

VI-229

石炭灰固化物のSCP砂代替材としての材料特性

中部電力(株)正会員 土山茂樹、○西沢俊幸 大成建設(株)正会員 小寺秀則
中央開発(株)正会員 黒田真一郎 (株)コムリス 加藤正巳

1. まえがき

日本における地盤改良工事に用いられる砂材は今後不足することが予想される。その解決方法として各種のリサイクル材等の活用が検討されている。その一つとして、石炭火力発電所のボイラで石炭を燃焼した時に発生するフライアッシュに少量のセメントを添加した石炭灰固化物も有望な材料である。

石炭灰固化物がSCP工法の砂代替材として、砂と同等程度の力学特性・透水性を有することを材料試験等より確認した。本研究では、その材料特性とSCP材として粒状材(粒径:5~20mm、セメント量:15%)を選定した経緯について報告する。

2. 石炭灰固化物の材料基礎物性試験

1) 石炭灰固化物の製造方法および試験材料

石炭灰固化物の製造方法を図-1に示す。まず石炭灰とセメントを適量の水とともに混合機にて混合する。その後、傾斜皿型造粒機を回転して球体状の固化物を製造し、4週間程度養生したものが粒状材である。そしてこの粒状材を破碎機にて破碎したものが破碎材と称するものである。

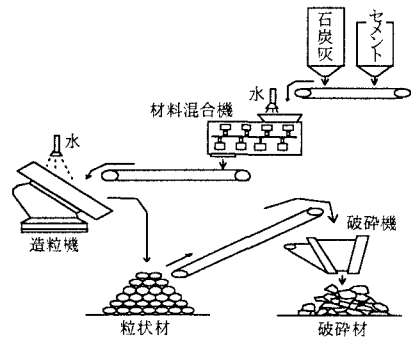


図-1 製造方法

2) 石炭灰固化物の物性試験

石炭灰固化物のSCP砂代替材として粒径とセメント量を変化させた4試料を考案し、その試料の物理性状試験結果を表-1に示す。

表-1 物理性状試験結果

ケース	①	②	③	④
	粒状材	粒状材	破碎材	破碎材
粒径	5~20mm	5~20mm	5~40mm	5~40mm
セメント量(%)	15	10	15	10
粒子密(g/cm ³)	2.366	2.343	2.367	2.341
単位容積重量(tf/m ³)	0.947	0.922	0.888	0.860
自然含水(%)	15.5	16.8	17.8	18.4
吸水率(%)	20.72	22.58	21.04	22.26
スレージンク率(%)	-0.04	-0.07	-0.52	-0.77

3) 締固め試験および結果

3-1) 目的

石炭灰固化物は締固めの際に粒子破碎をおこす可能性があるため締固めエネルギーの違いにより力学特性や透水能力が変化すると考えられる。

実際の施工において石炭灰固化物をSCP工法に利用する場合を想定して、材料試験は実施工に近い力学状態で行うことが重要である。このため、現場実証試験の結果を参考とし、間隙比が同程度となる締固めエネルギーを決定する。

3-2) 基準締固めエネルギーの決定方法

現場実証試験から、杭芯の乾燥密度 $\rho_d=1.30\text{g/cm}^3$ 、間隙比 $e=0.876$ を得た。

予備実験では現場実証試験と同じセメント添加量である「①粒状材」を用い、締固め仕事量 $E_c \approx 5.6 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{kgf/m}^3$ に対して突固めエネルギーを $2.0E_c$ 、 $4.0E_c$ 、石炭灰、リサイクル、SCP工法の砂代替材

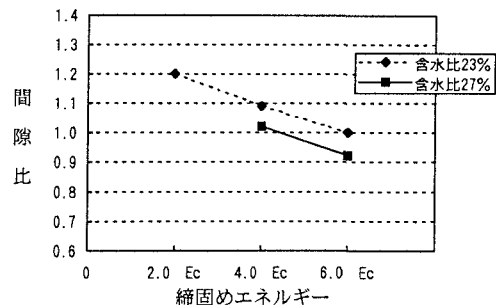


図-2 基準エネルギー決定の予備試験結果

〒459-8522 名古屋市緑区大高町字北関山20-1 TEL(052)624-9217 FAX(052)623-5117

6.0Ec の3段階に変化させた。予備試験の結果を図-2に示す。この試験結果から6.0Ecで間隙比がほぼ目標値（ $e=0.90$ ）の水準に達していることから、基準締固めエネルギーを6.0Ecに決定した。

4）透水試験および結果

4-1）目的

粘性土地盤の改良を行う場合のSCP工法においては排水効果も重要である。締固められた石炭灰固化物の透水性を把握するため、基準締固めエネルギー（6.0Ec）および4.0Ecと8.0Ecの3種類のエネルギーで突き固めた供試体を用いて透水試験を行った。

4-2）試験結果のまとめ

基準締固めエネルギー（6.0Ec）での透水係数は、試験を行った4試料とも 10^{-3} から 10^{-4} cm/s程度を示しており、

砂とほぼ同程度の透水性を有している。しかし、8.0Ecの締固めエネルギーで行った「①粒状材」および「④破碎材」の透水係数は、 10^{-5} ~ 10^{-6} cm/sと透水性能が低下しており、締固めエネルギーが大きくなると間隙比が小さくなり、結果透水性が低下する。

5）三軸圧縮試験および結果

5-1）目的

SCP工法の実施工時における杭芯での石炭灰固化物の力学的特性を把握するため、基準締固めエネルギー（6.0Ec）で作成した供試体を用いて三軸圧縮試験（CD試験）を行った。

5-2）試験結果のまとめ

石炭灰固化物の三軸圧縮試験の結果、セメント添加量15%の「①粒状材」が粘着力 $Cd=0.96\text{kg/cm}^2$ 、

内部摩擦角 $\phi_d=40.9^\circ$ 、またセメント添加量10%の「②粒状材」が粘着力 $Cd=0.74\text{kg/cm}^2$ 、内部摩擦角 $\phi_d=40.0^\circ$ となり、粒状材の2試料の性状に大差がない。これらの Cd と ϕ_d の値は、現場実証試験の杭体（「①粒状材」に相当）の粘着力 $Cd=0.35\text{kgf/cm}^2$ 、内部摩擦角 $\phi_d=40.8^\circ$ と同等の値である。

破碎材の三軸試験結果は、「③破碎材」の粘着力 $Cd=1.87\text{kg/cm}^2$ 、内部摩擦角 $\phi_d=37.0^\circ$ 、また「④破碎材」の粘着力 $Cd=1.06\text{kg/cm}^2$ 、内部摩擦角 $\phi_d=44.3^\circ$ と2試料間に差違がみられる。

以上の結果から一般的に砂杭の内部摩擦角 ϕ_d は 38° 程度であるため、石炭灰固化物は砂と同等程度の力学的性状を有している。

3．基礎物性試験のまとめ

SCP工法の設計で求められる内部摩擦角 ϕ_d は、実績より 35° 以上とされているが、今回の三軸圧縮試験から粒状材の内部摩擦角 ϕ_d は約 40° であり、設計が求める値を十分に満足する。また、破碎材の2種類の試料の内部摩擦角 ϕ_d には違いが見られるものの低い値でも 37° であり、実用上の問題はない。

また、透水性は締固めエネルギーが高くなると低下する傾向が見られるものの、基準締固めエネルギーにおける石炭灰固化物の透水係数は、いずれの試料も砂の透水係数 10^{-3}cm/s とほぼ同程度の値を示しており、ドレーン材としての機能も十分に満足できる。

以上よりSCP工法の砂代替材として、表-2に示す「①粒状材（粒径:5~20mm、セメント量:15%）」が有望と考えている。

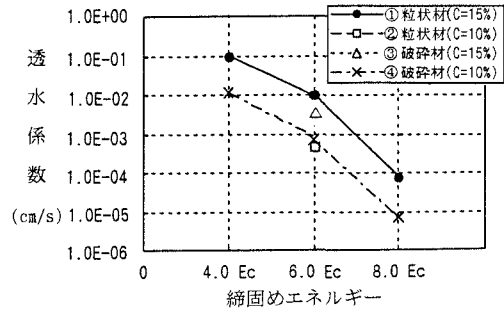


図-3 締固めエネルギーと透水係数

表-2 三軸圧縮試験（CD試験）結果

試料	土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	粘着力 Cd (kgf/cm^2)	内部摩擦角 $\phi_d(^{\circ})$
①粒状材 セメント量 15%	2.366	0.96	40.9
②粒状材 セメント量 10%	2.343	0.74	40.0
③破碎材 セメント量 15%	2.367	1.87	37.0
④破碎材 セメント量 10%	2.341	1.06	44.3