

コンクリート内部の相対湿度および乾燥収縮に及ぼす乾燥開始材齢の影響

太平洋セメント株式会社 正会員 ○三谷 裕二
 太平洋セメント株式会社 正会員 米山 暁
 TAIHEIYO SINGAPOLE PTE.LTD 正会員 大野 拓也
 東京大学大学院 正会員 丸山 一平

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の収縮ひび割れをより高い精度で評価するために、コンクリート断面内の湿度分布、およびそれに応じた収縮ひずみの分布を考慮し、表層部と内部の収縮差にともなう内部拘束応力まで加味した解析手法が検討されている^{1), 2)}。一方で、解析精度を左右する湿度移動特性や収縮特性については明らかになっていない点が多く、またコンクリート内部の湿度・収縮の分布に関する実験データが十分に整備されていないのが実情である。

本報では、乾燥面から異なる深さにおいて、コンクリート内部の相対湿度および乾燥収縮を測定し、各々の挙動・分布に及ぼす乾燥開始材齢の影響を検討した。

2. 実験概要

表-1 にコンクリートの配合を示す。セメントには普通ポルトランドセメント(記号C, 密度 3.16g/cm^3)、細骨材には山砂(記号S, 静岡県掛川市産, 表乾密度 2.56g/cm^3 , 吸水率 1.87% , 粗粒率 2.82%)、粗骨材には硬質砂岩碎石(記号G, 茨城県桜川市産, 表乾密度 2.66g/cm^3 , 吸水率 0.42% , 実積率 60.9%)を用いた。コンクリートの練混ぜは 20°C , R.H. 80% の室内で行い、スランプが $15\pm 2.5\text{cm}$, 空気量が $4.5\pm 1.5\%$ となるようにAE減水剤(リグニンスルホン酸系)およびAE剤(変性ロジン酸化合物系)の添加量を調整した。

図-1 に作製した試験体の概要を示す。試験体の寸法は $300\times 300\times 300\text{mm}$ とし、側面2面を乾燥面として、残りの4面をアルミ箔粘着テープでシールした(V/S= 150mm)。打込み完了後、打込み面にポリエステルフィルムを被せ、その上から湿布で覆った状態で 20°C ・湿潤養生した。試験体を3体作製し、材齢3日, 7日, 28日(以下, 乾燥開始材齢)で各1体を脱型およびシール処理した後、 20°C , R.H. 60% で養生し、試験体内部の相対湿度および乾燥収縮ひずみの

変化を測定した。相対湿度の測定は乾燥面からの深さ 2.5cm , 7.5cm の位置で行い、シールした面から埋設したプラスチック製パイプ($\phi 15\text{mm}$)内に静電容量型湿度センサ(精度: 0.01% , 誤差: $\pm 1.5\%$)を設置して測定した。乾燥収縮ひずみは、乾燥面からの深さ 7.5cm , 15cm の位置に設置した埋込み型ひずみ計を用いて測定した。

3. 実験結果および考察

図-2 に、 20°C ・R.H. 60% 下における乾燥開始材齢3, 7, 28日以降の相対湿度を示す。乾燥面からの深さで比較すると、深さ 2.5cm における相対湿度は深さ 7.5cm より乾燥期間200日程度までの低下速度が明確に大きく、 5% 以上の差が生じていた。なお、深さ 2.5cm の位置における乾燥期間約450日の相対湿度はR.H. $70\sim 75\%$ 程度であり、乾燥面に近い表層部であっても環境条件のR.H. 60% と同等の相対湿度になるには数年間を要するものと考えられる。

乾燥開始材齢で比較すると、乾燥開始材齢28日の乾燥開始時点における相対湿度は、乾燥面からの深さにかかわらず、乾燥開始材齢3, 7日より 5% 程度低い結果であった。また、乾燥期間100日程度までの相対湿度は、乾燥開始材齢28日が乾燥開始材齢3,

表-1 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)			
		W	C	S	G
50.0	45.0	169	338	782	993

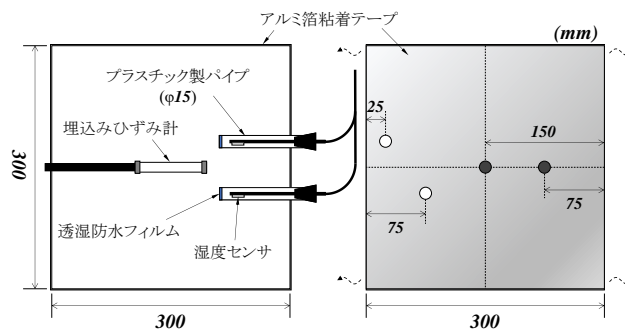


図-1 コンクリート試験体の概要

キーワード 相対湿度, 乾燥収縮, 乾燥開始材齢, 湿度分布

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL 043-498-3915

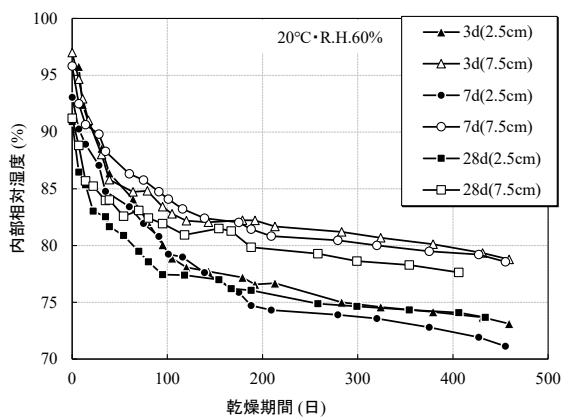


図-2 コンクリート内部の相対湿度

7日より低いものの、乾燥期間 200 日程度以降の相対湿度には明確な差や傾向は認められなかった。すなわち、乾燥開始材齢が大きいほど、相対湿度の長期的な低下速度は小さく、その傾向は乾燥の影響を受け易い深さ 2.5cm において顕著であった。この要因としては、乾燥開始材齢が大きい場合、乾燥前の養生期間における水和反応で自己乾燥が進行し、内部の相対湿度が低下したこと、さらに、養生期間が長いためにコンクリート内部の空隙構造が緻密となり、乾燥下における湿度移動を小さくしたことが考えられる。

図-3 に、深さ 7.5cm および深さ 15cm (中心部) で測定したコンクリートの乾燥収縮ひずみを示す。乾燥開始材齢 3, 7, 28 日の乾燥期間約 450 日における収縮ひずみは、深さ 7.5cm では約 590, 560, 475 $\times 10^{-6}$ 、深さ 15cm では約 505, 445, 415 $\times 10^{-6}$ であり、乾燥開始材齢によらず、乾燥面からの深さが小さいほど収縮ひずみが大きくなった。

乾燥開始材齢の影響を見ると、乾燥開始材齢が大きいほど、収縮ひずみは小さくなっており、乾燥開始材齢 3 日の収縮ひずみと比較して、乾燥開始材齢 7 日では 5~10%程度、乾燥開始材齢 28 日では約 20% 小さい結果であった。

図-4 は深さ 7.5cm における相対湿度と乾燥収縮ひずみの関係を示したものである。乾燥開始材齢にかかわらず、両者の関係は、相対湿度の変化量に対する収縮量が小さい乾燥初期(乾燥期間 28~56 日程度までに相当)の期間 (i) およびそれ以降の期間 (ii) で 2 つの直線に分けられる傾向が認められた。また、相対湿度の変化量に対する収縮量が顕著に生じる期間 (ii) における直線の傾きは、乾燥開始材齢によって

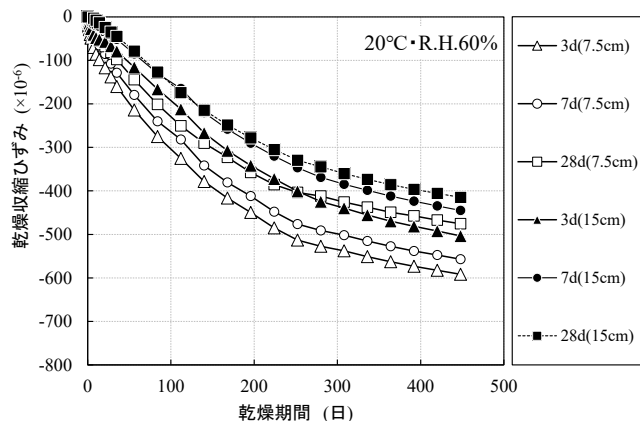


図-3 乾燥収縮ひずみ

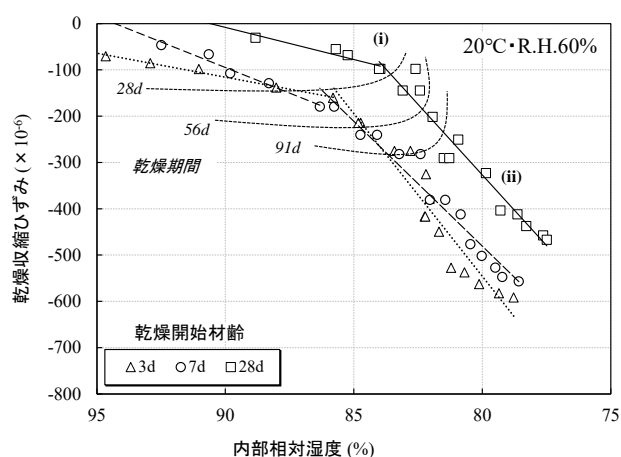


図-4 相対湿度と乾燥収縮の関係

大差ない結果であった。この点については、材齢初期に受ける乾燥がコンクリートの表層部(乾燥面近傍)および内部の水和に及ぼす影響の観点などから詳細な検討が必要であるが、乾燥の影響が比較的小さいコンクリート内部では、乾燥開始材齢(3, 7, 28 日)によらず、概ね同等の硬化体・空隙構造が形成された可能性が示唆される。

4. まとめ

コンクリート内部の相対湿度・乾燥収縮分布に及ぼす乾燥開始材齢の影響を実験的に検討し、乾燥開始材齢が大きいほど、乾燥開始時点の相対湿度が低くなること、長期的な湿度低減速度が小さくなること、乾燥収縮ひずみが小さくなることを示した。

参考文献

- 1) 石川雅美ほか: コンクリートの初期応力解析の最新機能と解析事例, コンクリート工学, Vol.56(5), pp.373-378, 2018
- 2) 溝渕利明ほか: コンクリートの湿気移動解析に用いる各特性の関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.42(1), pp.299-304, 2020