

乾燥収縮ひび割れの発生程度予測への湿気移動解析の適用性に関する検討

飛島建設 建設事業本部 正会員 ○寺澤 正人
 飛島建設 建設事業本部 正会員 田畑 美紀
 飛島建設 建設事業本部 正会員 川里麻莉子
 東北大学大学院 フェロー 鈴木 基行

1. はじめに

温度ひび割れを対象とした場合には、ひび割れ発生確率とひび割れ指数の関係等が、「マスコンクリートのひび割れ制御指針」¹⁾(以後、「JCI 指針」と呼ぶ)等)に示され、ひび割れ指数の解析結果からひび割れの発生程度を予測することが可能である。一方、乾燥収縮ひび割れを対象とする場合では、湿気移動解析の適用例が増えつつあるが、温度ひび割れのように、ひび割れの発生程度を予測する指標を示すものは現時点では見られない。筆者らは、埋設型湿度センサーによるコンクリート内部相対湿度計測結果等を基にして、湿気移動解析の適用性に関する研究²⁾を継続している。それに関連して別途研究にて表-1に示すような3種の養生をした150×150×150mmの供試体(図-1)を室内自然乾燥環境下に置き、コンクリートの内部相対湿度計測等を実施した後、試験完了時点で蛍光エポキシ樹脂を供試体に発生した表層ひび割れに真空含浸させて、ひび割れの発生程度を観察した³⁾。本研究では湿気移動解析によって得られるひび割れ指数とひび割れ観察結果を比較することで、乾燥収縮ひび割れの発生程度予測への湿気移動解析の適用性に関して検討した。

2. 検討法概要

検討は図-2に示すモデルを使用して3次元FEM湿気移動解析によった。解析に用いる蒸発率は文献⁴⁾に示される値を基本として、乾燥過程におけるコンクリート内部相対湿度計測値の低下傾向と解析値の傾向が一致するように調整した図-3に示すものとした。一方、透湿率は文献⁵⁾に示される値を基本として、コンクリート内部相対湿度の計測値の下限レベルと解析値のレベルが一致するように調整した図-4に示すものとした。湿気容量は文献⁵⁾によった。応力算定時に必要となる乾燥収縮モデルは、既往の研究⁶⁾の結果を基にCEB-FIP式⁷⁾で求めることとし、塗布型収縮低減剤を塗布した場合の乾燥収縮量は、既往の研究⁸⁾の結果を基に、塗布しない場合の83%となるものとした(図-5)。圧縮強度、弾性係数、自己収縮等はJCI指針に掲載さ

表-1 試験に適用した養生方法

材齢(日)	5	14	21	28	182
気中養生	型枠	気中(乾燥)			
封緘養生	型枠	気泡緩衝シート	気中(乾燥)		
塗布型収縮低減剤塗布	型枠	気泡緩衝シート	気中(乾燥)		
			↓ 塗布型収縮低減剤塗布(115g/m ² ×2)		

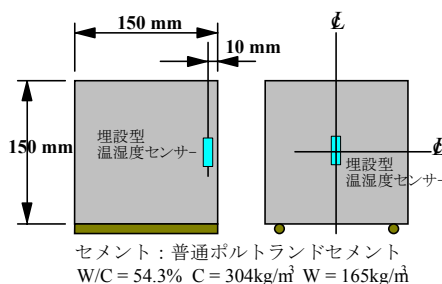


図-1 供試体概要

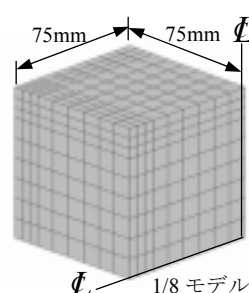


図-2 解析モデル

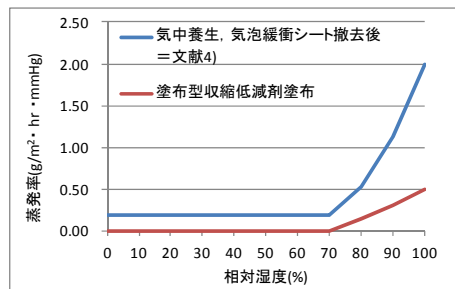


図-3 解析に用いた蒸発率

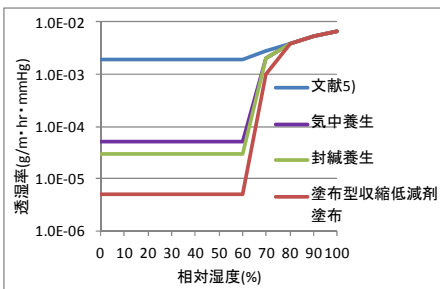


図-4 解析に用いた透湿率

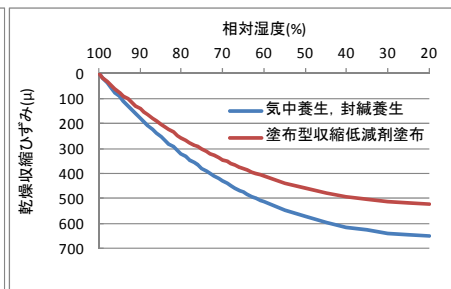


図-5 解析に用いた乾燥収縮モデル

キーワード ひび割れ, 乾燥収縮, 湿気移動解析, ひび割れ指数, 相対湿度

連絡先 〒213-0012 川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP R&D 棟 2F TEL 044-829-6716

れる式によった。なお、圧縮強度に関しては別途試験した圧縮強度試験結果より、気中養生は他に比較して強度が20%低下するものとした。湿気移動解析に先立ち実施する温度解析時に用いる解析定数は、JCI指針に示される予測式、一般値によることとした。解析には、解析プログラムJCMAC3 Ver2.3.2を使用した。

3. 検討結果と考察

解析結果を図-6に、ひび割れ観察写真を図-7に示す。これらより以下の知見・考察が得られる。

- (1) コンクリート内部相対湿度解析値は、計測値の下限レベルや全体的な傾向と概ね一致している。「気中養生」「封緘養生」の表面相対湿度解析値は、変動のレベルは外気相対湿度よりもやや小さいが、ほぼ外気相対湿度計測値と同様の変動を示している。一方、保湿性に優れる「塗布型収縮低減剤塗布」の解析値は外気湿度計測値よりも変動が小さい。これより解析値は実際の挙動を比較的良好に表現していると判断される。
- (2) コンクリート表面の最小ひび割れ指数の解析値は、「気中養生」<「封緘養生」<「塗布型収縮低減剤塗布」の順に高くなる。それぞれの養生による乾燥収縮進行の程度、強度発現等がこれに影響していると思われるが、「塗布型収縮低減剤塗布」が比較高いひび割れ指数を維持する第一要因は、高い保湿効果によってコンクリート中心と表面部の相対湿度差が縮小されることによる内部拘束応力の低減効果であると考えられる。
- (3) コンクリート表面の最小ひび割れ指数の解析値とひび割れ観察によるひび割れ深さには、図-8のような反比例の関係が認められる。これより湿気移動解析により求められるひび割れ指数によって乾燥収縮ひび割れの発生程度を予測できる可能性が示唆される。

4. まとめ

湿気移動解析にて乾燥収縮ひび割れの発生程度を予測できる可能性があるとの知見を得た。今後はより多くのひび割れ発生程度とひび割れ指数の関係を蓄積し、より精度の高い予測手法を確立したいと考えている。

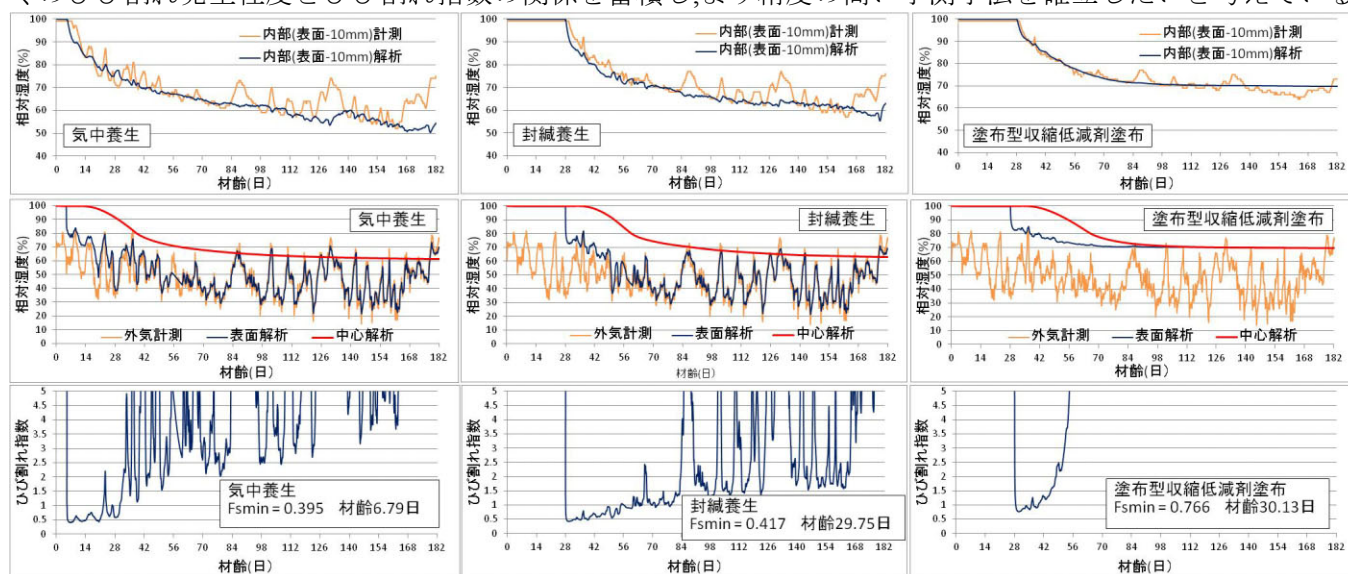


図-6 コンクリート相対湿度およびコンクリート表面ひび割れ指数解析結果

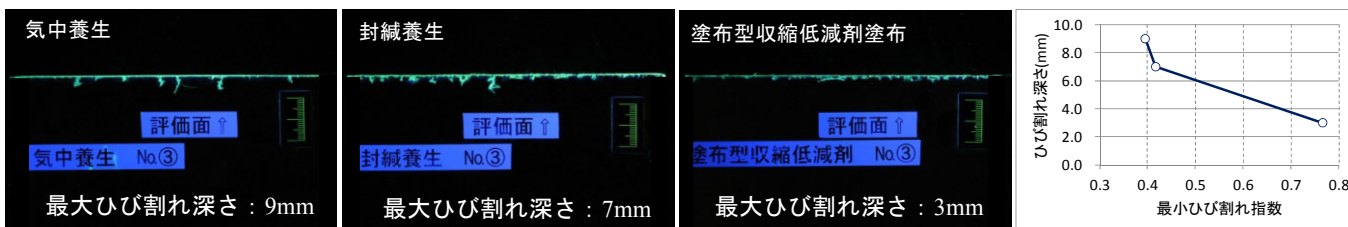


図-7 蛍光エポキシ樹脂含浸によるひび割れ観察写真

図-8 ひび割れ指数とひび割れ深さの関係

参考文献

- 1) JCI：マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008, 2008.11
- 2) 寺澤正人ほか：薄板形状供試体を用いた収縮特性試験結果を解析定数とする乾燥収縮応力解析，土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集, V-451, 2011.9.
- 3) 川里麻利子ほか：乾燥収縮ひび割れの発生程度把握への透気試験法の適用性に関する検討，土木学会第 68 回年次学術講演会発表予定
- 4) 中村恭香：コンクリートの湿気移動に関する研究, 岐阜大学卒業論文, 2003.2
- 5) 西岡栄香ほか：多孔質物質の透湿率および湿気拡散について, セメント技術年報, XV, 1961
- 6) 寺澤正人ほか：薄板形状供試体を用いたコンクリートの乾燥収縮特性測定試験，土木学会第 65 回年次学術講演会概要集, V-146, 2010.9
- 7) CEB-FIP：CEB-FIP MODEL CODE 1990，1993.
- 8) 寺澤正人ほか：薄板形状供試体を用いたコンクリートの収縮特性測定試験の試行，土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集，V-444，2009.9.