

乾湿過程や材齢がコンクリート内の含水率と相対湿度，ひずみの関係に与える影響

富山県立大学（現アイベック） 正会員 ○南 亮多 富山県立大学 正会員 伊藤 始

富山県立大学（現北陸電力） 正会員 達 柊介 富山県立大学 学生会員 塚西 弘輝

北電技術コンサルタント 非会員 白上 新 アイベック 正会員 細野 恭成

1. はじめに

コンクリートは一般的に水，骨材，セメントで構成されている．コンクリート内部には様々な水が存在しており，その水分状態はコンクリートの特性を大きく左右する要因となっている¹⁾．そのため，コンクリート内の水分状態の把握が重要である．これまでに，コンクリート内の水分状態を表す指標である相対湿度（以下，湿度）や含水率と乾燥収縮ひずみの関係に関する研究が行われてきた^{2) 3)}．しかし，吸湿過程における湿度や含水率の研究やコンクリートの厚さや材齢を変化させた研究は少ない．

本研究では，乾湿過程や材齢，供試体厚さがコンクリート内の湿度，含水率，ひずみの関係に与える影響を明らかにすることを目的に，供試体厚さと試験開始材齢を変化させて，乾燥試験と吸湿試験を実施した．

2. 乾燥試験と吸湿試験の方法

図-1 に供試体概要を示す．試験では直径 100mm，高さ 200mm の円柱供試体を厚さ 25mm，50mm，100mm に切断し，使用した．図-1 (a) の質量・含水率測定用供試体の電極孔は，30mm 間隔で直径 6mm，深さ 60mm の孔をコンクリートの硬化後に削孔した．図-1 (b) の湿度測定用供試体では，供試体中心の湿度を測定するため，打込みの際にビニル管で温湿度センサ埋設用の空間を設けた．図-1 (c) のひずみ測定用の供試体では，ひずみゲージをあらかじめ型枠内に固定し，コンクリートを打込み，埋設した．

表-1 に試験ケースを示す．試験過程（初期条件・試験条件），供試体厚さ，材齢を変化させた全 8 ケースとした．ケース名は各パラメータを示す．供試体は各ケースで質量・含水率測定用，湿度測定用，ひずみ測定用をそれぞれ 1～3 体作製した．供試体は試験開始材齢まで封かん養生を行った．養生期間中に供試体の切断および電極孔の削孔を行った．封かん養生終了時に供試体側面にエポキシ樹脂を塗布した．その後，試験開始材齢 28 日のケースでは 56 日まで初期条件に静置し，91 日のケースでは 119 日

まで静置した．所定期間の経過後に試験条件に置いて，供試体の質量，含水率，湿度，ひずみを測定した．なお，含水率は電気抵抗式水分計で測定した質量含水率である．

3. 試験結果と考察

3.1 質量変化率

図-2 に乾燥試験における質量変化率の履歴を示す．ここで減少側を負値とした．乾燥開始から 50 日前後までの傾きに注目すると，質量変化率は厚さが小さい供試体ほど雰囲気湿度の影響を大きく受けるため，早く低下した．また材齢の短い WA-50-28 は早期に水中養生としたため，内部が緻密になったことで低下しづらかったと考えられる．乾燥開始から 180 日前後において質量変化率は同程度の -3%程度となった．配合の単位水量のうち結合水の割合を 30%とすると，計算上の質量変化率は -6.6%とな

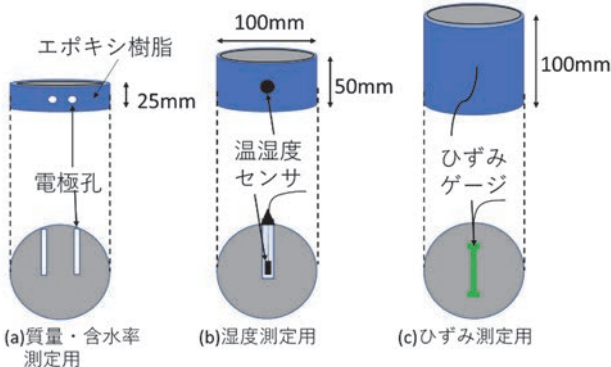


図-1 供試体概要

表-1 試験ケース

	初期条件	試験条件	厚さ (mm)	材齢 (日)
WA-25-91	水中 20℃ (W)	乾燥 20℃ 60% (A)	25	91
WA-50-28			50	28
WA-50-91			50	91
WA-100-91			100	91
DB-25-91	乾燥 50℃ 40% (D)	吸湿 20℃ 80% (D)	25	91
DB-50-28			50	28
DB-50-91			50	91
DB-100-91			100	91

キーワード 乾燥試験，吸湿試験，相対湿度，含水率，ひずみ

連絡先 〒939-0398 富山県射水市黒河 5180 富山県立大学 環境・社会基盤工学科 TEL 0766-56-7500

り、測定された質量変化率と 3%を超える差が見られた。この質量変化率の差は、乾燥開始時の粗大空隙からの水分流出と、ゲル水や毛細管水としての残存が考えられた。

3.2 含水率と湿度の関係

図-3 に乾燥試験および吸湿試験における含水率と湿度の関係を示す。乾燥開始時の含水率は 7~8%であり、計算上の初期含水率が 7.0%であったため、適当な測定値であった。乾燥が進み含水率が 3.4~4.2% (平均値 3.9%) を下回ったとき、湿度が 100%から下がり始めた。湿度 100~80%の範囲で、厚さが小さい WA-25-91 の同一湿度の含水率が WA-50-91 の値に比べて小さくなった。湿度 80~65%の範囲では、すべてのケースで同様の傾向を示した。

吸湿試験において、すべてのケースがある程度同様の傾向を示した。吸湿試験の含水率と湿度の関係は、65~85%の範囲で乾燥試験とおおむね同じ経路を通ることが確認できた。全体の大まかな傾向は 3 直線で表され、含水率 4%前後と 1% (湿度 80%) 前後で傾きが変化した。

3.3 湿度とひずみの関係

図-4 に乾燥試験と吸湿試験の湿度とひずみの関係を示す。なおグラフでは各試験の開始時のひずみを 0 としている。乾燥試験において 3 ケースともに内部の湿度が 100%の状態では 100×10^{-6} 程度の収縮側のひずみが見られ、含水率の低下に応じて収縮が生じた。WA-50-28 の同一湿度のひずみは、乾燥開始材齢が早いこと WA-50-91 の値に比べ収縮側に大きくなった。また WA-100-91 のひずみが WA-50-91 の値に比べ収縮側に大きくなった。これは厚さが大きいほど、供試体全体の湿度の平均値が小さくなることで収縮側のひずみが大きくなったことが考えられた。

吸湿試験では、ばらつきが大きいものの、湿度が約 70%から約 85%までの増加に対して 100×10^{-6} 程度の膨張となった。湿度とひずみの関係を直線とみなすと、乾燥試験の単位湿度あたりのひずみ変化量は $12.7 \times 10^{-6}\%$ と計算された。それに対して、吸湿試験の単位湿度あたりのひずみ変化量は $5.3 \times 10^{-6}\%$ であり、乾燥試験の変化量に比べて小さくなることを確認できた。

4. まとめ

- (1) 乾燥試験における質量変化率は、供試体厚さが小さいほど、水中養生の開始材齢が遅いほど早く低下した。
- (2) コンクリート内の含水率が 3.9%前後を下回ったとき、湿度が 100%から下がり始めた。
- (3) 含水率と湿度の関係は、乾燥試験と吸湿試験でおおむね同じ経路を通ることが確認された。

- (4) 乾燥試験において、同一湿度における収縮側のひずみは、乾燥開始材齢が長く、供試体厚さが小さい供試体で小さくなった。

謝辞 本研究の一部は、科研費 (20K04645) の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートにおける水の挙動研究小委員会委員会報告書、コンクリート技術シリーズ No.112, 2017
- 2) 片平ら：コンクリート中の含水率および湿度の測定値と乾燥収縮率の関係、コンクリート工学年次論文集, 2015
- 3) 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、コンクリート工学年次論文集, 2010

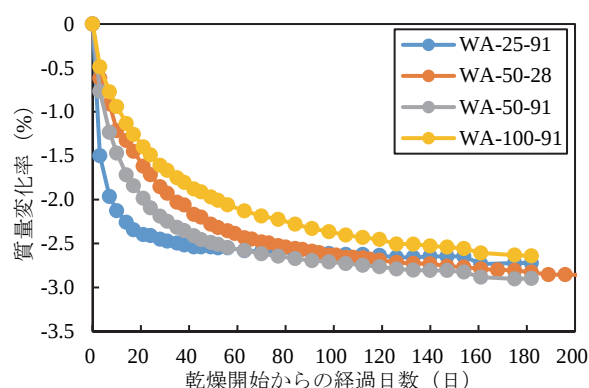


図-2 質量変化率の履歴

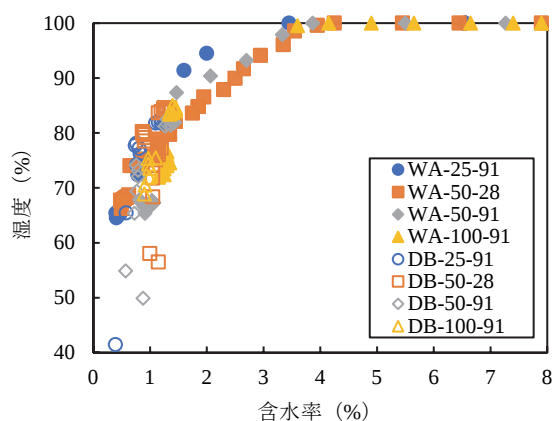


図-3 含水率と湿度の関係

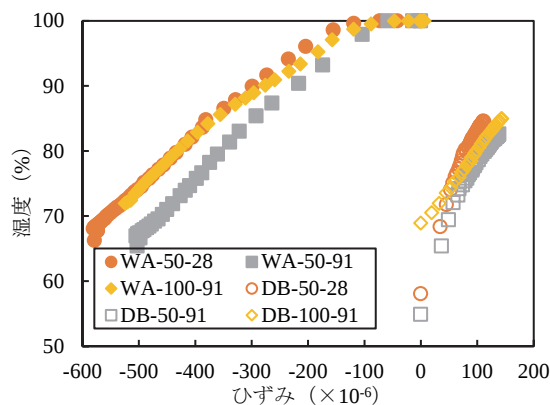


図-4 湿度とひずみの関係