

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

飛島建設	土木事業本部	正会員	○寺澤	正人
飛島建設	土木事業本部	正会員	田畑	美紀
東北大学大学院		フェロー	鈴木	基行

1. はじめに

設計および施工計画段階におけるコンクリートの初期ひび割れ検討を目的として、一般的な温度応力解析に加えて、乾燥収縮に対する検討法として「乾燥収縮応力解析」を適用する事例が増えつつある。解析の一方法としては、図-1 に示すように、先ず、湿気移動解析によってある時刻のコンクリート部材内の相対湿度分布を算定し、次に相対湿度と乾燥収縮歪の関係（以後、「乾燥収縮モデル」と呼ぶ）を用いて乾燥収縮歪分布を求めて、これを初期歪として収縮応力解析を実施する方法がある¹⁾。一方、筆者らは一般的に収縮歪測定に用いられる $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ 供試体（以後、「角柱供試体」と呼ぶ）に比較して厚さを薄くした $2 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ の薄板形状供試体の断面中心に、埋設型温湿度センサと埋設型歪ゲージを配置し、比較的短期間にて収縮特性を知る測定試験法（以後、「薄板収縮試験」と呼ぶ）を考案し、研究を継続している²⁾。本報告は JIS A1129 に準拠して測定した角柱供試体の収縮歪試験値と、薄板収縮試験で得られた試験結果を基に乾燥収縮応力解析(解析コード JCMAC3 Ver2.2.0 を使用)を実施して得られる解析値を比較して、薄板収縮試験法や解析法の妥当性などを検討した結果を示すものである。

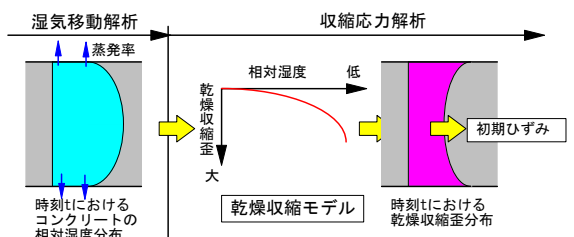


図-1 研究に適用する乾燥収縮応力解析法

2. 薄板収縮試験結果を基にした解析入力定数の設定

高炉セメント B 種を使用した、 $W/C=55\%$ 、単位セメント量 $C=300 \text{ kg/m}^3$ 、単位水量 $W=165 \text{ kg/m}^3$ の配合によるコンクリートに対して実施した薄板収縮試験の結果²⁾を図-2 に示す。ここでは、この試験結果より、角柱供試体を解析対象とする解析に用いる乾燥収縮モデルとコンクリート表面の蒸発率を求めた。

2-1 乾燥収縮モデルの設定

薄板収縮試験においてコンクリート内部相対湿度が環境湿度 $60\%RH$ と同値となって安定し、また収縮歪量の変化が小さくなったと判断される乾燥材齢 91 日までの相対湿度と乾燥収縮歪の関係を用いて、図-3 のように解析入力定数とする乾燥収縮モデルを設定した。

2-2 コンクリート表面蒸発率の設定

文献 4) に示される値を基本値とし、蒸発率を修正しながら湿気移動解析を繰り返し、薄板収縮試験で得られた相対湿度の経時変化と解析値が同等

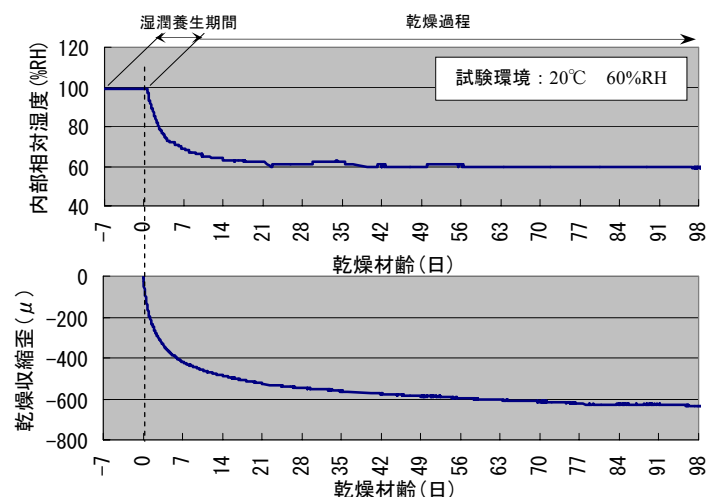


図-2 薄板収縮試験結果

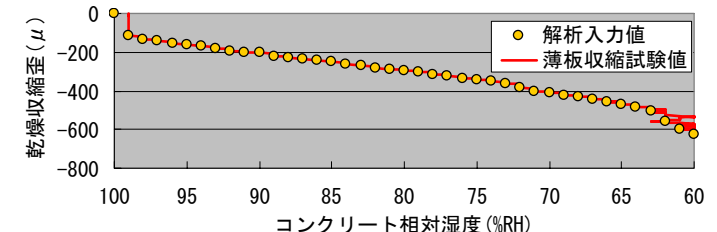


図-3 解析入力定数とする乾燥収縮モデル

キーワード 乾燥収縮応力解析, 湿気移動解析, 乾燥収縮, 自己収縮, 相対湿度

連絡先 〒102-8332 東京都千代田区三番町 2 番地 TEL 03-5214-7092

になったときの同定蒸発率を以後の解析に用いる入力定数とすることとした。図-4に解析モデル、表-1に解析定数、図-5に同定された蒸発率を用いた解析値と試験値の比較、図-6に同定された蒸発率を示す。

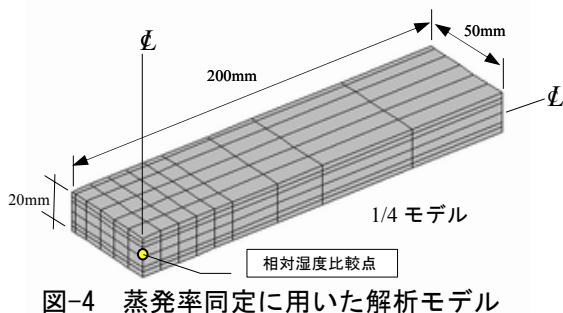


図-4 蒸発率同定に用いた解析モデル

表-1 解析定数一覧

温度解析	断熱温度上昇曲線		JCI指針 ³⁾ 式による
	比熱		1.15 KJ/kg・℃
	熱伝導率		2.7W/m・℃
	密度		2300kg/m ³
	熱伝達率	木製型枠, 湿潤養生面 乾燥面	8W/m ² ・℃ 14W/m ² ・℃
湿気移動解析	湿気容量		文献5)の値による
	透湿率		文献5)の値による

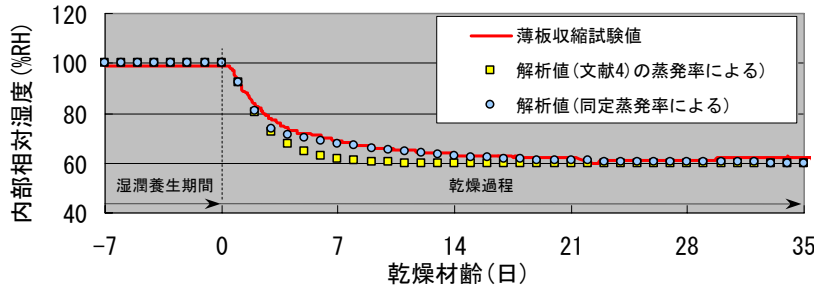


図-5 同定された蒸発率を用いた解析値と試験値の比較

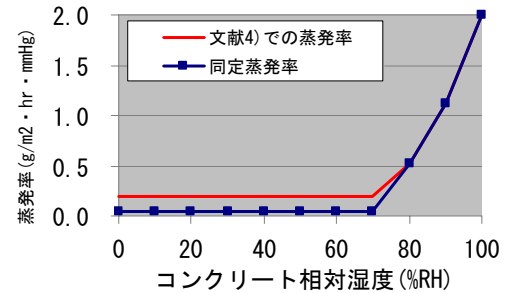


図-6 同定された蒸発率

3. 角柱供試体の収縮歪試験値と解析値の比較および考察

薄板収縮試験と同時に、コタクトゲージ法(JIS A1129-2)にて測定した角柱供試体(薄板収縮試験と同一配合のコンクリートを使用し作製)の収縮歪試験値²⁾と、乾燥収縮応力解析により求められる収縮歪解析値を比較した。解析では2.に示した蒸発率、乾燥収縮モデルおよび表-1に示す解析定数を使用し、JCI 指針³⁾式により有効材齢を介して温度依存性を考慮し算定される自己収縮歪を考慮するものと、考慮しないものの2ケースを解析した。解析モデルを図-7に、収縮歪の試験値と解析値の比較を図-8に示す。自己収縮を考慮しない場合においては、約 300 μ の収縮歪までは解析値と試験値はほぼ同等であるものの、それ以降では両者に差異がある。一方、自己収縮を考慮した解析値は試験値を概ね良好にシミュレートしている。乾燥過程の収縮挙動をより正確に解析するには自己収縮の扱いについて更なる検討が必要であるが、薄板収縮試験で得られる蒸発率および乾燥収縮モデルと JCI 指針式等の適切な予測式で求めた自己収縮歪を用いて解析を実施すれば、実務レベル上は十分な精度で、乾燥収縮過程における収縮挙動の予測が可能であると考えられる。

4. まとめ

研究を通じて、薄板収縮試験結果を基にした蒸発率、乾燥収縮モデル、適切な自己収縮予測式を用いた収縮応力解析の実施により、実務レベル上は十分な精度で乾燥過程における収縮挙動の予測が可能であることが示唆された。自己収縮の扱いをも含めて研究を継続し、更に解析の精度向上を図りたいと考えている。

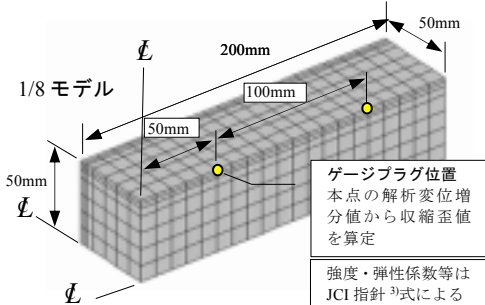


図-7 角柱供試体に対する解析モデル

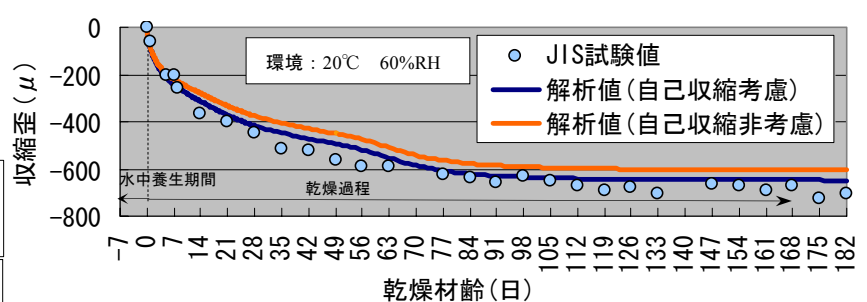


図-8 角柱供試体における収縮歪試験値と解析値の比較

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：マスコンクリートソフト作成委員会報告書，2003.11
- 2) 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
- 3) 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, 2008.11
- 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