

セメントを添加したフライアッシュの不良土改良特性

北海道電力(株) 正会員 五十嵐 由一
 北海道電力(株) 正会員 小野寺 収

1. はじめに

石炭火力発電所の副産物として発生する石炭灰のうち、燃焼ガス中に浮遊する球形微粒子を電気集塵機により捕集したフライアッシュは、ほぼ絶乾状態の粉体であることから土質材料の含水比を調整する能力が高く、高含水比不良土の改良材として利用が期待されている。

しかし今日石炭火力は、燃料に多炭種の海外炭を主力として使用しているため、多種多様な品質のフライアッシュが発生し、品質により不良土改良材としての特性も大きく異なってくる。特に固化特性については、化学組成のうちCaO含有率が影響するといわれており¹⁾、フライアッシュ単体を改良材として利用した場合には、灰種によっては十分な強度発現が得られない場合もある。

以上のことから、単体では不良土改良材として強度が不足するフライアッシュの利用拡大を目指し、少量のセメントを添加したフライアッシュの不良土改良効果を室内試験により確認したので、概要を報告する。

2. フライアッシュ単体による改良効果

フライアッシュ単体による改良効果を確認するため、苫東厚真発電所1、2号機産フライアッシュ6種（A～F灰）と、3号機産PFB C灰1種を表-1に示す不良土に混合して、コーン指数試験（JSFT 716）および一軸圧縮試験（JIS A1216）を実施した。

使用した石炭灰の性状を表-2に示す。PFB C灰は加圧流動床ボイラ方式の発電所から発生する特殊な石炭灰であり、発生量が少なく

安定供給上の課題があるが、CaO含有率が約30%と高いため自硬性があり不良土改良材として適しており、フライアッシュとの対比試料として試験に供した。フライアッシュは、CaO含有率の異なるものを選定した。

試験結果を図-1および図-2に示す。

図-1に示すとおり、トラフィカビリティの指標となるコーン指数（混合30

分後）は、いずれの石炭灰でも混合率が大きくなるに従い増加しており、PFB C灰では約10%の混合率で普通ブルドーザー（21t級程度）の走行可能な700kN/m²が得られている。1号機産フライアッシュはCaO含有率の違いにより強度が大きく変動するが、全般に2号機産フライアッシュより改良効果が大きく、CaO含有率の大きい灰種ではPFB C灰以上の強度が得られている。1号機産フライアッシュのコーン指数改良効果が2号機産フライアッシュより高い原因としては、表-2に示したように、1号機産フライアッシュの方が最適含水比が高いため、不良土の最適含水比を増加させる効果が、2号機産フライアッシュより高いことが考えられる。

図-2に示すとおり、材令7日の一軸圧縮強さは、石炭灰の混合率により増加しているが、図に示す3灰種以外では水浸時供試体が崩壊し、試験できなかった。強度発現性はPFB C灰が最も高く、約16%の混合率で盛

表-1 土の基本物性値

項目		粘土 (CH)
自然含水比	%	41.5
土粒子の密度	g/cm ³	2.715
液性限界	%	49.8
塑性限界	%	25.4
塑性指数	%	24.4
強熱減量	kN/m ²	6.8
コーン指数qc	kN/m ²	193
一軸圧縮強さqu (材齢7日)	kN/m ²	33.7

表-2 石炭灰の性状

灰種	1号(フライアッシュ)				2号(フライアッシュ)				3号
	A灰	B灰	C灰	D灰	E灰	F灰	G灰	PFB C灰	
強熱減量	%	11.1	9.6	17.2	13.7	2.4	2.4	3.3	4.9
二酸化けい素	%	51.7	49.7	54.9	45.0	64.3	52.5	48.4	42.2
酸化アルミナ	%	22.4	14.9	23.4	22.3	23.2	22.5	22.9	9.7
酸化第二鉄	%	5.6	4.5	3.8	5.1	0.6	5.4	12.4	2.4
酸化カルシウム	%	2.4	12.1	6.8	6.5	0	5.9	4.3	30.3
三酸化硫黄	%	0.3	0.9	0.2	0.9	0.2	0.4	0.2	5.1
酸化マグネシウム	%	0.8	2.8	1	1.5	0.2	1.3	1	1.4
土粒子の密度	g/cm ³	2.287	2.47	2.198	2.299	2.274	2.372	2.420	2.969
最大乾燥密度	g/cm ³	1.099	1.145	0.974	1.055	1.236	1.492	1.488	1.347
最適含水比	%	35.3	30.3	38.9	35.1	21.4	17.7	18.3	30.2
水分	%	0	0	0	0	0	0	0	0
砂分	%	13.7	12	16.6	15.1	6	7	6.7	12.5
シルト分	%	82.5	66.5	71.8	75.6	91	86.8	84.4	79.8
粘土分	%	3.8	21.5	11.6	9.1	3	6.2	8.9	7.7

キーワード：フライアッシュ，不良土改良，コーン指数，一軸圧縮強さ，高炉セメントB種

【連絡先】〒067-0033 北海道江別市対雁 2-1 北海道電力(株)総合研究所，Tel 011-343-8008，Fax 011-385-7553

土材料として必要とされる
150 kN/m²の強度²⁾が得
られている。

1号機産フライアッシュ
のうちCaO含有率の高い
2灰種でも、PFBC灰と
同等の改良効果を得るため
には混合率を増加させる必

要があり、単体での使用は強度発現上灰種が限定されることがわかった。

3. セメント添加フライアッシュによる改良効果

苫東厚真発電所1、2号機産フライアッシュ3種（A、D、G灰）に高炉セメントB種を重量比で10%および20%内割添加したものと、3号機産PFBC灰1種を固化材として、フライアッシュ単体による試験と同様の改良効果確認試験を実施した。フライアッシュは、表-2に示したもののうち1号機産ではCaO含有率が低位のA灰と中位のD灰を、2号機産では中位のG灰を使用した。

セメント添加率10%の場合の試験結果を図-3および図-4に、またセメント添加率20%の場合の試験結果を図-5および図-6に示す。

混合30分後のコーン指数、材令7日の一軸圧縮強さとも、図-1および図-2に示したフライアッシュ単体使用の場合に比べ、強度増加しており、また、全般に灰種による強度の変動が小さくなった。図-5および図-6に示すとおり、セメント添加率20%では全灰種でPFBC灰とほぼ同等以上の強度が得られ、また、図-3および図-4に示すとおり、セメント添加率10%では1号産フライアッシュでCaO含有率が中位のD灰は、混合率18以上でPFBC灰とほぼ同等の改良効果が得られた。

4. あとがき

単体では固化材としての利用が難しいフライアッシュでも、少量のセメントを添加することにより、PFBC灰と同等の不良土改良材として適用可能なことが確認できた。今後も産業副産物であるフライアッシュの利用拡大に向け、土質や灰種の違いによる改良効果を検証していく所存である。

【参考文献】

- 1) 山澤文雄、西川純一、佐藤厚子、小林仁、榊原敦仁：石炭灰の土木材料への適応性，地盤工学会北海道支部技術報告集第40号，pp. 275~282，2000. 2
- 2) 北海道開発土木試験所第3研究部土質研究室：北海道における不良土対策マニュアル（案） pp. 31~33

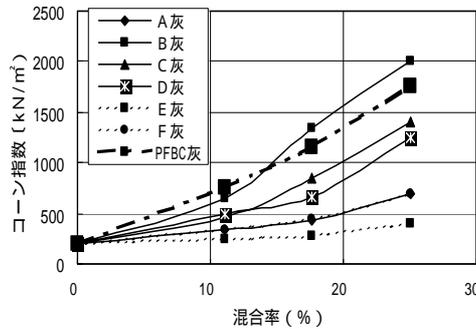


図-1 石炭灰混合率とコーン指数

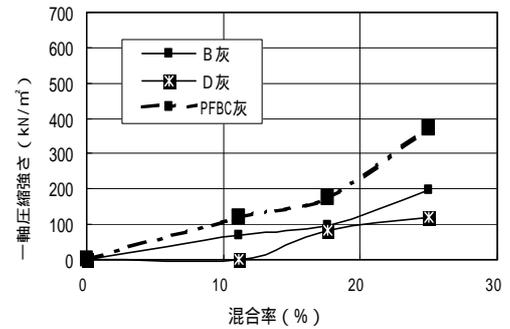


図-2 石炭灰混合率一軸圧縮強さ

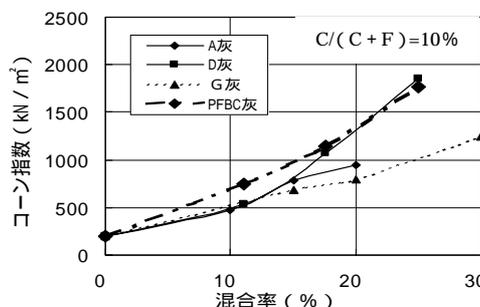


図-3 固化材混合率とコーン指数

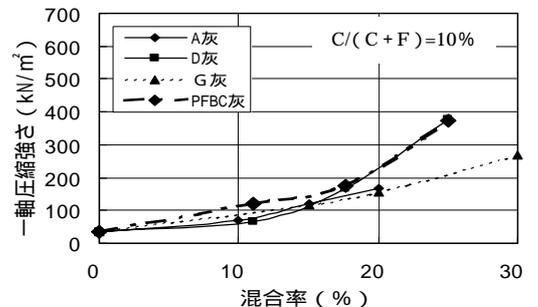


図-4 固化材混合率と一軸圧縮強さ

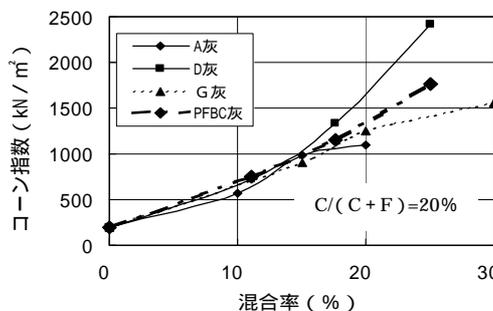


図-5 固化材混合率とコーン指数

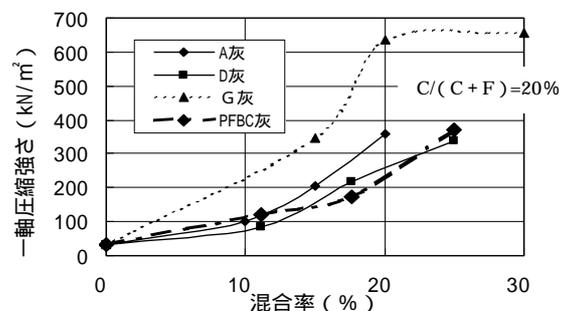


図-6 固化材混合率と一軸圧縮強さ