

石炭灰と生コンスラッジの混合物に関する基礎的研究

(株)熊谷組 正会員 ○河村 彰男
同上 正会員 林 順三
同上 金森 誠治

1. はじめに

石炭火力発電所から発生する石炭灰に関する有効利用状況は、セメント分野の占める割合が依然として高く、セメント分野以外での有効利用があまり進んでいないのが現状である。セメント生産量の将来予測では生産量の大幅な伸びは期待できない状況であることから、セメント分野以外での有効利用技術の開発が急務であるといえる。一方、生コンスラッジに関しては、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」において原則として管理型産業廃棄物に位置づけられており、廃棄費用や管理型処分場の問題から有効利用技術の確立が課題となっている¹⁾。本報告は、石炭灰と生コンスラッジの混合物の有効利用を目的として実施した試験結果をまとめたものである。

2. 試験概要

2.1 使用材料

使用材料は石炭灰・生コンスラッジ脱水ケーキ（絶乾密度 2.22g/cm^3 ・含水比 104.5%）・高炉スラグ微粉末（密度 2.91g/cm^3 ・粉末度 $8110\text{cm}^2/\text{g}$ ）とし、石炭灰の種類による混合物の物性の違いを評価するために、JIS の 種および種に相当する 2 種類の原粉を使用した。使用した石炭灰の品質を表-1 に示す。

2.2 混合物の配合

あらかじめ実施した試験の結果から、脱水ケーキ中の水分と全微粒分（石炭灰＋脱水ケーキ中の微粒分＋高炉スラグ微粉末）の比率（以下、水粉体比）が 55%前後で一軸圧縮強度が最大となる傾向が認められたことから、水粉体比を 50・55・60%の 3 種類設定した。なお、高炉スラグ微粉末の添加量は、石炭灰質量の 0・3・6%とした。

2.3 混練方法

混練方法は、あらかじめ解砕した生コンスラッジ脱水ケーキをホバート型ミキサーへ投入し、低速で 2 分間混練した後、石炭灰および高炉スラグ微粉末を同時に投入して高速でさらに 5 分間混練した。

2.3 試験項目および試験方法

試験は、一軸圧縮強度試験と溶出試験を実施した。一軸圧縮強度試験は、材齢 1・28・91 日において実施し、溶出試験は石炭灰および生コンスラッジ脱水ケーキと、材齢 28・91 日における混合物について実施した。溶出試験項目は、石炭灰および生コンスラッジ脱水ケーキに関しては、カドミウム・全シアン・有機りん・鉛・六価クロム・ヒ素・総水銀・アルキル水銀・セレン・ホウ素・フッ素の 11 項目、混合物に関しては、鉛・六価クロム・ヒ素・セレン・ホウ素・フッ素の 6 項目とし、環境庁告示第 46 号に準拠して試験を実施した。

試験体の作製（ $\phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ ）は、セメント協会「セメント系固化材による安定処理土の試験方法」に準拠した。養生方法は試験材齢まで試験体をビニール袋で密封して、試験材齢まで 20 ± 2 ・80% R.H. の室内に放置した。

キーワード 石炭灰，生コンスラッジ，一軸圧縮強度，溶出値，有効利用

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組土木本部土木技術部 TEL 03-3235-8646

表-1 石炭灰の品質

	原粉A 種相当	原粉B 種相当	参考（JIS A 6201）			
			種	種	種	種
二酸化ケイ素 (％)	66.6	55.9	45.0以上			
水分 (％)	0.10	0.10	1.0以下			
強熱減量 (％)	1.00	3.30	3.0以下	5.0以下	8.0以下	5.0以下
密度 (g/cm ³)	2.10	2.19	1.95以上			
粉末度	45μふるい残分(％)	28.7	29.9	10以下	40以下	40以下
	比表面積 (cm ² /g)	3110	2400	5000以上	2500以上	2500以上
フロー値比 (％)	100	101	105以上	95以上	85以上	75以上
活性度 指数	材齢28日 (％)	83	77	90以上	80以上	80以上
	材齢91日 (％)	94	91	100以上	90以上	90以上
メレンブル吸着量 (mg/g)	0.42	1.14				
Fe ₂ O ₃ (％)	2.53	5.63				
Al ₂ O ₃ (％)	31.4	28.9				
CaO (％)	2.72	2.74				
MgO (％)	0.57	1.64				
Na ₂ O (％)	0.46	0.40				
K ₂ O (％)	0.51	1.50				
pH	11.8	11.8				

3. 試験結果および考察

3.1 一軸圧縮強度試験結果

一軸圧縮強度試験結果を図-1に示す。一軸圧縮強度は、石炭灰の種類および高炉スラグ微粉末の添加にかかわらず、材齢とともに増加している。石炭灰の種類による強度発現の違いは、高炉スラグ微粉末を6%添加した材齢91日の結果を除いて明瞭には現れていない。高炉スラグ微粉末の添加率による強度発現は、材齢にかかわらず概ね添加率に比例して大きくなっている。水粉体比と一軸圧縮強度との関係は、材齢1日では明瞭な関係が認められないが、材齢28日以降では水粉体比が大きくなるほど一軸圧縮強度が大きくなる傾向を示している。これらの結果から判断すると、生コンスラッジ中の微粒分に含まれている未水和のセメント成分と、石炭灰および高炉スラグ微粉末が反応して長期的な強度が増進しているものと考えられる。また、材齢1日における一軸圧縮強度はいずれの場合も300kN/m²前後の値を示している。一軸圧縮強度(q_u)とコーン指数(q_c)の間には $q_c = 10 \sim 15 \cdot q_u$ の関係があることから²⁾、コーン指数としては3000 kN/m²以上の値が得られることになり、第1種処理土としての有効利用が可能なものといえる。

3.2 溶出試験結果

溶出試験結果を表-2・3に示す。使用材料については、いずれも六価クロムの溶出値が土壤環境基準値を超えており（ハッチング部分）、さらに原粉Aではセレン・フッ素、原粉Bではセレン・ホウ素・フッ素の溶出値が土壤環境基準値を超えている。この結果から、いずれの材料についても有効利用する場合には何らかの手段で重金属の溶出を土壤環境基準値以内に抑える必要がある。一方、混合物では、石炭灰の種類にかかわらず、高炉スラグ微粉末の添加率が3%以下では六価クロムの溶出値が土壤環境基準値を超えているが、添加率が6%の場合にはすべての項目で溶出値が土壤環境基準値以内に抑制されている。高炉スラグ微粉末は六価クロムに対して還元作用があり、粉末度が細かいほど還元能力が大きく、石炭灰からの六価クロム溶出に対して抑制効果があることが明らかにされている³⁾。本試験においても、既往の研究とほぼ同じ傾向を示しており、高炉スラグ微粉末を添加することにより、混合物の有効利用が可能になるものといえる。

参考文献：1)畑中ら、生コンスラッジの現状と利用の可能性、Vol. 34, No. 8, pp. 49～58, 1996. 8, 2)（財）先端建設技術センター：建設汚泥リサイクル指針、1999.11, 3)（財）石炭利用総合センター：石炭灰

の有効利用技術に関する研究（硬化体に関する技術その1）、2001. 3

表-3 混合物の溶出試験結果

試験項目	原粉A+Sg0%		原粉A+Sg3%		原粉A+Sg6%		原粉B+Sg0%		原粉B+Sg3%		原粉B+Sg6%	
	材齢 28日	材齢 91日	材齢 28日	材齢 91日	材齢 28日	材齢 91日	材齢 28日	材齢 91日	材齢 28日	材齢 91日	材齢 28日	材齢 91日
鉛	0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
六価クロム	0.45	0.084	0.084	0.051	<0.005	0.015	0.42	0.085	0.13	0.064	0.030	0.034
ヒ素	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
セレン	0.006	0.002	0.003	<0.002	0.004	<0.002	0.008	0.003	0.008	0.003	0.005	0.002
ホウ素	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1
フッ素	0.26	<0.08	0.19	0.10	0.29	0.13	0.29	0.10	0.31	0.12	0.28	0.15

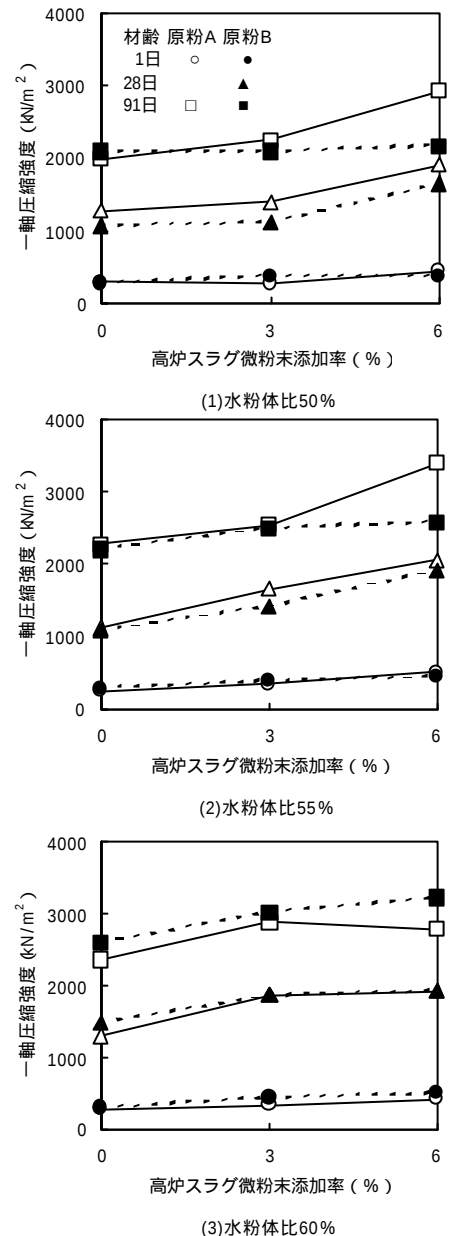


図-1 一軸圧縮強度試験結果

表-2 使用材料の溶出試験結果

試験項目	原粉A	原粉B	生コン スラッジ	土壤環境基準値
カドミウム	<0.001	<0.001	<0.001	0.01
全シアン	<0.01	<0.01	<0.01	検出されないこと
有機りん	<0.01	<0.01	<0.01	検出されないこと
鉛	<0.001	<0.001	0.005	0.01
六価クロム	0.085	0.13	0.13	0.05
ヒ素	0.019	0.003	<0.001	0.01
総水銀	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005
アルキル水銀	<0.0005	<0.0005	<0.0005	検出されないこと
セレン	0.095	0.083	<0.001	0.01
ホウ素	3.3	5.5	<0.1	1
フッ素	0.12	4.5	0.17	0.8