

## フライアッシュを用いたコンクリートの遮塩性に関する基礎試験

電源開発(株) 茅ヶ崎研究センター 正会員 佐藤 道生  
 電源開発(株) 茅ヶ崎研究センター 正会員 井下 一郎

### 1. はじめに

フライアッシュを用いたコンクリートは一般に遮塩性、水密性に優れ、海洋コンクリートに適するとされている。これはフライアッシュのポゾラン反応に伴う水酸化カルシウムの減少や、フライアッシュの反応生成物が析出することによる細孔構造の緻密化等の理由によるとされている。一方、普通ポルトランドセメントや高炉セメントを用いたコンクリートと比較して、フライアッシュを用いたコンクリートは暴露試験や塩水浸漬試験等により塩分拡散係数を検討した事例が少ないため、遮塩性能を照査するために十分なデータが得られていないのが現状である。耐久性向上等多くの利点を有するフライアッシュを、より使用しやすい混和材とするためには、遮塩性等耐久性に関する基礎データの蓄積が重要である。そこで、フライアッシュを用いたコンクリートの遮塩性能に関する基礎資料を得ることを目的に、塩水浸漬試験を実施した。本報告は、フライアッシュを用いたコンクリートの塩分拡散係数の一例を報告するとともに、高炉セメントB種の遮塩性能との比較を行うものである。

表 - 1 使用材料

セメント	T社製普通ポルトランドセメント、比重3.16 T社製高炉セメントB種、比重3.04
フライアッシュ	N火力発電所産、JISフライアッシュ 種、 比重2.28、ブレン値3500cm <sup>2</sup> /g
A E 減水剤	P社製標準型( 種) 変性リグニンスルホン酸化合物
A E 剤	P社製フライアッシュ用A E 剤( 種)
粗骨材	石灰石砕石、表乾比重2.72
細骨材	陸砂と石灰石砕砂の混合砂、表乾比重2.62

### 2. 使用材料及び配合

セメントは、普通ポルトランドセメント(以下OPC)をベースにフライアッシュ置換率30%としたフライアッシュセメントC種(以下FC)及び高炉セメントB種(以下BB)とした。試験対象とする配合は、比較的大きな断面の海洋コンクリート(凍結融解を受ける飛沫帯)を想定し、粗骨材最大寸法40mm、スラブ厚8cm、12cm、空気量5.5%としている。

使用材料を表 - 1 に、配合表及び圧縮強度を表 - 2 に示す。いずれも単位水量が小さく、単位結合材量が最大で約300kg/m<sup>3</sup>と比較的貧配合である。材齢28日での圧縮強度は、FCで27~37N/mm<sup>2</sup>、BBで37~48N/mm<sup>2</sup>であり、同一水結合材比ではBBの強度が大きい。

### 3. 試験方法

以上の配合について10×10×40cmの供試体を作成し、前養生(温度20℃、湿度約100%にて噴霧養生)を28日間行った後、塩水浸漬試験を開始した。塩水浸漬試験は、塩水浸漬過程(40℃の海水中に浸漬、12時間)と乾燥過程(60℃の気中乾燥、24時間)を1サイクルとし、これを80サイクル繰り返した。塩水は、NaCl濃度3%の人工海水を使用した。分析には、コンクリート表面より乾式ドリルにて深度毎に採取したコンクリート粉末を用いた。試料の塩分濃度分析はJCI-SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」に準拠して実施した。

表 - 2 配合表及び圧縮強度

セメント種別	SL	W/P (%)	Air (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )						圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )		
				W	C	F	P	S	G	3日	7日	28日
FC (F/P=30%)	8 cm	45	5.5	126	196	84	280	736	1196	20.4	25.5	37.5
		50	5.5	126	176	76	252	765	1192	15.1	21.8	32.4
		55	5.5	126	160	69	229	793	1186	13.9	20.4	31.2
	12 cm	45	5.5	131	204	87	291	727	1180	14.5	24.0	33.7
		50	5.5	131	183	79	262	756	1178	12.2	19.8	29.8
		55	5.5	131	167	71	238	784	1172	10.8	18.0	26.8
BB	8 cm	45	5.5	131	291	0	291	734	1192	19.4	32.5	47.9
		50	5.5	131	262	0	262	763	1188	17.7	29.3	43.2
		55	5.5	131	238	0	238	790	1182	15.4	25.3	37.2
	12 cm	45	5.5	138	307	0	307	721	1172	15.2	27.5	43.9
		50	5.5	138	276	0	276	751	1170	12.8	24.8	40.2
		55	5.5	138	251	0	251	778	1164	12.2	22.3	38.7

キーワード：フライアッシュ、拡散係数、ポゾラン反応、海洋コンクリート、耐久性

連絡先：〒253-0041神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎1-9-88 0467-87-1211 Fax0467-87-7319

4. 試験結果

(1) 塩分濃度分布

塩分濃度分布の一例（可溶性塩分濃度、水結合材比45%）を図-1に示す。FCはBBと比べ全域で塩分濃度が低い傾向にある。全塩分濃度及び他の水結合材比でも同様の傾向が見られ、FCは比較的塩分の浸透が小さい傾向を示す。

(2) 拡散係数

塩化物イオンの濃度分布をもとに、塩分拡散係数を求めた。塩分拡散係数はFickの第2法則に従うものとして算定した。塩分拡散係数の算定結果を表-3に示す。FCは全ての配合で $10^{-8} \text{cm}^2/\text{sec}$ 程度であり、同一水結合材比の条件ではBBとほぼ同等の値を示す。従って、同一圧縮強度の条件ではFCはBBと比較して同等以上の遮塩性能を有すると考えられる。

なお、水結合材比による差が明確ではないが、深度別の試料数が少ないためと考えられる。

(3) 水結合材比と塩分拡散係数の関係

今回の試験結果と土木学会コンクリート標準示方書<sup>1)</sup>に記載の回帰式の関係を図-2に示す。図中には別途実施した試験値<sup>2)</sup>も記載した。FCはBBとほぼ同等の拡散係数であり、示方書に記載の回帰式とほぼ同等の値である。既往試験の結果は今回の試験結果と比べやや高いが、前養生日数が7日と短く、組織が緻密になる以前に塩水環境に曝されたためと考えられる。換言すれば、混合セメントの場合塩水浸漬試験では前養生の長短が与える影響は大きいと思われる。

5. まとめ

ファイッシュを用いたコンクリートを対象に塩水浸漬試験を実施し、遮塩性能を検討した。結果は次のとおりである。

- 1) 同一水結合材比の条件下で、FCはBBと比べて強度が小さいが、同等以上の遮塩性能を有する。
- 2) FCの拡散係数は、高炉セメントの拡散係数予測式による推定値とほぼ同等であった。
- 3) 塩水浸漬試験では、前養生の影響が大きい。

今回の報告は、限られた条件での検討に基づいており、普遍的な結論を得るには至っていない。ファイッシュを用いたコンクリートの遮塩性を明確にするにはさらなる試験データの蓄積が必要である。

【参考文献】1) 土木学会：コンクリート標準示方書施工編-耐久性照査型-、1999 2) 鍵本ら：橘湾火力発電所新設工事で採用したファイッシュC種セメントを用いたコンクリートの耐久性、電力土木、No.274、1998.3、pp33-37

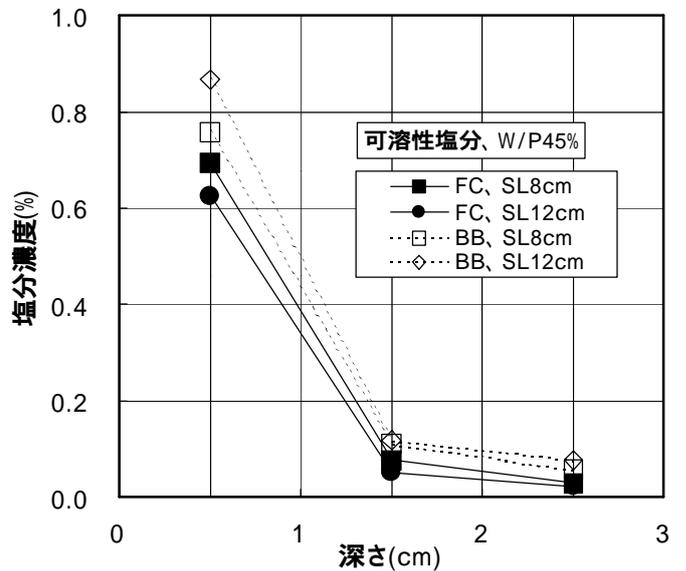


図-1 塩分濃度の一例

表-3 塩分拡散係数

セメント種別	SL	W/P (%)	Air (%)	塩分拡散係数 ( $\times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{sec}$ )	
				全塩分	可溶性塩分
FC (F/C+F=30%)	8 cm	45	5.5	1.00	0.84
		50	5.5	1.20	0.96
		55	5.5	0.97	0.77
	12 cm	45	5.5	1.10	0.76
		50	5.5	1.20	0.88
		55	5.5	1.10	0.88
BB	8 cm	45	5.5	1.50	0.92
		50	5.5	1.60	0.98
		55	5.5	1.50	0.98
	12 cm	45	5.5		1.10
		50	5.5		0.94
		55	5.5		0.95

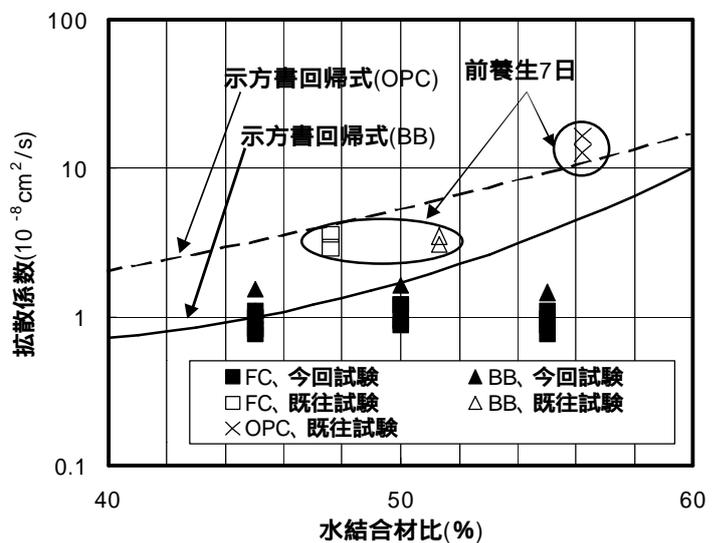


図-2 水結合材比と拡散係数