

## 1. はじめに

マスコンクリートでは建設初期段階で温度ひび割れが発生する。温度ひび割れには2種類あり、セメントと水の水和反応熱により温度上昇する際の構造物中心と表面との温度差による膨張量の違いによって引張応力が生じ、ひび割れる内部拘束型ひび割れと温度上昇後の温度降下において地盤や既設構造物により、下部において拘束を受けることで引張応力が生じ、主に断面を貫通して発生する外部拘束型ひび割れである。コンクリート構造物に発生する温度ひび割れは、ひび割れ幅が大きい場合、鉄筋を露出させ構造物の耐久性に著しく影響を及ぼす。

そこで近年、ひび割れの発生の防止及び、ひび割れ幅の低減を目的として膨張材が用いられる事例が増加している。膨張材は膨張作用を鉄筋で拘束し、ケミカルプレストレス導入を目的としている。しかし、実構造物では部材厚の小さい橋台胸壁や擁壁では比較的多く用いられているものの、橋台たて壁などの部材厚の大きい構造物では膨張材によるひび割れ抑制効果が明確でないため、用いられた事例も少ない<sup>1)</sup>。また鉄筋比や鉄筋の配置方法の違いによる膨張材の温度ひび割れ抑制効果も明らかではない。

本研究では、温度応力解析を用いて、鉄筋比や鉄筋の配置と膨張材の温度ひび割れ抑制効果の関係を検証した。

## 2. 温度応力解析概要

温度応力解析には、有限要素法(FEM)を用いたコンクリート構造物専用の 3 次元温度応力解析ソフト(ASTEA-MACS)を使用した。壁状構造物を対象として鉄筋比及び鉄筋の配置を変化させて膨張材を使用した場合の解析を行い、膨張材のひび割れ抑制効果と鉄筋比及び鉄筋の配置の違いによる膨張材の温度ひび割れ抑制効果について考察する。

## 3. 解析条件

図-1 に解析モデル及び、引張応力測定箇所を示す。引張応力測定箇所は最大引張応力が発生した箇所である。幅 5.0m、高さ 1.5m、長さ 15m の底版の上に打ち込まれた幅 1.0m、高さ 1.5m、長さ 15m の構造物を解析対象とした。解析モデルは対称面を考慮し、1/4 で作成した。茶色の部分が地盤、青色の部分が底版、赤色の部分がリフトを示している。また、解析パターンは、表-1 に示すように鉄筋比は 0%、0.3%、0.6%、0.9% の 4 パターンとし、鉄筋の配置方法として通常タイプ、補強鉄筋 A タイプ、補強鉄筋 B タイプの 3 パターンの合計 20 パターンにおいて比較を行う。解析における物性値は日本コンクリート工学協会のマスコンクリートのひび割れ制御指針 2008<sup>2)</sup>に準じて行うものとする。図-2 に各鉄筋配置パターンの解析モデルを示す。

## 4. 解析における膨張剤

解析上での膨張剤の考慮については、ひび割れ制御指針に基づき式(1)によって表される膨張ひずみによって再現した。各係数については標準的な使用量 20kg/m<sup>3</sup> の膨張材を使用する場合の表-2 示す係数を用いた。

図-3に式(1)によって表される材齢に伴う膨張ひずみのグラフを示す。材齢7日で膨張ひずみは最大の値をとる。

$$\varepsilon(t) = \varepsilon(\infty) [1 - \exp\{-a(t-t_0)^\beta\}] \quad (1)$$

$\varepsilon(t)$ :有効材齢における膨張ひずみ(×10<sup>-6</sup>)

$\varepsilon(\infty)$ :膨張ひずみの終局値(×10<sup>-6</sup>)

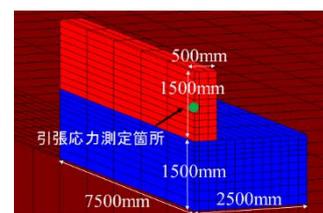


図-1 解析モデル及び引張応力測定箇所

キーワード 温度ひび割れ 膨張材 鉄筋比 鉄筋の配置方法

連絡先 〒745-8585 山口県周南市学園台 徳山工業高等専門学校 構造研究室

TEL 0834-29-6200

$\alpha$ および $\beta$ :セメントの種類が膨張ひずみの進行特性に及ぼ

す影響を表す係数

$t_0$ :膨張開始時点の有効材齢(日)

## 5. 解析結果及び考察

図-4に各鉄筋配置パターンにおける引張応力履歴を示す。図では、全ての鉄筋比における引張応力の変化を表示している。膨張材を使用することによって $2.64\text{N/mm}^2$ の引張応力が減少したが、鉄筋比の違いによる引張応力に変化が見られなかった。

図-5に膨張材を考慮していない場合のひび割れ幅、図-6に膨張材を考慮した場合のひび割れ幅を示す。膨張材を使用することでひび割れ幅は減少したが、鉄筋の配置タイプの違いによるひび割れ幅の減少量に違いは見られなかった。その理由として、解析上での膨張材の効果は鉄筋比の大きさ及び、鉄筋の配置に関係なく、膨張材による膨張ひずみが一定であるためであると考えられる。従って、解析において膨張材の効果を適切に表現するためには、鉄筋と膨張材の効果の関係を明確にして解析に反映させる必要がある。

## 参考文献

- 1) 山口県建設技術センター：  
<http://www.yamac.or.jp/data/index.html>
- 2) 日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひび割れ制御指針，2008

表-1 解析パターン

| 鉄筋比/膨張材 | あり |      |      | なし |      |      |
|---------|----|------|------|----|------|------|
|         | 通常 | 補強   | 補強   | 通常 | 補強   | 補強   |
| 0%      |    |      |      |    |      |      |
| 0.3%    | 常  | 補強   | 補強   | 常  | 補強   | 補強   |
| 0.6%    | 配  | 鉄筋   | 鉄筋   | 配  | 鉄筋   | 鉄筋   |
| 0.9%    | 置  | Aタイプ | Bタイプ | 置  | Aタイプ | Bタイプ |

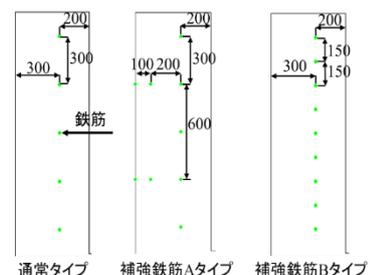


図-2 各鉄筋配置方法解析モデル

表-2 膨張ひずみの近似式の各係数

| セメント種類 | $\epsilon(\infty)$ | $\alpha$ | $\beta$ | $t$  |
|--------|--------------------|----------|---------|------|
| 高炉B種   | 145                | 0.27     | 1.53    | 0.30 |

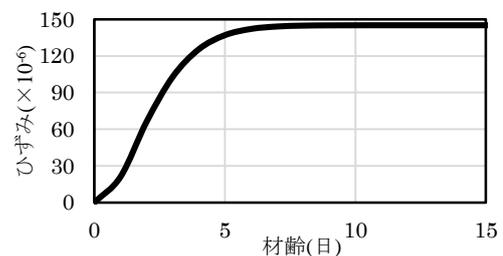


図-3 材齢に伴う膨張ひずみ

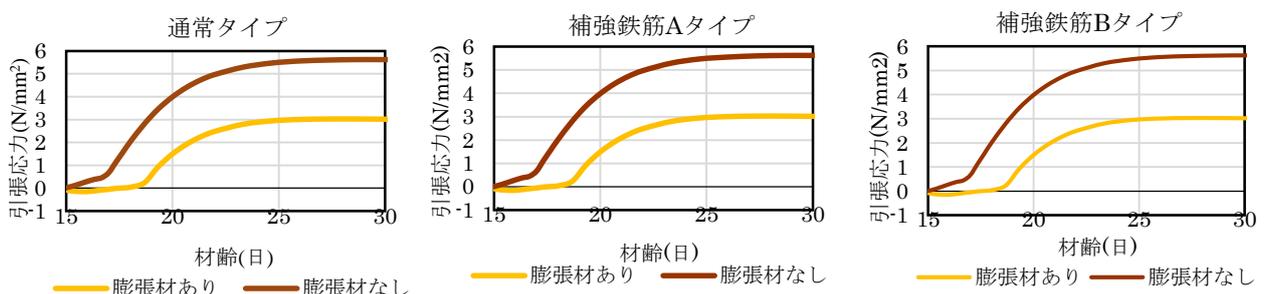


図-4 引張応力履歴

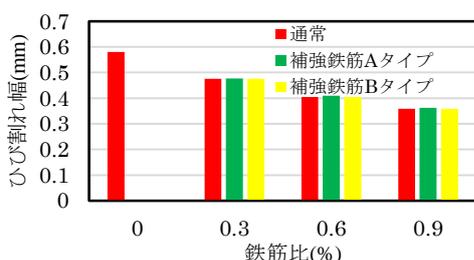


図-5 膨張材を考慮していない場合のひび割れ幅

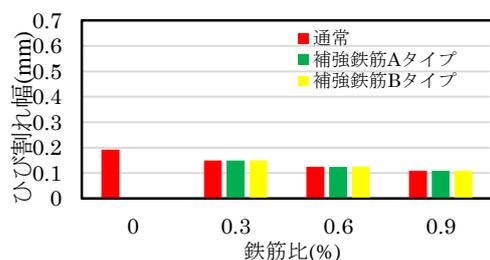


図-6 膨張材を考慮した場合のひび割れ幅