

石炭灰の軽量固化処理に対する含有成分の影響

熊本大学工学部 学生員 ○桑木 晏奈
同上 正員 鈴木 敦巳 同上 正員 林 泰弘
同上 正員 丸山 繁 同上 赤木 武仁

1. はじめに

現在、わが国ではエネルギー源多様化の必要性により石炭火力発電所の建設を積極的に推進している。それにつれて石炭灰の発生量は年々増加する傾向にある。国内での有効利用率は灰発生量の約半分であり、主に埋め立て材であるが、埋め立て処分地の確保が困難であり、また環境保護面からでも投棄のような処分法は不可能になりつつある。そこで有効利用の一環として、石炭灰に気泡セメントミルクを混合した軽量固化処理による建設材料などへの応用を考えた研究を行ってきた。これまでの研究では主に石炭灰の粒度構成が軽量化・強度特性に及ぼす影響を調べてきた¹⁾。今回は多種類の灰を使用し、特に灰の含有成分が軽量固化処理後の強度に与える影響を検討する。

2. 試料及び実験方法

今回 8 種類の灰について物理・化学試験を行った。図-1 の粒径加積曲線より、曲線の類似性で粒度の粗い・細かいの 2 つのグループ(白、黒)に分け得ることが考えられる。表-1 に物理・化学特性を D_{50} が大きいものから順に示す。灰粒子密度は $2.21\sim 2.41$ (g/cm^3)、液性限界 $27.9\sim 62.2\%$ 、化学成分では強度に影響を与えると思われる CaO 含有率 $0.5\sim 8.5\%$ 、強熱減量 $0.49\sim 11.97\%$ とさまざまな物性を示す。

軽量固化処理時の石炭灰の含水比は灰種間の含水比による特性をできるだけなくすため、及び均質に混合させるためにフォールコーンで求めた液性限界に調整した。軽量固化材である気泡セメントミルクは、セメント 1 : 水 1 : 気泡 0.1 の重量配合比で製造した。気泡は動物性蛋白質起泡剤を容積比で原液 1 : 水 3 に混合した気泡液を圧縮空気 ($2\text{kgf}/\text{cm}^2$) で発泡装置を通して製造し、気泡密度は $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ とした。各石炭灰に混合する気泡セメントミルクはこれまでの実験結果、及び経済性を考慮しセメント添加率 $P=10, 20\%$ (灰乾燥重量比) とした。供試体作製は、含水比で調整した石炭灰にハンドミキシングで所定の気泡セメントミルクと混合後、一軸圧縮試験用塩ビモールド ($\phi=5\text{ cm}$, $h=10\text{ cm}$) へ 3 層に分けタッピング充填し、翌日脱型後ポリエチレンフィルムでラッピングして養生した。養生日数による強度増加を調べるために、1, 2, 4 及び 8 週気中養生 ($20\pm 2^\circ\text{C}$) した供試体に対して一軸圧縮試験を行った。

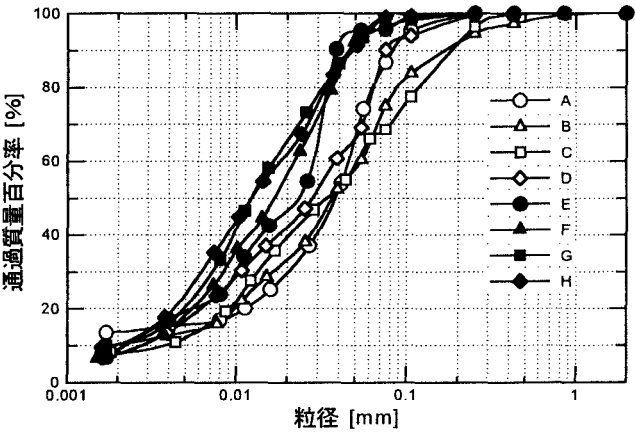


図-1 各石炭灰の粒径加積曲線

表-1 各石炭灰の物理・化学特性

	灰粒子密度 ρ_s (g/cm^3)	液性限界 w_L (%)	D_{50} (mm)	化 学 成 分					
				強熱減量 (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	MgO (%)	CaO (%)
A	2.307	36.4	0.038	1.55	57.0	13.0	9.9	1.1	6.9
B	2.305	35.4	0.036	4.19	51.0	21.0	9.6	1.1	7.6
C	2.074	31.4	0.034	2.33	67.0	16.0	4.2	1.7	1.9
D	2.343	21.9	0.027	0.49	61.0	13.0	6.2	1.6	8.5
E	2.287	62.2	0.022	11.97	48.0	24.0	7.0	1.4	2.9
F	2.411	27.9	0.017	1.19	54.0	19.0	9.7	1.4	6.7
G	2.206	49.0	0.012	3.39	72.0	15.0	3.9	0.3	0.5
H	2.404	35.2	0.012	3.04	48.0	19.0	7.3	1.4	7.2

3. 実験結果と考察

図-2に乾燥密度 ρ_d をパラメータとして、 $P=10\%$ の養生日数と一軸圧縮強度の関係を示す。これより ρ_d と強度との関連はみられないため、灰中の含有成分が強度に影響を及ぼしていると考えられる。よって含有成分の以下の項目について検討してみる。

- ・粒度構成：粒度構成の粗いものを白ぬき、細かいものを黒ぬきで表している。細かい粒度(F,H)では短期の養生日数で著しい強度増加がみられる。粒度が細かいことよりセメントの付着面積が大きいことより速く反応し、効果が早期に表れた(Type I)と思われる。粗い粒度のものは日数の増加に伴い、直線的に強度が伸びている。粒度が粗いため徐々に反応した(Type II)と思われる。

- ・CaO含有率：含有率の高い灰A,B,H,Fは長期強度増加の割合が高い。含有率が高いほどポゾラン反応による水和物生成量が多くなるため強度発現したと思われる。しかし例外的に灰Cは低含有率だが強度増加が高く、逆に灰Dは高含有率だが強度増加が低い。この2つの灰は粒度・密度から見ても例外的な強度変化を示している。他の含有成分との関わりも今後検討していきたい。

- ・強熱減量：強熱減量は唯一E灰が極端に大きい。このためか図に示すように $P=10\%$ では全く強度増加がみられない(Type III)。強熱減量が多い灰では、セメントの効果がうすれる傾向にあると思われる。

図-3に $P=20\%$ の養生日数と一軸圧縮試験の結果を示す。気泡セメントミルクの配合が一定であるため、セメント量は増えるものの気泡量も増え、 ρ_d が小さくなるため、 $P=10\%$ と比べて強度増加するとは限らない。養生日数の経過による強度増加はすべての灰においてType IIの傾向を示す。これはセメント量が増加することによって、各灰の含有成分の影響が少なくなったためと考えられる。また10%で強度発現の少なかったG灰が20%で強度発現をしていることや、粒度の粗いB灰の強度増加が低下したことを踏まえ、セメント量の増加によって粒度の影響が顕著に現れたと考えられる。

4. おわりに

今後、今回調べた粒度構成・CaO含有率・強熱減量以外の含有成分についても調べ、それぞれがどのように関連して強度発現に影響するか、CaO含有率と強度の関係で他と異なった傾向を示した2つの灰についても含めて検討していく。

参考文献 1) 赤木・鈴木・丸山：粒度改良した石炭灰の軽量安定処理について，第31回地盤工学研究発表会講演習，pp2505~2506，1996

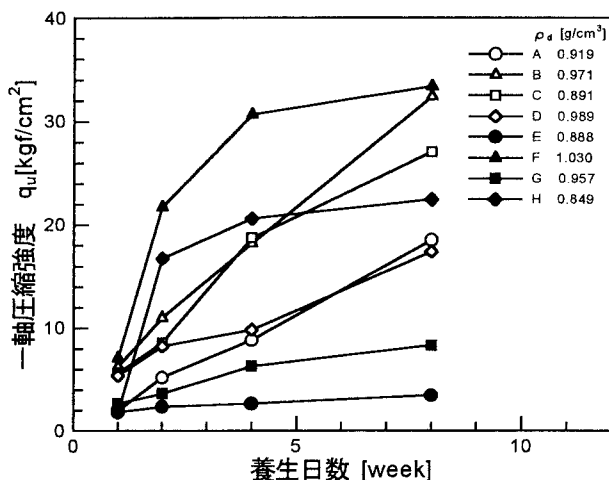


図-2 $P=10\%$ における養生日数と一軸圧縮強度

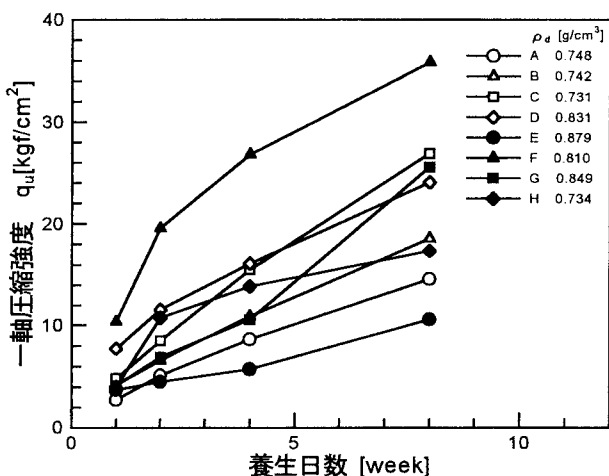


図-3 $P=20\%$ における養生日数と一軸圧縮強度