

論文 乾湿変化に伴うセメントペーストの体積変化に及ぼすアルカリ含有量の影響に関する研究

中央大学大学院 理工学研究科土木工学専攻 学生会員 ○小柳 朋宏
中央大学 理工学部土木工学科教授 工博 正会員 大下 英吉

1. はじめに

コンクリートは強アルカリ性であるが、使用するセメントの種類や、大気中の炭酸ガスの影響による中性化によって¹⁾、そのアルカリ含有量は異なる状態にあることが多い。しかし、既往の研究では一定のアルカリ含有量で、体積変化の議論しているものがほとんどである。

硬化コンクリート中の水和生成物は層状構造となっており、その表面は高い電荷を帯びている。コンクリート中の R_2O 濃度が高いと、電荷を帯びた表面とアルカリイオンとの間に電気的反発が発生し、乾燥収縮挙動に影響を及ぼす可能性があると考えられるが²⁾、そのことに関する定量的評価はなされていないのが現状である。

そこで本研究では W/C およびアルカリ含有量をパラメータとして、セメントペーストの乾湿変化に伴う体積変化挙動の測定を行い、セメント硬化体中のアルカリ含有量が体積変化挙動に及ぼす影響評価を行った。セメントペーストの練り混ぜ水に水酸化ナトリウムを添加し、その添加量を調整することによりアルカリ含有量を変化させ、乾燥収縮ひずみを実験により測定した。

2. 実験概要

2.1 実験使用器具及び実験方法

実験は恒温恒湿槽内で 20°C 一定の下で実施した。乾湿変化による長さ変化は、1/1000mm 変位計を用いて測定した。恒温恒湿槽内の乾燥収縮試験機の概要は図-1 に示すとおりである。供試体が長さ変化を起こす際に、設置面と供試体との間に生じる摩擦を低減するため、供試体の下に厚さ 5mm のテフロン板を敷き、さらにその上に厚さ 0.2mm のテフロンシートを 2 枚敷いた。供試体の内部温度変化は、内部温度測定用の供試体に熱電対を 2 ヶ所設置し、測定した。尚、相対湿度の違いによる体積変化の差異を評価するために、相対湿度を 20% 間隔で変化させた。すなわち、湿潤過程では相対湿度 40% から 20% 間隔で上昇させ、最終的に恒温恒湿槽の湿潤限界の 95% まで上昇させた。乾燥過程では相対湿度 95% から 20% 間隔で減少させ、40% まで下降させた。各過程における測定時間は、表-1 に示すとおりである。

セメントは普通ポルトランドセメント、アルカリ含有量の調整には JIS 特級の水酸化ナトリウムを使用した。表-2 に示すように、供試体の W/C は 30%, 50%, 60% の 3 種類とし、セメント質量に対して 0%, 2% の水酸化ナトリウムを添加した。本実験では、乾燥収縮による体積変化のみを測定するために水和、自己収縮が落ち着くとされている材齢 28 日の供試体を作成し、湿潤膨張、乾燥収縮ひずみの測定を行った。供試体は打設してから 24 時間で脱型し、6 日間水中養生、その後 20 日間温度 20°C 、相対湿度 60% の恒温恒湿室内で気中養生した。各パラメータにつき、変位測定用に 3 体、供試体内部温度測定用に 1 体、作成した。供試体サイズは $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 160\text{mm}$ とし、変位計と接触する部分にはネジを取り付け、供試体と変位計がずれないように設置した。

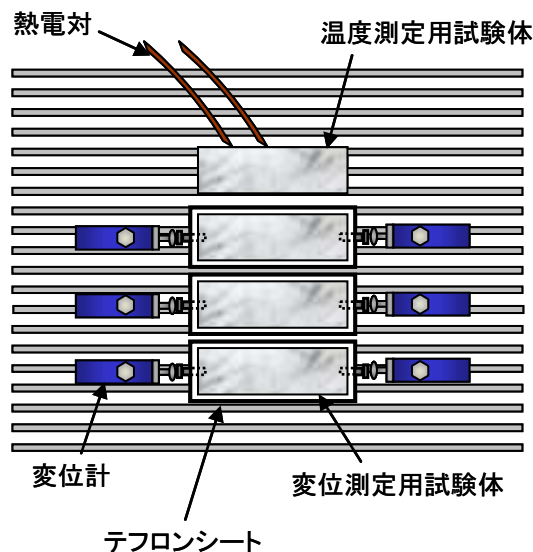


図-1 恒温恒湿槽内部上面図

表-1 各湿度の測定時間

	湿潤過程				乾燥過程		
湿度(%)	40	60	80	95	80	60	40
時間(hour)	14	24	28	28	28	28	32

表-2 セメントペースト配合表

W/C(%)	水(g)	セメント(g)	NaOH(%)	NaOH添加量(g)
30	120	415	0	0
			2	8.31
50	154	314	0	0
			2	6.27
60	165	279	0	0
			2	5.59

2.2 試験材料および配合：乾燥収縮 湿潤膨張 アルカリ含有量 相対湿度

住所：東京都文京区春日 1-13-27, 電話：03-3817-1892, FAX：03-3817-1803

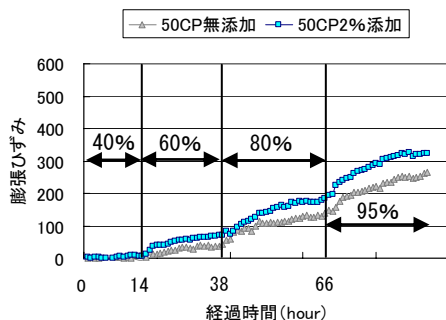


図-2 W/C50%全湿潤過程

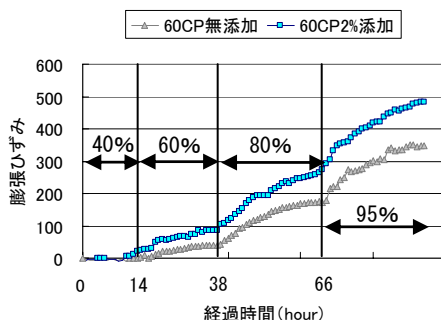


図-3 W/C60%全湿潤過程

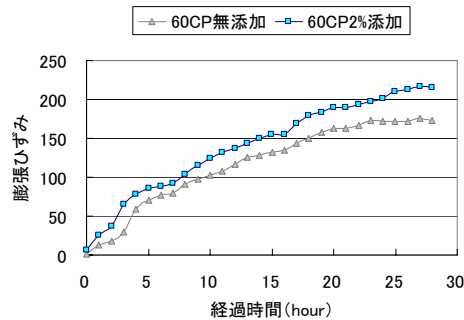


図-4 W/C60%相対湿度 95%過程

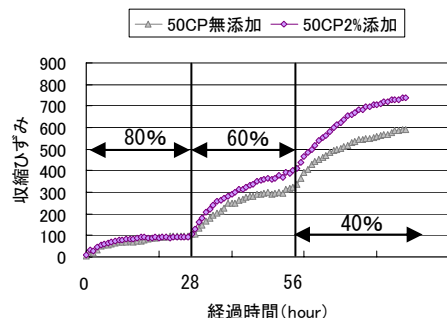


図-5 W/C50%全乾燥過程

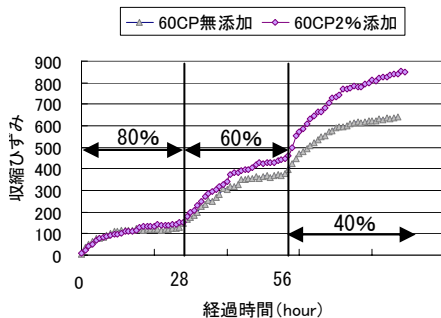


図-6 W/C60%全乾燥過程

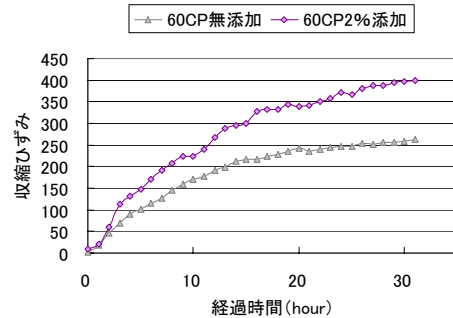


図-7 W/C60%相対湿度 40%過程

3. 実験結果

3.1 湿潤過程

図-2, 3はW/C50%, 60%セメントペーストの全湿潤過程における湿潤膨張ひずみを表しており, 記号▲が無添加, ■が2%添加である. なお, 図-4はW/C60%セメントペーストの湿潤過程において, 無添加と2%添加の湿潤膨張ひずみの差が, 最も顕著である相対湿度95%過程の湿潤膨張ひずみを表したものであり, 図-3中の経過時間66時間を初期値として表したものである.

図-2, 3より, いずれのW/Cにおいても, 水酸化ナトリウム2%添加のセメントペーストの湿潤膨張ひずみが, 無添加のセメントペーストより大きくなっている. 無添加と2%添加の湿潤膨張ひずみの差は, 高湿度領域になるに伴い顕著になっている. 図-4より, W/C60%セメントペーストの相対湿度95%過程では, 約20%膨張ひずみが大きくなっていることが確認できる.

これは, 他の要因もあると思われるが, セメントペースト内部の溶液に存在するNa, Kのアルカリイオンの観点に立脚して現象を論ずると, 相対湿度の増加に伴いアルカリイオンが妨げられた吸着によって膨張圧を形成し, 巨視的な体積変化につながっていると考えられる. さらに, 原因の一つとして相対湿度の上昇に伴って, 分子間のファンデルワールス力は著しく減少し²⁾, 微細空隙中の引き付ける力の減少は, 湿潤膨張に寄与していると考えられる.

3.2 乾燥過程

図-5, 6はW/C50%, 60%セメントペーストの全乾燥過程における乾燥収縮ひずみを表しており, 記号▲が無添加, ◆が2%添加である. なお, 図-7はW/C60%セメントペーストの乾燥過程において, 無添加と2%添

加の乾燥収縮ひずみの差が, 最も顕著である相対湿度40%過程の乾燥収縮ひずみを表したものであり, 図-6中の経過時間56時間を初期値として表したものである.

図-5, 6より, いずれのW/Cにおいても, 水酸化ナトリウム2%添加のセメントペーストの乾燥収縮ひずみが, 無添加のセメントペーストより大きくなっている. 無添加と2%添加の乾燥収縮ひずみの差は, 低湿度領域になるに伴い顕著になっている. 図-7より, W/C60%セメントペーストの相対湿度40%過程では, 約40%収縮ひずみが大きくなっていることが確認できる.

4. まとめと今後の課題

水酸化アルカリはセメントペーストの湿潤膨張, 乾燥収縮挙動に影響を及ぼし, 練り混ぜ水に水酸化ナトリウムを添加したことによりセメントペーストの体積変化は大きくなった. セメントペースト中のアルカリ含有量が, 乾湿変化に伴うセメントペーストの体積変化に影響を及ぼす原因の一つとして考えられる.

アルカリ含有量の違いによる, セメント硬化体の細孔構造に対する影響, 微細空隙における表面張力が R_2O 濃度の変化により受ける影響の評価は, 今後の課題とする.

参考文献

- 1) 島袋出, 佐々木崇, 大下英吉: 中性化によるpH遷移が塩化物イオンの吸脱着性状に及ぼす影響に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集第26巻, 第1号pp1029-1034, 2004
- 2) Francoise Beltzung, Folker H.wittmann: Colloidal Mechanisms of Hygral Volume Change of Hardened Cement Paste