

石炭灰の高流動コンクリートへの適用に関する研究

九州工業大学○学生会員 税田 賢二

正会員 出光 隆

学生会員 佐野 史佳

九州電力

正会員 畑元 浩樹

1. まえがき

石炭灰は、石炭燃焼に伴う副産物であり、リサイクル法では指定副産物としてその有効利用が望まれている。現在利用されている石炭灰は、その種類(ボトム、節炭器、AH、MC、1次EP、2次EP、etc)により、路盤改良、軽量骨材、セメント混和材等として用いられているが、その有効利用率は発生量の50%程度である。本研究は、フライアッシュの粒形を生かして、高流動コンクリートの結合材として石炭灰を有効利用しようとするものである。

表-1 石炭灰分析結果

結合材	湿分(%)	強熱減量(%)	比重	ブレン値(c m ² /g)
国内炭	0.10	1.56	2.25	4620
外国炭	0.12	1.58	2.23	3840
JIS規格	1.0以下	5.0以下	1.95以上	2400以上

2. 使用材料および試験方法

石炭灰には、国内炭は1次EP灰から、外国炭(ユーラン炭:オーストラリア産)は原粉サイロ(1次、2次EPの混合灰)からそれぞれ採取したものを使用した。表-1に石炭灰の分析結果を示す。

表-2 配合表(s/a=50(%), P=550(kg/m³))

炭種	No.	水結合材比 w/p (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
				結合材		骨材		減粘剤	
				普通ポルトランドセメント	石炭灰	粗骨材	細骨材	AE剤 (775s)	高性能AE減粘剤 (レオビルドSP8HS)
国内炭	1	23.6	50	275	275	798	863	0.055	9.9
	2	24.5				791	856		
	3	25.5				785	849		
	4	26.4				778	842		
	5	27.3				772	835		
	6	28.2				766	828		
外国炭	1	30.9	50	275	275	745	805	0.055	9.9
	2	31.8				738	799		
	3	32.7				732	792		
	4	33.6				726	785		
	5	34.5				719	778		

本研究に使用した細・粗骨材の粒度曲線は、いずれも標準粒度内に入っている。高流動コンクリートの

配合を得る場合、充填性の優れた細骨材率で骨材の配合を決定すれば、コンクリート中の余剰ペーストが増し、流動性が良くなるという考えに基づいて、s/aを変えて実績率試験を行った結果、後記の図-4に示すように、細骨材率s/aは約50%でピーク値を得た。そこでs/a=50%で単位水量wを変化させる方針で実験を進めた。まず、モルタル粘性試験により良好なwを探し、そのモルタルに粗骨材を加えて高流動コンクリートを得る方法をとった。高流動コンクリートのコンシステンシー評価方法として、スランブフロー試験、および充填試験を用い、判定基準は20秒後のフロー値55cm以上、充填値30cm以上とした。配合表を表-2に示す。

3. 実験結果および考察

3.1 モルタル試験結果

図-1にB型粘度計による各モルタルの粘度と降伏値の関係を示す。モルタルの練り上がり状況を見ると国内炭ではおよそw=140(kg/m³)、外国炭ではw=180(kg/m³)で良好なモルタルが得られた。

3.2 コンクリート打設試験結果

図-2～図-3に単位水量とフロー値、充填値の関係を示す。フロー値が70cm以上では材料分離が生じるので、その上限を70cmと考えると、国内炭はw=140～150(kg/m³)、外国炭はw=175～180(kg/m³)の範囲で、先に述べた高流動コンクリートとしての充填値、スラン

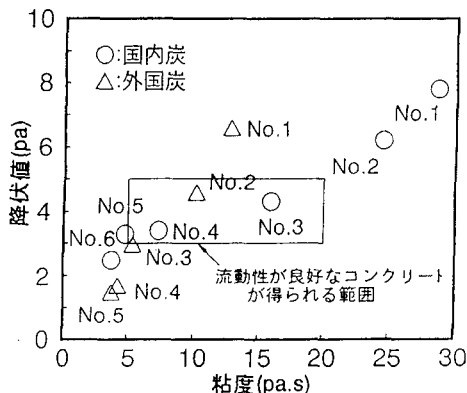


図-1 モルタルの粘度-降伏値の関係

ブフロー値の基準値を満たしている。外国炭の特徴は国内炭に比べ最適単位水量が大きいことや、単位水量の変化に対してフロー値、充填値が敏感であることなどである。上記の結果で、流動性良好と見なされるコンクリート中のモルタルと同配合のモルタルの粘度試験結果を調べてみると、図-1に示すように最適なモルタルは粘度5〜20(Pa・s)、降伏値3〜5(Pa)となっている。

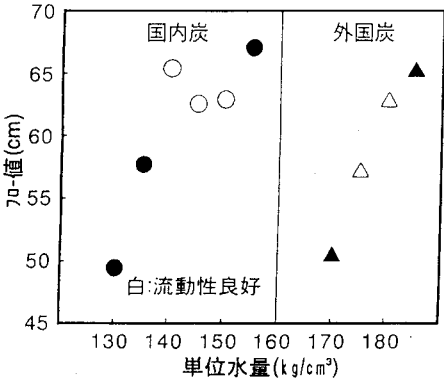


図-2 単位水量とフロー値の関係

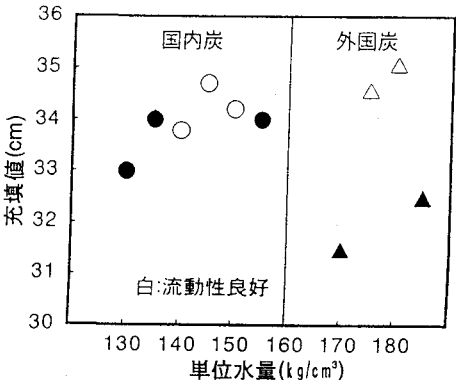


図-3 単位水量と充填値の関係

さて、実積率試験では骨材だけ用いてs/aを定めたのであるが、コンクリートには結合材も含まれてくるから、最適s/aも変化するはずである。その変化量を求めるため以下の実験を行った。表-3に粗骨材容積を変化させた配合表を

表-3 粗骨材容積を変化させた配合表

示す。これは、表-2で最も良い打設結果を得たw=180(kg/m³)の配合を基に、モルタルの容積比を一定とし、粗骨材容積を

炭種	粗骨材容積変化量(ℓ)	水結合材比 w/p (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m³)						混和剤	
				水 W	結合材		粗骨材	細骨材		A E 剤 (775 s)	高性能 A E 減水剤 (レオビルド SPBHS)
					普通ポルトランドセメント	石灰灰					
外国炭	基本配合	32.7	50.0	180	275	275	732	792		0.0550	9.9
	+40	32.8	45.2	169	258	258	687	903		0.0516	9.3
	+60	32.8	43.0	164	250	250	666	959		0.0500	9.0
	+80	32.6	40.8	158	242	242	644	1014		0.0484	8.7
	+100	32.7	38.7	153	234	234	622	1070		0.0468	8.4

20ℓきざみで増やしていったものである。よってモルタルはw=180(kg/m³)の時と同じものである。

図-4にs/aとフロー値の関係を示す。同図には、s/aと実積率の関係も併示した。コンクリートの最適s/aは約45%となり、実積率試験のピーク値s/a約50%との間に5%程度の差が認められる。

4. 結論

(1)石灰灰は、国内炭ではw=140〜150(kg/m³)、ユーラン炭ではw=175〜180(kg/m³)の範囲で高流動コンクリートの結合材として十分使用可能である。外国炭と国内炭を比較すると、外国炭の方が最適単位水量が大きく、単位水量の変化に対してフロー値、充填値が敏感に変化する。

(2)石灰灰を用いる場合、モルタルの粘度5〜20(Pa・s)、降伏値3〜5(Pa)の範囲であれば良好な高流動コンクリートが得られるようである。

(3)骨材の実積率試験より得られた最適s/aとコンクリートの試験練りより得られた最適s/aには、約5%の差が認められた。

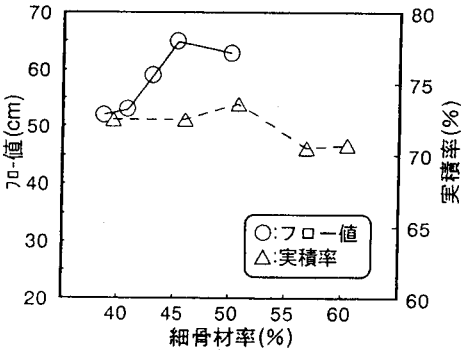


図-4 s/aとフロー値、実積率の関係