

膨張コンクリートの温度ひび割れ指数に関する解析的検討

(株)太平洋コンサルタント 正会員 ○倉内 英敏
太平洋セメント(株) 正会員 谷村 充
名古屋大学大学院 正会員 丸山 一平

1. はじめに

初期ひび割れ制御を目的として膨張コンクリートの適用を検討する事例が増加する趨勢にある。日本コンクリート工学会「マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008」(以下、JCI マスコン指針)では、膨張ひずみ特性を中心に、膨張コンクリートの設計用値が示された。本稿では、JCI マスコン指針の設計用値を準用し、膨張コンクリートの使用がマスコンクリート構造体の温度上昇時の表層部温度ひび割れ指数や、温度降下時の温度ひび割れ指数に及ぼす影響について、壁厚および鉄筋比をパラメータとして解析的に検討した。

2. 解析の概要

解析モデルは、図-1 に示すように、既設底版上に打設される壁状構造物の 1/4 モデルとした。壁延長：10m、壁高さ：3m、壁厚：0.2、0.5、1.0、1.5 および 2.0m に変化させた。外気温は東京都の旬別平年値とし、打込み温度は外気温に 5℃を加えたものとした。拘束条件は地盤下面および軸対称断面を拘束面とした。

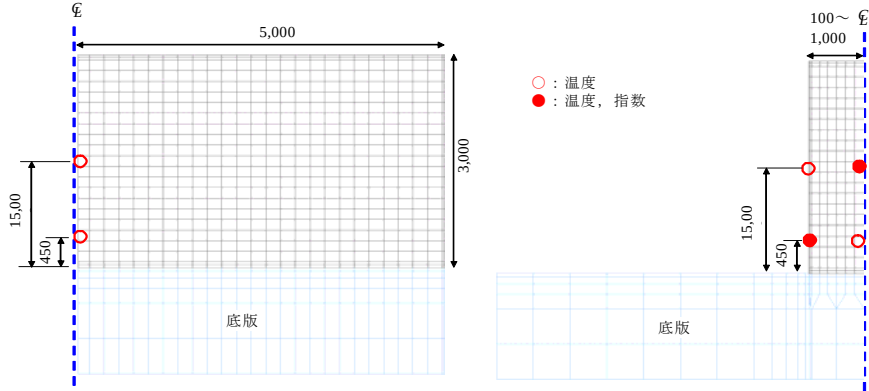


図-1 解析モデルと着目点

表-1 に解析条件を示す。自己収縮の考慮など、表中に記載のないその他の諸物性や解析手法については JCI マスコン指針を踏襲した(乾燥の影響は考慮していない)。鉄筋はトラス要素を用い、かぶり厚を 40mm として完全付着を仮定した。鉄筋を考慮する場合の鉄筋比は 0.2%および 0.4%とした。解析プログラムは ASTEA MACS Ver.6 (㈱計算力学研究センター) である。

3. 解析結果

3.1 構造体表層部(温度上昇時)

構造体表層部の検討は、内外温度差による内部拘束の影響が卓越する壁厚 1000、1500 および 2000mm を対象とした。

図-2 に壁厚 1500mm、鉄筋比 0.2%の温度と温度ひび割れ指数の経時変化を示す。図における表面とは、かぶり部の表面から 30mm の位置を表す。また、図-3 に壁厚と最小温度ひび割れ指数の関係を、図-4 に壁厚とその比率(Ex20/Ex0)の関係を示す。図-2 から膨張材の有無で温度ひび割れ指数が最小となる時期が異なり、膨張材を使用した場合が早くなる傾向となった(Ex0：0.8~1.3 日、Ex20：0.9~1.8 日)。

壁厚と温度ひび割れ指数の関係をみると、1500 および 2000mm では、鉄筋比の相違や膨張材の有無の影響は少ないといえる。一方、壁厚 1000mm では膨張材を使用した場合に温度ひび割れ指数が小さくなった。こ

表-1 解析条件

	条件
セメント	普通ポルトランドセメント
単位セメント量	300kg/m ³
水セメント比	50%
外気温	東京都旬別平年値
初期温度	壁 31.9℃(打込み温度) 地盤・底版 外気温
熱伝達境界(W/m ² ℃)	外気 14 型枠 5日まで8 以降14 養生 5日まで5 以降14
固定温度	地盤最下面 16.7℃(年平均温度)
ヤング係数	地盤 140N/mm ² 底版 35.5kN/mm ²
かぶり	40mm
自重	考慮

キーワード 温度応力解析, 膨張コンクリート, 温度ひび割れ指数, 3次元有限要素法

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 (株)太平洋コンサルタント TEL 043-498-3882

これは、温度ひずみ分布による表層部引張応力と、膨張ひずみ分布による表層部引張応力のバランスにおいて、壁厚 1000mm の場合に相対的に後者の影響が大きく表れたためと考えられる。壁厚と比率の関係を見ると、壁厚によらず鉄筋比が及ぼす影響は小さい。壁厚 1500 および 2000mm の比率は 1.0 程度で膨張材の有無の影響は小さい。壁厚 1000mm は、膨張材を使用した場合 2 割程度小さくなる結果となった。このように、温度上昇過程における部材表層部のひび割れ発生の観点では、膨張材の使用が厳しい方向に作用する可能性もあることが示唆された。

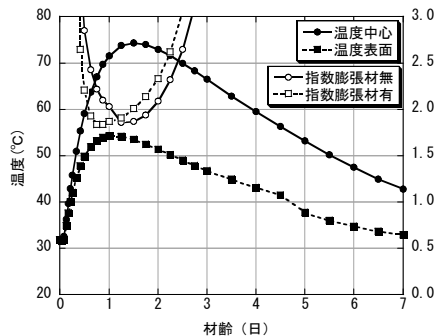


図-2 材齢と温度
および温度ひび割れ指数の関係

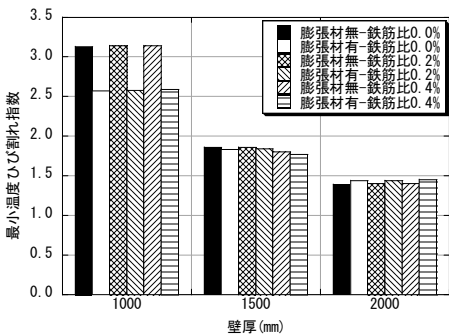


図-3 壁厚と最小温度ひび割れ指数の関係

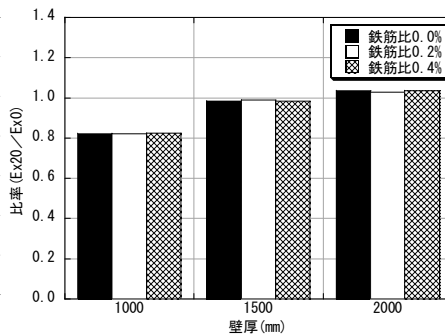


図-4 壁厚と比率の関係

3.2 構造体内部（温度降下時）

図-5 に壁厚 1500mm、鉄筋比 0.2%の温度と温度ひび割れ指数の経時変化を示す。また、表層部の場合と同様に、温度ひび割れ指数およびその比率の関係をそれぞれ図-6 および図-7 示す。温度ひび割れ指数の評価は、表面部と内部の温度が同程度となる材齢とした（壁厚に応じて 3.5～32 日）。図-5 から膨張材有は膨張材無と比べ温度ひび割れ指数の低下が緩和される傾向が認められる。

壁厚と温度ひび割れ指数の関係をみると、壁厚および鉄筋比によらず、膨張材有の温度ひび割れ指数は膨張材無と比べ大きくなった。壁厚と比率の関係では、壁厚 200mm において膨張材の効果は 1.5 倍以上となり、壁厚 500mm では 1.3 倍程度が得られた。壁厚 1000mm 以上では概ね 1.1 倍となり、壁厚が小さくなるに伴い、膨張材の効果が大きく表れる結果となった。鉄筋比の相違が温度ひび割れ指数に及ぼす影響は、壁厚 200mm の場合に幾らか認められるが、壁厚 1000mm 以上ではほとんど認められなくなった。これらの傾向は、壁厚の大小（温度上昇・降下の大小）に応じて温度応力が変化するのに対して、膨張コンクリートの作用は一定の範囲内に止まることによって表れたものと考えられる。すなわち、壁厚が薄いものほど温度応力が小さいため、膨張コンクリートによる導入圧縮応力の占める割合が大きく、効果が得られやすいと考えられる（薄部材における乾燥の影響は別途検討する必要がある）。一方で、壁厚が増すほど膨張コンクリートの効果は相対的に小さく評価されるが、本検討の範囲において、一定レベルの効果が確保されている。

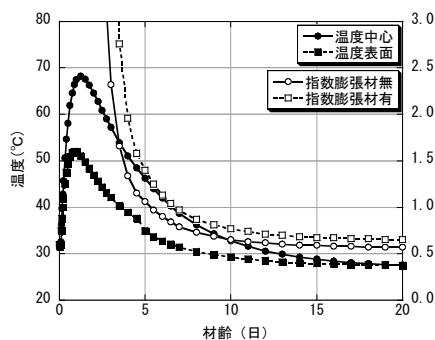


図-5 材齢と温度
および温度ひび割れ指数の関係

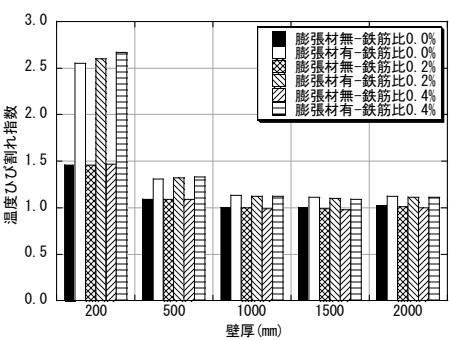


図-6 壁厚と温度ひび割れ指数の関係

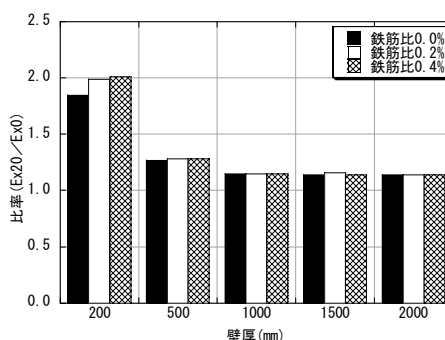


図-7 壁厚と比率の関係

参考文献

- 1) 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, pp.46-59, 2008.11