

表面相対湿度を変化させたコンクリートの湿気移動に関する基礎的研究

富山県立大学 環境システム工学科 ○木下竜一(学生会員)
伊藤 始(正会員)

1. はじめに

高度経済成長期に建設された鉄筋コンクリート構造物は、現在、アルカリ骨材反応や乾燥収縮によるひび割れなどの劣化現象に起因した老朽化が目立ちはじめ、構造物の維持管理を適切に行うことが重要となってきた。

アルカリ骨材反応や乾燥収縮などの劣化現象は水分変化の影響を受けることが知られており、最近ではコンクリート中の水分移動現象を捉えることができる湿気移動解析が一般的になってきた。笹橋らの研究¹⁾では、透湿率や蒸発率などの物性値を考慮した湿気移動にともなう相対湿度分布の解析法の定式化が行われた。伊与田らの研究²⁾では、相対湿度の経時変化や水分逸散量と乾燥収縮量の相関性の調査が行われた。著者ら³⁾は、表面相対湿度が一定環境下における相対湿度の実験値と解析値の比較を行った。

本研究では、表面相対湿度を変化させたコンクリートの湿気移動の基礎的な研究として、湿気移動実験と湿気移動解析を行った。配合条件の異なるコンクリートに対し、表面相対湿度を変化させたときの内部相対湿度の実験値と解析値を比較し、湿気移動に関わる係数である透湿率を検討した。

2. 湿気移動実験

2.1 実験概要

実験は、表-1 で示す 3 ケース、6 体で行い、75×100×400mm の角柱供試体を使用した。セメントには普通ポルトランドセメントを用い、粗骨材には川砂利(表乾密度 2.59g/cm³、吸水率 1.45%)、細骨材には川砂(表乾密度 2.60g/cm³、吸水率 1.88%、粗粒率 3.05)を使用した。供試体は、呼び強度 18, 24, 30 の供試体を 2 体ずつ用意し、コンクリートの打込み・脱型後、図-1 上段に示した蒸発面以外をアルミテープまたはエポキシ樹脂でシールし、恒温恒湿室(温度 20℃、相対湿度 60%)で保管した。材齢 6 ヶ月経過後、恒温恒湿室の相対湿度を 45%に変更した。

2.2 実験方法

図-1 下段に温湿度センサの配置図を示す。温湿度セ

ンサ用の供試体(図-2)では、打込み前に蒸発面から 20, 80, 140, 200mm の位置にビニル管を設置し、硬化後に管内に温湿度センサを挿入した²⁾。センサ挿入後、ビニル管内部が乾燥しないようテープで密閉した。

2.3 実験結果

図-3 に温湿度センサで測定した相対湿度の経時変化の一例(30A)を示す。この図では、日数とともに相対湿度が低下しており、蒸発面に近い測点ほど相対湿度の低下が大きい。これは、コンクリート蒸発面から水分が蒸発することで、コンクリート中の水蒸気圧が低下したことが要因と考えられる¹⁾。また、表面相対湿度を 45%に変更後、コンクリート中の相対湿度は、表面から 20mm の位置のみ急激な低下が見られた。

表-1 湿気移動実験・実験ケース

ケース	形状(寸法)	測定	呼び強度(W/C)	個数
18A	角柱供試体 (75×100×400mm)	温湿度センサ	18 (0.65)	2
24A			24 (0.57)	2
30A			30 (0.50)	2

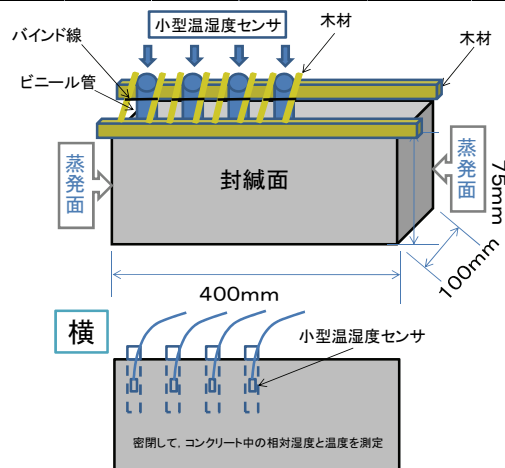


図-1 温湿度センサの配置図



図-2 温湿度センサ用の供試体

3. 湿気移動解析

3.1 解析方法

湿気移動解析は、2次元FEM解析（温度応力解析）プログラムを用いて行った⁴⁾。解析は、湿気移動実験に用いた供試体の形状寸法や周囲環境条件を模擬し、図-4に示す解析モデルを用いて行った。解析では、透湿率 λ を3水準に変化させたパラメータ解析を実施した。透湿率は、図-5のように、既往の研究¹⁾の値（1.0 λ ）とその値の2倍（2.0 λ ）、0.5倍（0.5 λ ）とした値を用いた。なお、今回の解析では、コンクリートの配合（呼び強度）による透湿率などの物性の違いは考慮していない。

3.2 解析結果

図-6に湿気移動実験と解析から得られた蒸発面から20mmと80mmの測点における相対湿度の履歴の一例（30A）を示す。解析の相対湿度は、実験と同様に時間とともに減少し、1.0 λ の測定位置20mmの相対湿度は、366日で57.9%となった。透湿率を1.0 λ から0.5 λ に小さくすることで366日の相対湿度が61.2%となり、低下が緩やかになることが確認できた。

図-6の実験と解析の相対湿度の履歴を比較すると、両方の測点で2.0 λ の解析値が実験値にある程度近くなった。また、解析値は、200日時点での表面相対湿度の60%から45%への変化に応答した履歴となった。今回のパラメータ解析では、湿流に関する係数の透湿率を変化させることで実験の相対湿度履歴に近づけることが可能であり、蒸発率などのパラメータを適切に設定することで、実験を再現できる可能性を示した。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 蒸発面に近い測点ほど相対湿度の低下が大きく、表面相対湿度の低下にともなう内部相対湿度の変化は蒸発面付近で急激であり、中央部で緩やかであった。
- (2) 解析値は、表面相対湿度の60%から45%への変化に応答した履歴となった。
- (3) 湿気移動解析に用いる透湿率を適切に設定することで、表面相対湿度が変化したときの湿気移動現象をある程度、再現可能であることが確認できた。

【参考文献】

- 1) 箆橋ら：温度との連成を考慮したコンクリートの湿気移動解析，コンクリート工学論文集，Vol.23，No.2，pp.685-690，2001.7

- 2) 伊代田ら：養生とその後の環境による内部湿度の相違が乾燥収縮に与える影響，コンクリート工学論文集，Vol.32，No.1，pp.425-430，2010.7
- 3) 木下ら：湿度勾配を与えたコンクリートの含水率測定に関する基礎的研究，コンクリート工学論文集，Vol.33，No.1，pp.779-784，2011.7
- 4) 計算力学研究センター：ASTEAMACS資料，2010

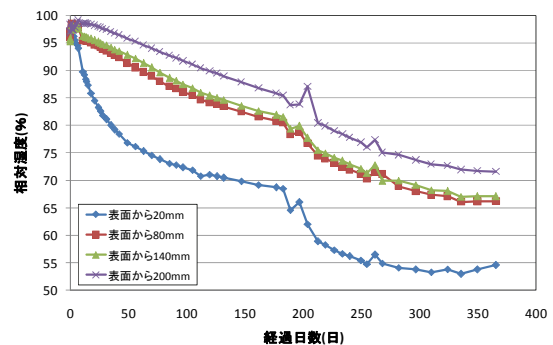


図-3 相対湿度の経時変化

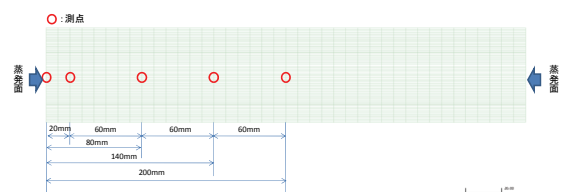


図-4 湿気移動解析モデル

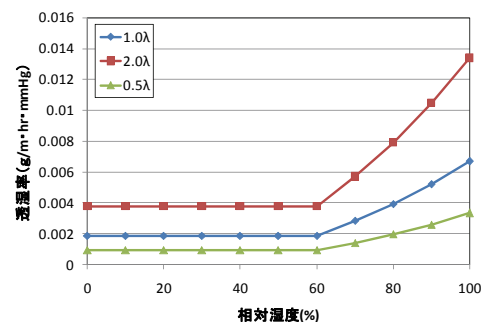


図-5 透湿率の解析パラメータ

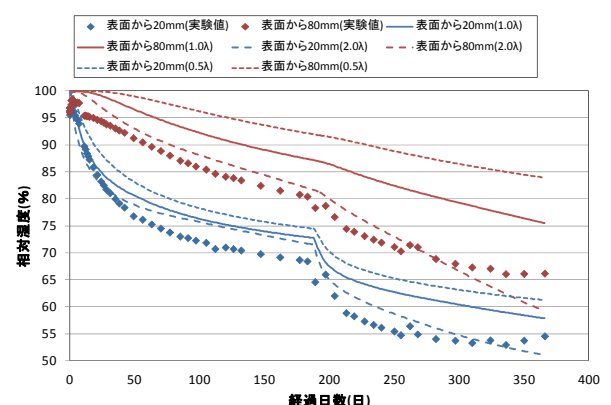


図-6 実験値と解析値の比較