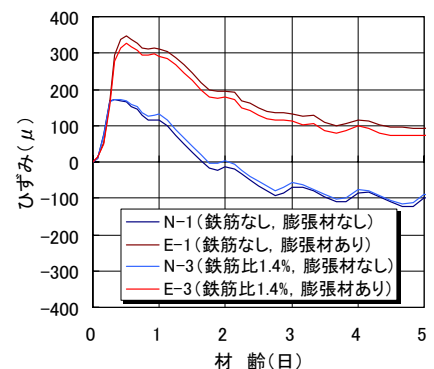


図-6 全ひずみ履歴(解析結果)

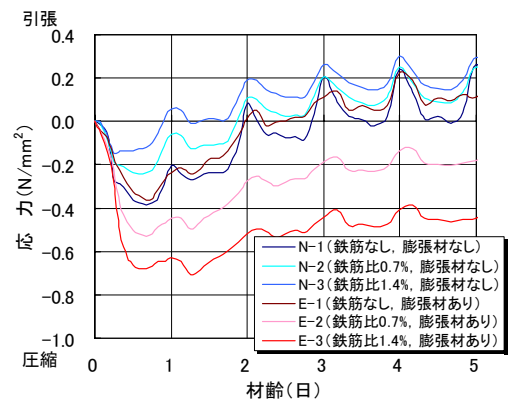


図-7 算定応力(解析結果)