

異なる相対湿度下におけるコンクリートの収縮特性

太平洋セメント株式会社 正会員 ○大野 拓也 三谷 裕二
名古屋大学 環境学研究科都市環境学専攻 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制御をより合理的に行うために、部材内の相対湿度移動・分布を考慮し、表層部と内部の収縮差で生じる内部拘束の影響を含めた形で部材の応力挙動を解析的に推定する方法が検討されている¹⁾。この種の解析精度を高める上では、コンクリートの乾燥収縮と相対湿度の関係を明確にすることが重要であるものの、乾燥収縮に関する既往の知見のほとんどは、相対湿度 60% の条件下におけるものであり、異なる相対湿度下での検討事例は少ないのが現状である²⁾。

本検討では、厚さ 10mm のコンクリート供試体を用いた試験方法により、種々の相対湿度下における収縮ひずみを測定し、乾燥収縮に及ぼす相対湿度の影響を評価した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料を表-1、コンクリートの配合を表-2に示す。水セメント比を50%とし、普通セメント(N)、中庸熟セメント(M)、高炉セメントB種(BB)を用いた3種類のコンクリートについて検討した。コンクリートの練混ぜは、20℃・R.H.80%の室内で行い、スランプおよび空気量がそれぞれ15±2.5cm, 4.5±1.5%となるように単位水量および空気量調整剤を変化させた(AE減水剤の添加率は一定：単位セメント量×0.25%)。

2.2 実験項目および実験方法

図-1 に本検討で用いた乾燥収縮の測定方法を示す。所定の相対湿度下における収縮ひずみを早期に測定するために、直径 100mm、厚さ 10mm のコンクリート供試体(以下、円盤供試体)を用いた。円盤供試体は、φ100×200mm の円柱試験体を材齢 7 日まで 20℃・封緘養生した後、その中央部から 10mm の厚さで切断(ダイヤモンドカッター)して作製した。

円盤供試体は、飽和塩水溶液を用いて 20℃・相対湿度(R.H.) 12, 33, 59, 85%に調湿したデンケータ内で養生し、経時的に質量と収縮ひずみを測定した。円盤供試体の長さは、直径方向(2箇所)の長さをレーザー変位計(精度：0.001mm)にて測定し、収縮ひずみは基長となる直径 100mm、厚さ 10mm のインバー鋼の標準尺との差より算出した。なお、円盤供試体は各水準で3枚作製した。

3. 実験結果および考察

図-2 に乾燥期間 91 日における質量減少率と相対湿度の関係を示す。質量減少率は、所定の相対湿度での養生前の質量(乾燥前質量)と各乾燥期間での質量の差を乾燥前質量で除すことで算出した。質量減少率は、セメント種類によらず、相対湿度が低いほど高い結果であった。セメント種類で比較すると M, BB, N の順に高い傾向が認められた。なお、質量減少率の経時的な挙動を見ると、セメント種類や相対湿度にかかわらず、概ね乾燥期間 14 日程度で一定値に達する傾向であった。

図-3 に R.H.12, 85%下における乾燥収縮ひずみと乾燥期間の関係を示す。乾燥収縮ひずみは、直径方向の長さ変化率(2箇所)より求めており、3体の平均値とした。乾燥収縮ひずみは、相対湿度にかかわらず、乾燥期間 56 日程度でほぼ一定となっており、本試験方法により所定の養生条件下における収縮ひずみの終局値を比較的短期間で評価できる結果であった。

図-4 に乾燥期間 91 日における乾燥収縮ひずみと相対湿度

表-1 使用材料

材料	記号	物理的性質など
セメント	N	普通ポルトランドセメント/ 密度:3.16g/cm ³ , 比表面積:3220cm ² /g
	M	中庸熟ポルトランドセメント/ 密度:3.21g/cm ³ , 比表面積:3230cm ² /g
	BB	高炉セメントB種/ 密度:3.04g/cm ³ , 比表面積:3770cm ² /g
細骨材	S	静岡県掛川市産山砂/ 表乾密度:2.58g/cm ³ , 吸水率:1.85%
粗骨材	G	茨城県桜川市産碎石(碎石 2005)/ 表乾密度:2.64g/cm ³ , 吸水率:0.58%
混和剤	AD	AE減水剤/リグニンスルホン酸系
	AE	空気量調整剤

表-2 コンクリートの配合

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
			W	N	M	BB	S	G
N	50	45.0	169	338	-	-	788	984
M			168	-	336	-	792	989
BB			166	-	-	332	789	985

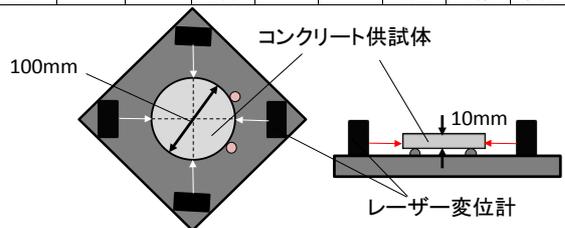


図-1 測定方法

キーワード 相対湿度, 乾燥収縮, 質量減少率, セメント種類

連絡先 〒285-0802 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 : 043-498-3893

の関係を示す。乾燥収縮ひずみは、質量減少率と同様に総じて相対湿度が低いほど大きくなる傾向であったが、R.H.12, 33%下では大差なかった。過去の知見によると、セメントペーストではR.H.20%以下において、ゲル細孔の乾燥や層間水の脱水・移動により、質量減少の割合に比べて収縮が大きくなることが報告されており³⁾、コンクリートを用いた本試験結果はこの傾向と異なった。この要因については、相対湿度の変化が大きいほど顕著と言われる、セメントペーストと骨材の収縮差によって生じる骨材周囲の微細ひび割れの影響⁴⁾などを含め、今後より詳細に検討する必要がある。

セメント種類で比較すると、R.H.12%, 33%下においてMはNやBBより10~15%程度小さく、質量減少率とは異なる結果であった。これについては、乾燥収縮に大きく影響を及ぼす空隙構造や水和生成物の形態・量などの観点から詳細な検討が必要である。

図-5 に乾燥収縮ひずみと相対湿度の関係についてR.H.59%下の乾燥収縮ひずみに対する比を示す。セメント種類によらず上に凸の傾向が認められた。図中には既往の実験結果(供試体:100×100×400mm, 乾燥期間182日)に基づく回帰式を併記しているが²⁾、本試験結果は相対湿度が低い領域において、回帰式より高くなる傾向となった。これは、供試体の寸法によって、供試体内部が所定の相対湿度になるまでに要する期間や湿度勾配による内部拘束が異なり、相対湿度が低いほどその影響が大きいと考えると考えられる。

4. まとめ

直径100mm, 厚さ10mmのコンクリート供試体を用いた試験方法により、材齢7日脱型における種々の相対湿度下の収縮ひずみを測定し、乾燥収縮に及ぼす相対湿度の影響を評価した。得られた知見を以下に示す。

- (1) 質量減少率は相対湿度が低いほど明確に高かった。セメント種類で比較すると、中庸熱セメント, 高炉セメントB種, 普通セメントの順番に高かった。
- (2) 乾燥収縮ひずみは、相対湿度が低いほど大きくなったが、相対湿度12%と33%では大差なかった。また、相対湿度が低い領域において、中庸熱セメントは普通セメントおよび高炉セメントB種より10~15%程度小さく、質量減少率とは異なる傾向であった。
- (3) 本試験方法において乾燥収縮ひずみは、セメント種類や相対湿度にかかわらず、乾燥期間56日程度でほぼ一定となった。

【参考文献】

1) 日本コンクリート工学会：コンクリートの収縮特性評価およびひび割れへの影響に関する調査委員会報告書，

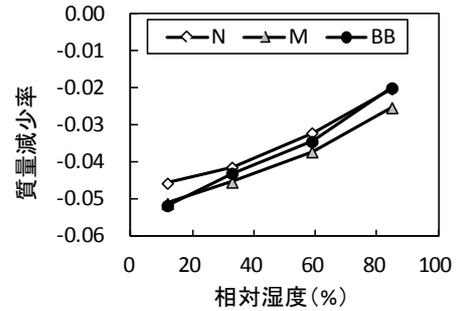


図-2 質量減少率(乾燥91日)と相対湿度の関係

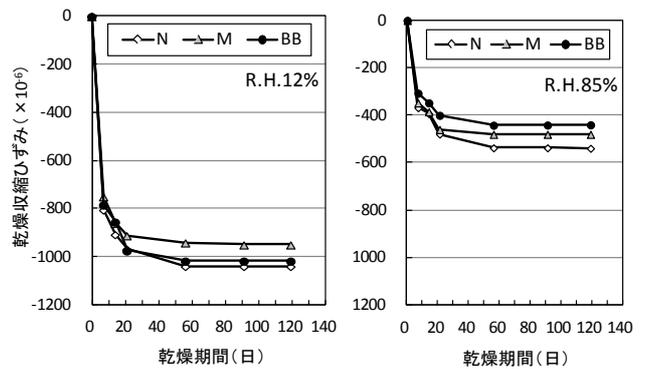


図-3 乾燥収縮ひずみの経時変化

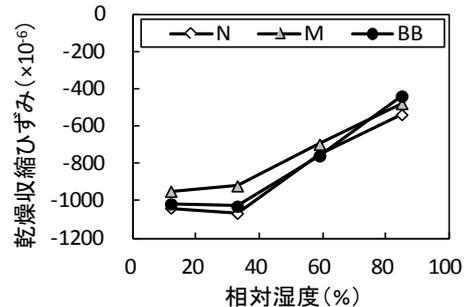


図-4 乾燥収縮ひずみ(乾燥91日)と相対湿度の関係

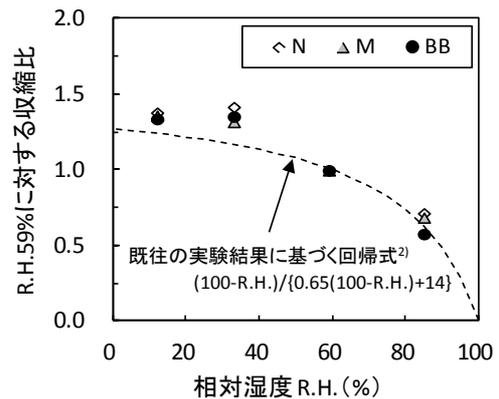


図-5 R.H.59%の乾燥収縮ひずみ(乾燥91日)に対する比
pp.127-132(2012) 2) 三谷裕二ほか:コンクリートの乾燥収縮特性に及ぼす相対湿度の影響, 土木学会第67回年次学術講演会, pp.489-490, 2012 3) 日本コンクリート工学会:コンクリート構造物のクリープおよび収縮による時間依存変形に関するシンポジウム, pp.16-23(2001) 4) 後藤誠史ほか:セメント硬化体の乾燥収縮, セメント・コンクリート, No.508, pp.18-25(1989)