

放射性セシウムを含有する焼却飛灰のセメント固化に関する研究

BASF ジャパン(株)正会員 ○馬場 勇介矢口 稔

清水建設(株)正会員 杉橋 直行正会員 西川 洋二

1. はじめに

東日本大震災に伴う原子力発電所の事故により、各市町村の清掃センターから排出される焼却灰に放射性セシウムが含まれている場合がある。こうした焼却灰の処分方法は、環境省より「8,000Bq/kg を超え 100,000Bq/kg 以下の焼却灰等の処分方法に関する方針」(平成 23 年 8 月 31 日)で通達されており、焼却灰をセメント等で固化したうえで、これらが水と接触しないような対策を講じる必要がある。焼却灰をセメント固化する際には、その処理量(焼却灰固化物 1m³ 当たり)に占める焼却灰体積)を高めることが求められており、施工に必要な流動性および所定の軸圧縮強度を確保したうえで、できる限り単位水量・単位セメント量を低減することが必要である。

そこで、本研究では、焼却灰セメント固化物の単位水量および単位セメント量の低減を図るべく、混和剤による減水効果や強度増進効果について実験的検討を行った。また、焼却灰セメント固化物の基本特性を把握する目的で、単位セメント量 - 軸圧縮強度 - 放射性セシウム (¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 溶出率の関係についても併せて検討を行った。

2. 試験概要

表-1 に使用材料を、表-2 に各シリーズの検討概要および配合を示す。シリーズ 1 では、既往の実験¹⁾の配合を参考にし、N および Ash-A を用いた条件で、混和剤無使用(PL)を対比として、主成分の異なる 8 種類の減水性混和剤、2 種類の早強(急結)性混和剤の効果を検討した。また、両者を併用した場合の、減水・強度増進効果についても併せて検討した。

シリーズ 2 では、単位セメント量 - 軸圧縮強度 - 放射性セシウム溶出率の関係を明らかにすべく、BB および Ash-B を用いた条件で、単位セメント量を 50, 150, 250kg/m³ として検討した。また、シリーズ 1 で減水効果の確認された OC について、その減水効果や強度発現性を併せて検討した。

試験項目は、ミニスランプ(JIS A 1101 に規定される 1/2 の大きさのスランプコーンを使用)、軸圧縮強度(JSCE-G 505)、放射性セシウム溶出量(JIS K 0058-1)とした。なお、練混ぜ

表-1 使用材料

	種類	記号	物理的・化学的性質
練混ぜ水	上水道水	W	-
セメント	普通ポルトランドセメント	N	密度:3.16 g/cm ³
	高炉セメントB種	BB	密度:3.04 g/cm ³
焼却灰	焼却飛灰	Ash-A	密度:2.41 g/cm ³ , 放射性セシウム濃度:5,320 Bq/kg
		Ash-B	密度:2.35 g/cm ³ , 放射性セシウム濃度:11,900 Bq/kg
混和剤	減水剤(超遅延剤)	OC	オキシカルボン酸化合物
	AE減水剤	LS	リグニンスルホン酸化合物(粉末)
	AE 減水剤(高機能タイプ)	PC1	ポリカルボン酸エーテル系化合物
	高性能減水剤(超高強度コンクリート用)	PC2	ポリカルボン酸エーテル系化合物
	高性能AE 減水剤	PC3	ポリカルボン酸エーテル系化合物
	高性能減水剤	NS	ナフタリンスルホン酸系化合物
		MS	メラミンスルホン酸系化合物
		PAE	PAE化合物
	早強剤	CL	塩化カルシウム(粉末)
	急結剤	AL	水溶性アルミニウム塩

表-2 シリーズ 1, 2 の検討概要および配合

シリーズ	検討概要	焼却灰の種類	セメントの種類	W/C (%)	焼却灰体積 (%)	単位量 (kg/m ³)			混和剤
						W	C	Ash	
1	減水成分の検討	Ash-A	N	80.0	46.8	380	475	1128	なし(PL), OC, LS, PC1, PC2, PC3, NS, MS, PAE
	早強成分の検討								なし(PL), CL, AL
	減水・早強成分を使用した系の基本特性			80.0	46.8	380	475	1128	なし(PL), CL
					51.1	350	438	1232	OC, OC + CL
					53.9	330	413	1299	OC
				100.0	50.0	380	380	1205	なし(PL), CL
					53.9	350	350	1299	OC, OC + CL
2	単位セメント量と一軸圧縮強度およびセシウム溶出率の関係の検討	Ash-B	BB	680.0	64.4	340	50	1513	なし(PL)
				226.7	61.1		150	1436	
				136.0	57.8		250	1358	
				210.0	63.6	315	150	1495	OC

には、ホバートミキサを用いた。また、軸圧縮強度用供試体はφ50×100mm とし、試験材齢まで室内で封緘養生した。

キーワード 放射性セシウム, 焼却飛灰, セメント固化, 混和剤, 軸圧縮強度, 溶出率

連絡先 〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2722 BASF ジャパン(株) 建設化学品事業部 TEL 0467-59-5184

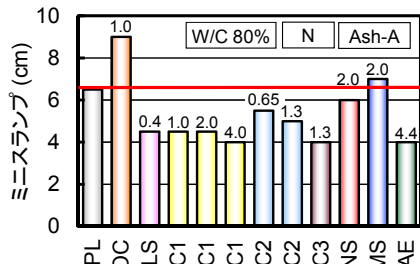


図-1 減水性混和剤の種類とミニスランプ

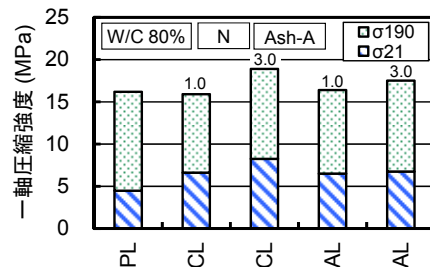


図-2 早強性混和剤の種類と一軸圧縮強度

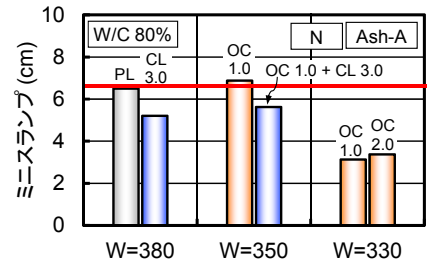


図-3 OC の減水効果

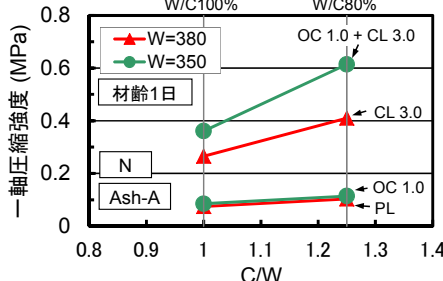


図-4 C/W と一軸圧縮強度(材齢 1 日)

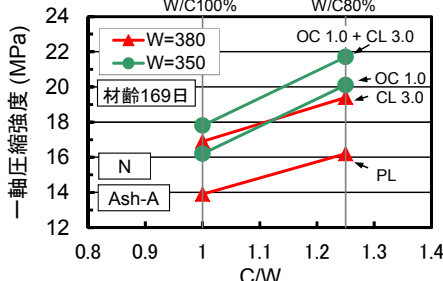


図-5 C/W と一軸圧縮強度(材齢 169 日)

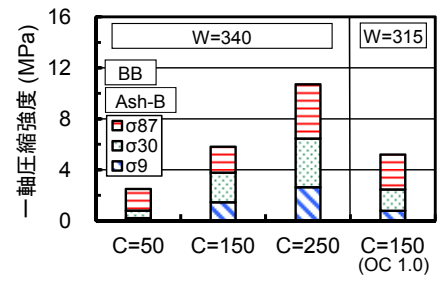


図-6 単位セメント量と一軸圧縮強度

3. 試験結果および考察

3.1 シリーズ 1

図-1 に減水成分の種類とミニスランプの関係を示す。図中の数値は混和剤の使用量 (P×%) を表している。対比の混和剤無使用 (PL) と比較して、OC はミニスランプが増大し、その効果が認められたが、その他の混和剤は逆に流動性が低下する傾向を示した。これは、焼却灰に 20%程度含有する塩化物イオンが、混和剤の分散作用に影響しているためであると考えられる。図-2 に早強成分の種類と一軸圧縮強度の関係を示す。早強成分の使用量の増大に伴い、一軸圧縮強度は増大する傾向にあり、とくにその効果は CL が大きく、P×3%使用した場合には材齢 21 日で PL と比較して 84%の強度増進効果が認められた。図-3 に OC の減水効果を示す。図中の記号および数値は、混和剤の種類とその使用量を表している。OC を P×1.0%使用した場合、PL の単位水量から 30 kg/m³ 減じた 350kg/m³ の条件で PL と同等の流動性が得られ、7%程度の減水効果が認められた。一方、単位水量をさらに減じた 330 kg/m³ の条件では、OC の使用量を増大しても同等の流動性は得られなかった。また、CL を併用した場合には、無使用と比較して流動性がやや低下する傾向にあった。図-4 および図-5 に C/W と一軸圧縮強度の関係を示す。何れの W/C においても、CL を用いることで PL と比較して強度が増進する傾向が認められた。また、その効果は、OC を併用し単位水量を減じた場合、より顕著に認められた。

3.2 シリーズ 2

図-6 に単位セメント量と一軸圧縮強度の関係を示す。何れの材齢においても、単位セメント量の増大 (W/C の低下) に伴い一軸圧縮強度が直線的に増大する傾向にあった。また、図示していないが、単位セメント量 150kg/m³ のケースで OC を P×1%使用した場合、シリーズ 1 と同様に 7%程度の減水効果 (25kg/m³) が得られたが、一方で図-6 に示すように強度発現性はやや低くなる傾向が認められた。図-7 に一軸圧縮強度と放射性セシウム溶出率の関係を示す。横軸を対数表記とした場合、両者には線形性が認められた。焼却灰をセメント固化する際には、その処理量が高めるために、規定を満足する範囲でできる限り単位水量・単位セメント量を低減することが有効であるが、放射性セシウムの溶出抑制の観点からは、単位セメント量を増大し、一軸圧縮強度を増大させることが効果的であることが示唆された。

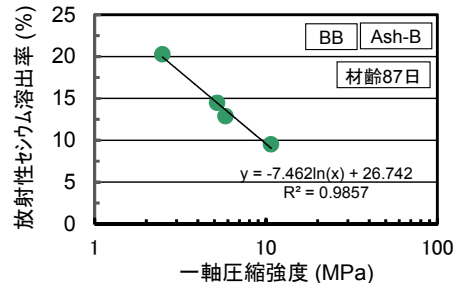


図-7 一軸圧縮強度と放射性セシウム溶出率

4. まとめ

- 1) オキシカルボン酸化合物を主成分とする混和剤は高い減水性を示し、P×1.0%使用した場合 7%程度に相当する減水効果が得られる。また、塩化カルシウムを主成分とする混和剤は高い強度増進効果を示す。
- 2) 一軸圧縮強度 (対数表記) と放射性セシウム溶出率の関係は線形性を示し、強度の増大に伴い放射性セシウムの溶出が抑制される。

参考文献

- 1) 西川洋二, 高垣哲也, 杉橋直行, 東利博, 遠藤和人: 放射性物質を含む焼却飛灰のセメント固型化処理に関する実証業務, 土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集, CS10, pp.27-28, 2012.9