

コンクリート内部の相対湿度・乾燥収縮ひずみ分布に及ぼす各種材料の影響

太平洋セメント株式会社 正会員 ○米山 暁
 太平洋セメント株式会社 正会員 三谷 裕二
 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

コンクリート構造物の長寿命化、高耐久化の観点から、部材レベルの乾燥収縮ひずみを正確に予測し、より合理的な収縮ひび割れ制御を図ることが求められている。近年では、コンクリート断面内の相対湿度分布を考慮し、表層部と内部の収縮差により生じる内部拘束の影響を加味した評価を行うための解析手法^{1,2)}、およびコンクリート内部の相対湿度を実験的に把握する検討³⁾が行われているものの、コンクリート材料を変化させた場合の知見はほとんどないのが実状である。

そこで本研究では、石灰石骨材、膨張材、収縮低減剤を用いたコンクリート内部について、乾燥面からの深さが異なる位置における乾燥収縮ひずみおよび相対湿度を測定し、各々の分布性状に及ぼす材料の影響を検討した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料および配合

表-1 に使用材料、表-2 にコンクリートの配合を示す。セメントは普通セメント(C)とし、細骨材には山砂を、粗骨材には砂岩碎石(G_S)および石灰石碎石(G_L)を使用した。水結合材比(W/B)は 50%とし、膨張材(EX)はセメントに内割り、収縮低減剤(SR)は単位水量に内割りで置換した。コンクリートの練混ぜは 20°C, R.H.80%の室内で行い、スランプおよび空気量がそれぞれ 15±2.5cm, 4.5±1.5%を満足するように、単位水量および AE 剤の添加量を調整した。

2. 2 実験方法

図-1 に供試体の概要を示す。供試体の寸法は 300×300×300mm(V/S=150mm)とし、2面(打込み面-底面を除く)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(封緘)。打込み完了後、仕上げ面からの乾燥を防ぐため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

を行った。その後、材齢 7 日で脱型・封緘処理した後、20°C, R.H.60%下における相対湿度および乾燥収縮ひずみを測定した。乾燥収縮ひずみは、乾燥面からの深さ 7.5cm, 15cm に設置した埋込みひずみ計を用いて測定した。また、コンクリート内部の相対湿度は、乾燥面からの深さが 2.5cm および 7.5cm で測定した。相対湿度の測定は、乾燥面から所定の深さとなる位置に、封緘面から直径 15mm 程度のプラスチック製パイプを埋設し、パイプ内の相対湿度を静電容量型(寸法:φ6mm×16mm, 精度:0.01%, 誤差:±1.5%)の湿度センサを用いて測定した。

表-1 使用材料

材料	記号	特性
セメント	C	普通ポルトランドセメント/ 密度: 3.16g/cm ³
細骨材	S	静岡県掛川市産山砂/ 表乾密度: 2.56g/cm ³ , 実積率: 67.0%
粗骨材 (2005)	G _S	茨城県桜川市産碎石/ 表乾密度: 2.66g/cm ³ , 実積率: 60.9%
	G _L	大分県津久見市産石灰石碎石/ 表乾密度: 2.70g/cm ³ , 実積率: 62.8%
膨張材	EX	石灰系膨張材 20 型
収縮低減剤	SR	低級アルコール系/標準使用量: 6kg/m ³
化学混和剤	AD	AE 減水剤 (I 種)/リグニンスルホン酸系
	AE	AE 剤 (I 種)/変性ロジン酸化合物系

表-2 コンクリートの配合

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
			W	SR	B		S	G	
					C	EX		G _S	G _L
N	50.0	45.0	169	-	338	-	782	993	-
LS			166	-	332	-	788	-	1016
NE			169	-	318	20	782	993	-
NS			163	6	338	-	782	993	-

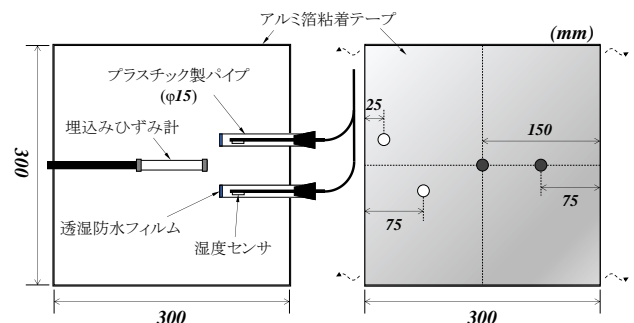


図-1 供試体の概要

キーワード 乾燥収縮, 相対湿度, 石灰石骨材, 膨張材, 収縮低減剤

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

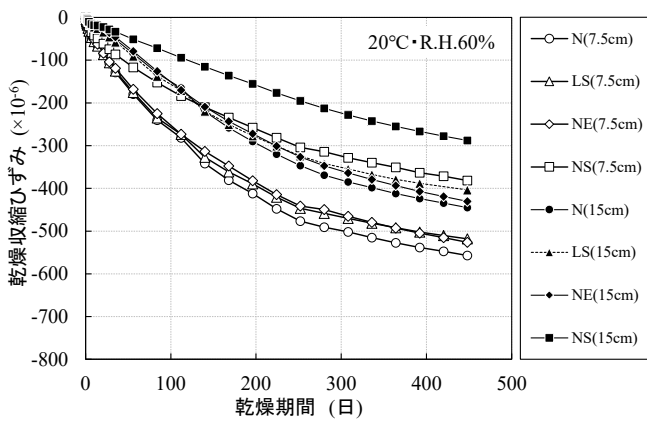


図-2 乾燥収縮ひずみ

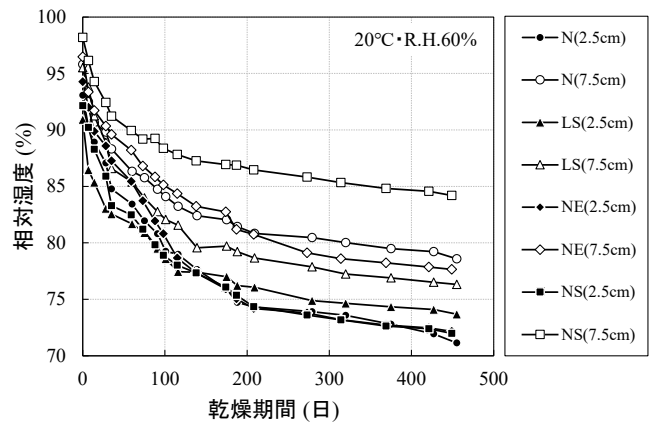


図-3 コンクリート内部の相対湿度

3. 実験結果および考察

図-2 に 20°C・R.H.60%環境下における N, LS, NE, NS の材齢 7 日以降の乾燥収縮ひずみを示す。

乾燥期間約 450 日における N, LS, NE, NS の乾燥収縮ひずみは、深さ 7.5cm では約 560×10^{-6} , 520×10^{-6} , 530×10^{-6} , 380×10^{-6} , 深さ 15cm(中心部)では約 450×10^{-6} , 400×10^{-6} , 430×10^{-6} , 290×10^{-6} であり、いずれの深さにおいても $N > NE > LS > NS$ の順に乾燥収縮が大きかった。N と LS, NE, NS の乾燥収縮ひずみを比較すると、乾燥面からの深さによらず、NE および LS は 5~10%程度、NS は 30~35%程度小さい結果であった。また、深さ 7.5cm の乾燥収縮に対する深さ 15cm の乾燥収縮は、N, LS, NE, NS でそれぞれ 80%, 78%, 82%, 76%であり、材料による顕著な差は見られなかった。

図-3 に深さ 2.5cm(表層部)および深さ 7.5cm で測定したコンクリートの相対湿度を示す。

深さ 2.5cm における相対湿度は、N, NE, NS がほぼ同等であり、乾燥期間約 450 日時点で R.H.72%程度であった。LS の相対湿度は、乾燥初期は他と比較して低いものの、乾燥期間 100 日程度からの低下速度が小さくなり、乾燥期間約 450 日時点では他より若干高かった。一方、深さ 7.5cm における相対湿度は、NS が他より 5%以上高く、相対湿度の低下速度が顕著に小さい結果であった。すなわち、収縮低減剤による相対湿度の低下抑制効果は、乾燥の影響が小さい条件下で大きいことが明らかになった。

深さ 2.5cm と 7.5cm の湿度差を見ると、N が約 8%, NE が約 6%, LS が約 4%, NS が約 12%であり、LS は N より明らかに小さい結果であった。既往の研究

によると、石灰石骨材を使用したコンクリートは硬質砂岩を使用した場合と比較して、石灰石骨材とセメントペーストの収縮差に起因した微細ひび割れが骨材周辺に多数生じることが報告されている⁴⁾。このような微細ひび割れを通じてコンクリート内部の水分移動・拡散が速くなるのが、内部(深さ 7.5cm)における相対湿度の低下、ならびに表層部(深さ 2.5cm)と内部の湿度差の減少に影響した可能性が考えられる。この点については今後詳細に検討する必要がある。

4. まとめ

本研究では、石灰石骨材、膨張材、収縮低減剤を使用したコンクリートについて、乾燥面からの深さに対応した乾燥収縮ひずみおよび相対湿度の分布性状に関する検討を行った。その結果、各材料による収縮低減率は、深さによらず概ね一定であること、NS の内部湿度は、深さ 2.5cm では N と同程度となる一方で、深さ 7.5cm においては長期材齢においても内部湿度が保持されること、LS は、深さ 2.5cm と 7.5cm での湿度差が小さいこと、を示した。

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, pp.127-132, 2012
- 2) 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
- 3) 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に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.42(1), pp.299-304, 2020
- 4) 篠野宏ほか:コンクリートの乾燥により生じるひずみ分布と微細ひび割れ性状の評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.34(1), pp.454-459, 2012