

石炭灰の有効利用に関する基礎的研究

岡山大学工学部 正会員 河野伊一郎
岡山大学工学部 ○遠藤 隆
姫路市役所 千谷高史

1. まえがき

近年、火力発電所から発生する石炭灰は、石油の代替エネルギーとしての石炭の需要増が明らかになり、大量に発生する石炭灰の処理、処分は重要な課題である。その有効利用法は各方面で検討されてはいるが、その利用量はわずかであり、大部分は産業廃棄物として処分されているのが実状である。そこで、天然骨材やコンクリート用細骨材への代替材料として、石炭灰の利用が注目されてきている。本報告は、石炭灰を土工用材として利用するに際して、その基本的性質を2, 3の実験によって検討したのでその結果を報告する。

2. 石炭灰の概要

現在、石炭火力発電所では、石炭の約15～25%が石炭灰として産出されており、昭和70年には国内で約1000万tの発生量が予想されている。石炭灰は集塵箇所により分類され、ボイラー底に落下したものを、クリンカアッシュ（炉底灰）、煙道内で採取されるものをフライアッシュと呼んでいる。本試験では特にクリンカアッシュについて試験を行った。

3. 石炭灰の基本的性質

石炭灰の物理・化学的性質として比重、粒度及びPHの各試験を行い、結果を表-1に示す。又力学的性質として締固め、透水、一面セン断及び三軸圧縮試験を行い、結果を図-1, 図-2に示す。試験方法は「土質試験法」に準拠した。

4. 石炭灰の硬化特性

4-1. 硬化試験の条件

石炭灰の化学主成分は SiO_2 , Al_2O_3 であり、水の存在下で凝結硬化する自硬性（ポゾラン作用）が確認されているが、石炭灰単体におけるその強度発現は緩慢である。そこで、石炭灰の硬化剤として、普通ポルトランドセメントを用い硬化特性を調べた。石炭灰の硬化特性に対し影響を与えるであろう因子として次の3要素に注目し、一軸圧縮試験をJIS 1218に準拠して行った。1) 乾燥密度 ($\rho_d=1.0$, 0.95), 2) 硬化剤（普通ポルトランドセメント）

表-1 石炭灰の性状

	Fly ash -B	Clinker -A	Clinker -B	Clinker -C	River sand	Granite soil	Granite slag	Standard sand
Gravel (over 2.0mm) (%)	0.0	3.3	24.2	16.4	13	39	12	—
Sand (74µm~2.0mm) (%)	9.9	86.8	65.0	72.7	87	61	88	100
Fines (under 74µm) (%)	83.1	9.2	6.6	5.4	—	—	—	—
Silt (5µm~74µm) (%)	7.0	0.7	4.2	3.8	—	—	—	—
Clay (under 5µm) (%)	—	—	—	—	—	—	—	—
D_{60} (mm)	0.046	0.69	0.64	0.56	0.88	2.0	1.3	0.25
D_{30} (mm)	0.042	0.34	0.17	0.16	0.54	0.90	0.84	0.22
D_{10} (mm)	0.032	0.090	0.060	0.072	0.28	0.27	0.42	0.17
$U_c=D_{60}/D_{10}$	1.4	7.7	10.7	7.8	3.1	7.4	3.1	1.5
$U_c'=(D_{30})^2/(D_{10}D_{60})$	1.2	1.9	0.8	0.6	1.2	1.5	1.3	1.1
Consistency	N.P							
Soil classification	ML	S-M			SPu			
True specific gravity	—	—	—	—	2.640 ~2.680	2.650 ~2.680	2.530 ~2.690	—
Apparent specific gravity	2.191	2.249	1.971	2.140	2.520 ~2.610	—	2.180 ~2.320	2.770

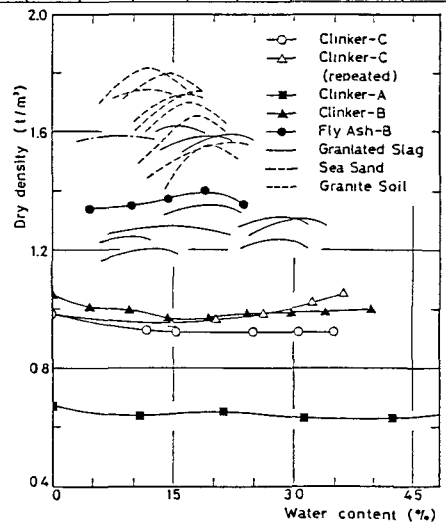


図-1 締固め曲線

の添加率（3%，5%，10%），3）養生日数（脱型後，所定の養生日数まで，乾燥を防ぐため水を張ったデシケーターの中で養生を行う）の条件で（7日，28日，56日）。

4-2. 実験結果及び考察

実験結果を図-3に示す。各乾燥密度ともセメント添加率10%を除いて，材令に伴う強度の増加は少ない。これは一定量以下のセメント添加では，材令に伴う強度増加はおこらず，初期強度のままで推移するものと思われる。添加量10%のものも長期（56日以上）にわたる強度の伸びに関しては明確ではなく，セメント添加率3%，5%の傾向を考慮すれば，ある材令に達すれば強度増加は低下するものと思われる。

各乾燥密度，養生日数において，セメント添加率を増加すれば，一様に強度は大きくなり，全体に凸なグラフになっている。これは今回のクリンカの強度発現がセメント添加率に強く支配され，添加率の増加分に合わせて強度が増加したもので，潜在水硬性による強度発現の影響は小さいものと考えられる。これらより，クリンカに高強度を期待する場合は，ある一定量以上のセメント添加が必要であると言える。

5. あとがき

本報告は石炭灰を土の代替材料として利用するに際して，土質工学的性質を基礎実験により検討したものであり，その結果を要約して以下に述べる。（1）比重及び ρ_{dmax} が小さいため，軽量土工材料として，盛土材などに有効と思われる。（2）PH値は，8.7で弱アルカリ性である。（3）締固め曲線が比較的平坦で，含水比による ρ_d の変化が少なく，施工時の品質管理が容易な材料である。（4）透水係数は 10^{-3} cm/s のオーダーで良好である。（5）非常に大きな内部摩擦角 $\phi=50\sim60^\circ$ を有する。（6）潜在水硬性に関しては，あまり期待できず，硬化材としてセメントを用いたが，一軸圧縮強度の発現は，硬化材の受け持つ所が大きいと考えられる。しかし，路床材等に用いる強度は十分に発現可能である。

以上の結果より，土工材料として十分利用可能な材料と思われる。今後の課題として盛土材，路床材，地盤改良材，裏込め材などの土工材料としての適性を確認する研究に加え，長期硬化特性の把握が必要である。

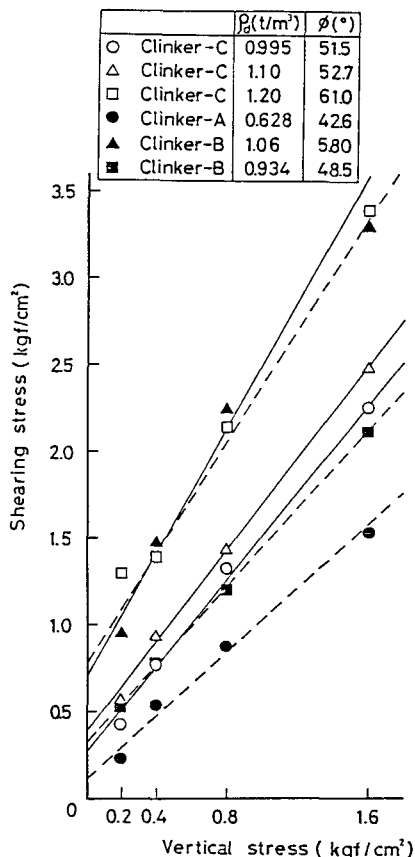


図-2 一面せん断試験結果

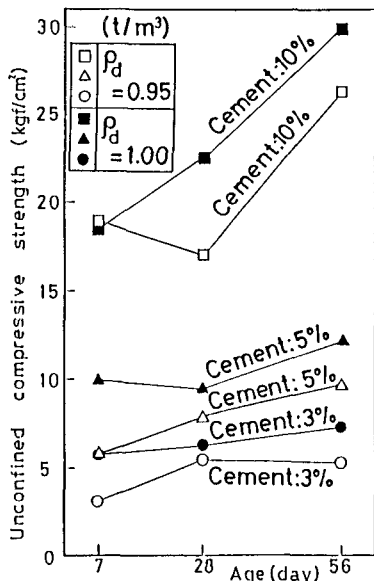


図-3 材令と ρ_d の関係