

フライアッシュの混和がセメント硬化体の溶脱特性に及ぼす影響

ハザマ 正会員 ○福留和人
 ハザマ フェロー会員 喜多達夫
 ハザマ 正会員 小川 潔

1. はじめに

放射性廃棄物処分施設に用いるセメント系人工バリア材料では、数千年、数万年オーダーの耐久性が求められ、水和物の溶脱による劣化を適切に評価することが必要である。これらの研究において、フライアッシュの混和がCa⁺等の溶脱、溶脱に伴う組織の粗大化を低減することが明らかとされている¹⁾。一方、一般的な環境条件にあるコンクリートからの水和物の溶脱は、通常の構造物の耐用年数の間では、大きな問題になることは少ないと考えられるが、今後、酸性雨の影響も含めて検討を加えていくことも必要になると考えられる。また、フライアッシュを多量に用いた硬化体の実用化を進めるためには、水中における長期安定性の確保が不可欠であり、溶脱特性の評価が必要である。

本報では、既報²⁾に引続き、浸せき期間 52 週後の溶脱溶脱特性の調査結果について報告する。

2. 使用材料・配合および試験体

表-1 に使用材料の一覧を、表-2 にセメントおよびフライアッシュの化学成分を示す。表-3 に試験ケースを示す。試験体は、水結合材比 35% のペーストとし、40×40×

160mm の角柱供試体の中心部からメチルアルコールを冷却溶媒として切り出した 20×20×20mm の試験体とした。試験体の養生は、温度 50℃ の封緘養生とし、養生期間は、水和がほぼ終了した後の試験開始となるように約 2 年間とした。

3. 試験項目および試験方法

(1) 浸せき条件：浸せき水として、イオン交換水を使用し、水量は、2,000ml とした。浸せき期間は、52 週とし、1,5,9,13,17,21,26 週において、液交換を行った。浸せき水の交換および浸せき容器（ポリ容器）の保管は、それぞれ窒素ガスを充てんしたグローブボックスおよびデシケータ内で行った。

(2) 試験項目および試験方法：浸せき水の交換時に pH および液相組成の測定を行った。液相組成の測定は、イオンクロマト法 (Ca²⁺) および吸光度法 (Si) によった。固相分析として浸せき開始前および 52 週浸せき後、試験体の中央の切断面の EPMA による面分析を行った。また、示差熱重量分析 (TG-DTA) により浸せき開始前の水酸化カルシウム量 (以下、CH) の定量

表-1 使用材料

使用材料	種類	仕様
セメント C	普通ポルトランドセメント (セメント協会研究用)	密度:3.15g/cm ³ 比表面積:3,090cm ² /g
フライアッシュ F	JIS II 種 FA2	密度:2.34g/cm ³ 比表面積:4,040cm ² /g
	細粉 FA1	密度:2.52g/cm ³ 比表面積:9,170cm ² /g
混和剤	硬化促進剤	NaCl 特級試薬
水 W	イオン交換水	

表-2 セメントおよびフライアッシュの化学成分

材料	化学成分 (%)								
	Igloss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
OPC	0.53	30.0	5.28	2.63	64.6	2.11	2.00	0.25	0.55
FA2	2.39	56.5	22.5	10.1	4.67	0.77	0.42	0.20	0.91
FA1	4.25	51.3	29.7	4.69	4.52	1.08	0.65	0.60	0.61

表-3 試験ケース

No	W/(C+F) (%)	フライアッシュ F		硬化促進剤
		種類	F/(C+F) (%)	
1	35	—	—	—
2		FA2	30	—
3			50	—
4			85	W×3.3%
5		FA1	30	—

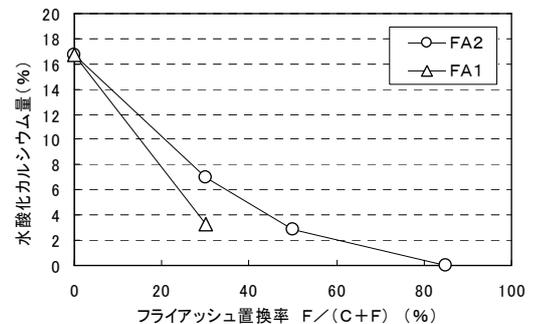


図-1 フライアッシュ置換率と CH 量の関係

キーワード：溶脱，耐久性，フライアッシュ，セメント硬化体，EPMA

連絡先：ハザマ技術研究所，〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 tel: 029-858-8813, fax: 029-858-8819

を(図-1)行った。

4. 試験結果

(1) 液相分析結果：図-2 および図-3 にそれぞれフライアッシュ置換率と累積Ca²⁺溶脱量およびSi溶脱量の関係を示す。Ca²⁺の溶脱は、フライアッシュ置換率の増加に伴って低減している。これは、フライアッシュ置換率の増加およびポズラン反応によるCHの消費により、CHの含有量が低減することによると考えられる。図-4 に示すように、CH量と浸せき52週までの累積Ca²⁺溶脱量は、高い相関が見られる。一方、Siの溶脱量は、フライアッシュ置換率との関係が一定でなく、置換率30、50%で増加し、85%では、無置換より低下した。置換率85%ではCa²⁺およびSiのいずれも溶脱量は、少ない。

(2) 固相分析結果：表-1 にEPMAによる面分析結果 (CaおよびCa/Si, 上面溶脱面) を示す。フライアッシュ無添加の場合には、Caの溶脱が進行しており、溶脱部分の境界、いわゆる変質フロント¹⁾は、2mm程度に達している。フライアッシュ置換率の増加に伴い、変質フロント深さは、大幅に小さくなっている。フライアッシュを85%と多量に用いた硬化体では、変質フロントが確認できないほど小さくなっており、水中において安定した特性を有していると言える。

5. まとめ

- ①フライアッシュ置換によりCH量が低減し、置換率の増加に伴ってCa²⁺の溶脱量、変質フロント深さとも低減される。
- ②フライアッシュを85%と多量置換した硬化体は、水中において安定した特性を有している。

【参考文献】1) 山本, 広永他：各種セメント系材料の溶脱特性の比較その1,2, 土木学会全国大会 V 部門, 2004.9, 2) 福留他：フライアッシュを混和したセメント硬化体の溶脱特性に関する研究, 土木学会全国大会 V 部門 2006.9

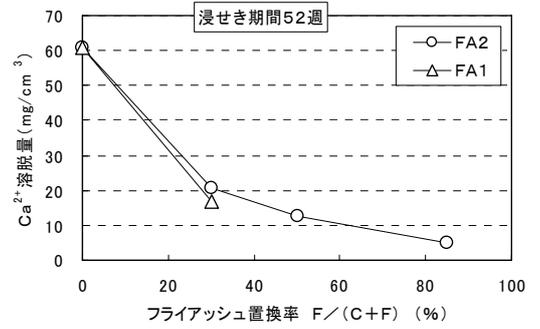


図-2 フライアッシュ置換率と累積Ca²⁺溶脱量の関係

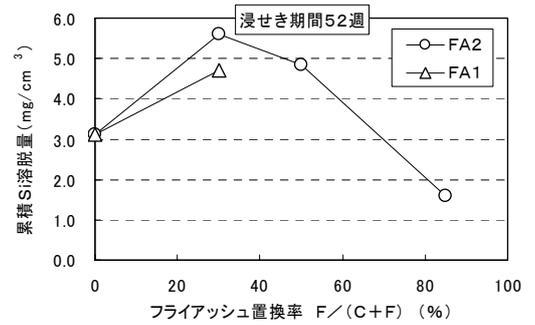


図-3 フライアッシュ置換率と累積Si溶脱量の関係

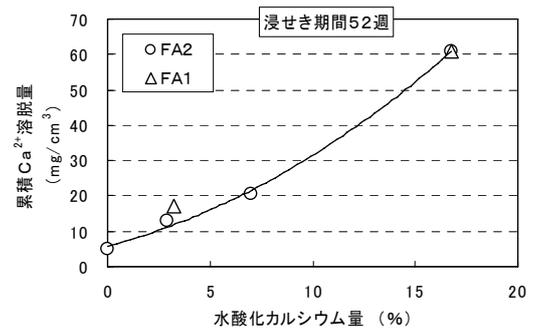


図-4 CH量と累積Ca²⁺溶脱量の関係

表-4 EPMAによる面分析結果

フライアッシュ種類		F A 2					濃度
		—	30%	50%	85%	F A 1	
Fa/(C+FA)		0%	30%	50%	85%	30%	
Ca/Si	1mm						4.69 4.38 4.06 3.75 3.44 3.13 2.81 2.50 2.19 1.88 1.56 1.25 0.94 0.63 0.31 0.00
	1mm						
Ca	1mm						50.00 46.00 43.75 40.53 37.50 34.38 31.25 28.13 25.00 21.88 18.75 15.62 12.50 9.38 6.25 3.13 0.00
	1mm						