

V-99

アルカリ・シリカ反応におけるセメントの種別と膨張の関係

鶴岡池組・技術研究所 正会員 金光 真作
 同 上 正会員 三浦 重義
 同 上 正会員 川西 順次

1. まえがき

コンクリートにおいては、アルカリ・シリカ反応がおこる条件として、1)反応性シリカの存在、2)限度量以上の水酸化アルカリ、および3)水分の存在、が挙げられている。しかし、筆者らが行った実験によると¹⁾、アルカリ・シリカ反応の発現にはセメントの水和反応が必要であり、また水和反応が微増期に達した後はアルカリ・シリカ反応の進行が停止するような湿度の環境（水和反応が抑制される低湿度の環境は除く）に一定の期間以上おかれると再発現しない等、セメントの水和反応がアルカリ・シリカ反応に大きく影響することがわかった。

これらのことから、セメントの水和過程の相違がアルカリ・シリカ反応に与える影響を調べることを目的に、普通、早強、中腐熱等のポルトランドセメント（以下、セメント）や超速硬セメントの他に、高炉セメントやフライアッシュセメントについても、セメントの種別と膨張の関係について調べた。

以下に、実験結果を報告する。

2. 実験方法

モルタルバーの作成および測定方法はASTM C 227に従って行った。実験に用いたセメントおよび、同セメントのアルカリ量を表-1に示す。実験に用いた骨材は、微細な石英結晶からなる堆積岩系の骨材2種類である。セメントのアルカリ量の調整は、塩化ナトリウムと水酸化ナトリウム、または塩化ナトリウムのみによって行った。骨材の性質を表-2に示し、モルタルの配合を表-3に示す。

表-1. セメントのアルカリ構成比

セメント 番号	セメント種別	セメントのアルカリ量*		
		Na ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O
1	普通ポルトランドセメント(1)	0.61	0.23	0.57
2	普通ポルトランドセメント(2)	0.85	0.39	0.70
3	早強ポルトランドセメント	0.61	0.22	0.60
4	中腐熱ポルトランドセメント	0.63	0.17	0.70
5	超速硬セメント	0.90	0.47	0.65
6	高炉セメントB種	0.85	0.42	0.65
7	フライアッシュセメントB種	0.84	0.41	0.66

* $R_0 = Na_2O + K_2O \times 0.658$

表-2. 骨材の性質

骨材 番号	岩種名	化学法測定結果		化学法の 判定結果
		Sc *	Rc *	
1	堆積岩(1)	134	29.8	有害
2	堆積岩(2)	58.0	35.0	有害

* Sc: 溶解シカ量, Rc: 7%が濃度減少量(mmol/l)

表-3. 供試体の配合

配合 番号	配合比			アルカリ の調整剤	使用骨材 番号
	水	セメント	骨材		
1	0.5	1	2.25	NaCl, NaOH*	1
2	0.556	1	2.25	NaCl	2

* アルカリの調整量はNaCl: NaOH=1:1である。

3. 実験結果及び考察

3種類のポルトランド

セメントと超速硬セメント

について、アルカリ量

と膨張の関係を調べ、図

1にその結果を示す。

この図によると、アルカ

リ量が0.61~1.5%の範囲では、普通、中腐熱の両セメントが同

程度の膨張を示し、早強セメントは前二者よりやや大きい膨張を

示した。これらに対し、超速硬セメントは前記3種類のセメント

に比べ40~70%程度大きい膨張発現を示している。一方、膨張の

発現時期および膨張発現期間は図-2に示すように、試験に供し

た4種類のセメントともほぼ等しく、材令1~4か月の期間に膨張発現がおおむね完了し、材令5か月以

降は膨張量にほとんど変化が見られない。

以上のことから、セメントの水和過程の相違は膨張発現量には影響を与えるが、膨張の発現期間には影

響を与えないようである。

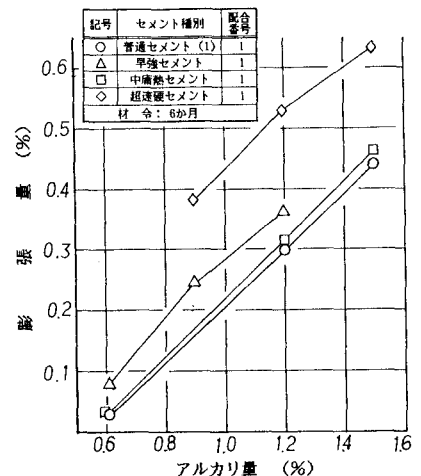


図-1. アルカリ量と膨張量の関係

次に、高炉セメントB種（以下、高炉セメント）およびフライアッシュセメントB種（以下、フライアッシュセメント）の両混合セメントについてアルカリ量と膨張との関係、ならびに材令と膨張との関係を調べた。実験結果を図-3、4に示す。アルカリ量と膨張との関係は図-3 によると高炉、フライアッシュセメントともに普通セメントを用いた場合に比べ膨張の発現量が大幅に減少している。膨張減少率 $\{100-(\text{混合セメント使用時の最大膨張量}/\text{普通セメント使用時の最大膨張量}) \times 100\}$ は、アルカリ量 1.5%の高炉およびフライアッシュセメントは両者ともに72%、アルカリ量が 2.0%の場合では前者が52%、後者は69%であった。高炉およびフライアッシュセメントの膨張発現傾向は図-4 に見られるように、若材令時の膨張速度は普通セメントを用いたものに比べ小さいが、図-2 に示したポルトランドセメント等の場合と異なり材令 5か月以降も膨張の発現が継続している。高炉セメントを用いた場合の材令 6か月時の膨張量は、膨張発現がほぼ停止している材令11か月時の79%であり、フライアッシュセメントの場合は70%であった。

このように、混合セメントの膨張発現期間がポルトランドセメントに比べ長期化する原因は、硬化体中に均一に分布する傾向がある溶出した Na_2O ²⁾ が、普通セメント等と比べ高炉セメントやフライアッシュセメント等の硬化体中を移動しにくいと ³⁾ と考えられる。

4. まとめ

以上の実験をまとめると以下のようなものである。

(1) アルカリ・シリカ反応による膨張の発現量は、普通および中庸熱ポルトランドセメントでは同程度であるが、早強ポルトランドセメントはやや大きく、超速硬セメントは前3者に比べさらに大きい。

(2) 普通、早強、中庸熱等のポルトランドセメント、および超速硬セメントの膨張発現期間はほぼ同じであるが、高炉セメントやフライアッシュセメント等の混合セメントは前記4セメントに比べ膨張発現の期間が長い。

(3) 高炉セメントB種またはフライアッシュセメントB種を用いた場合の膨張量は、普通ポルトランドセメントを用いた場合に比べ、アルカリ量 1.5%では70%、アルカリ量が 2.0%になると50~70%減少した。

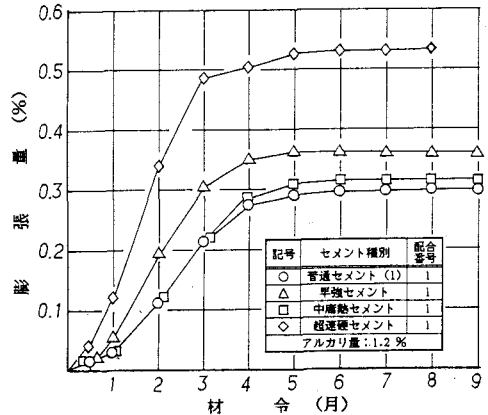


図-2. 各種セメントの材令と膨張の関係

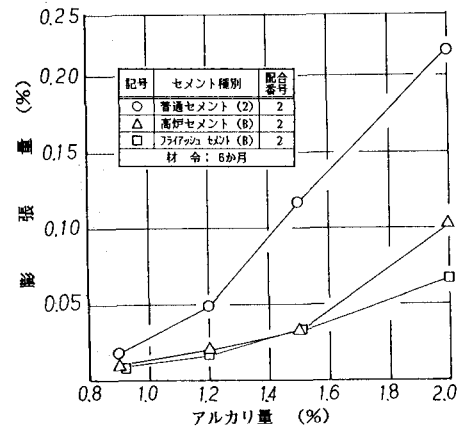


図-3. アルカリ量と膨張量の関係（混合セメント）

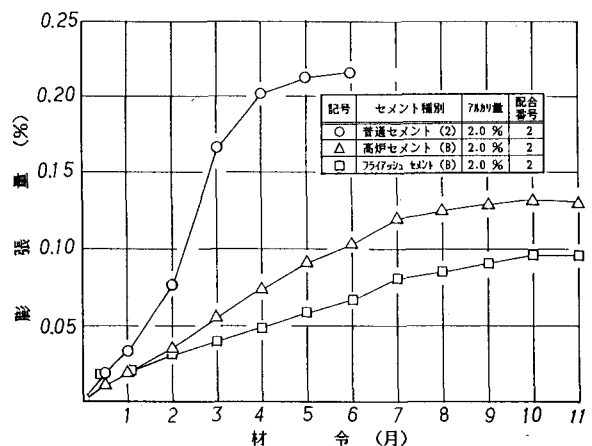


図-4. 材令と膨張の関係（混合セメント）

参考文献 1) 金光、三浦、山本、川西：若材令時の養生がアルカリ・シリカ反応に与える影響、第10回コンクリート工学年次講演会、1988年、講演予定
2) 内川 浩：混合セメントの水および構造形成に及ぼす混合材の効果（その4）、セメント・コンクリート No. 488、Oct. 1987、pp33~48
3) 内川 浩：硬化セメントペースト中のアルカリイオンの拡散に及ぼす高炉水砕スラグおよびフライアッシュ混合の効果、セメント・コンクリート No. 460、June. 1985、pp20~27