

石炭灰の有効利用　－ 築堤盛土材の適用について －

九州電力㈱　土木部正会員　○安藤邦顕，甲斐良徳

1. まえがき
エネルギー資源の乏しい我が国で，長期にわたって電力の安定供給を維持していくために，電源のベストミックスを追求していく観点から，賦存量の豊かさと賦存地域の広さから供給安定性に富んだ，石炭火力の開発が注目されているが，石炭火力発電所としての問題点は，大量に排出される石炭灰の処理対策である。このため，九州電力㈱大村発電所灰処理場築堤工事において，既に埋立て処分された石炭灰を貴重な国内資源として位置づけ，有効利用を図る目的から石炭灰をセメントで安定処理し，築堤用の盛土材に適用した事例について述べる。

2. 築堤材としての石炭灰の有効利用
九州電力㈱大村発電所は，昭和32年8月に運転開始以来，主として長崎県内で産出する国内炭専焼火力発電所として現在に至っているが，石炭灰処分地確保が困難な状況から既に埋め立てられた処分地を嵩上げて処分地を確保するものとした。嵩上げ工事では，石炭灰の有効利用の研究開発をさらに進展させる意味から，築堤材料として石炭灰を使用することにした。
石炭灰を使用するに当っては，①．石炭灰は水に弱く，盛土基面，盛土斜面にガリー浸食を受けやすい，②．当灰捨場の灰処理方法は大量の海水で灰を圧送する方式であるので，築堤はある程度の遮水性を有していなければならない，という理由から，石炭灰の工学的諸性質を考慮して，石灰，セメント系固化剤，歴青剤などの安定処理工法と比較して強度，経済性の両面から検討した結果，セメントによる安定処理が最適であるという結論を得た。

3. 築堤材料としての諸特質
(1) 材料試験について
築堤材料に必要な工学的性質としては，①．所要の密度，せん断強度を持つこと，②．遮水性があり，しかも浸透破壊に対する抵抗性が大きいこと，③．施工が容易であることなどである。
石炭灰がこれらの諸特質を具備しているかどうかのチェックを目的とした室内材料試験を実施した。
試験の内容は，物理試験（比重，含水比，粒度），締固め試験（密度，施工性），一軸圧縮試験（強度と変形性），透水試験（遮水性）及び三軸圧縮試験（せん断強度）である。
なお試験に供した材料は，フライアッシュ単体（以下FAと呼ぶ）とフライアッシュとクリンカアッシュ（以下CAと呼ぶ）が1：1の混合材の2種である。

(2) 室内試験の結果
a. 物理的性質
物理試験の結果は，表－1に示すとおりである。
b. 締固め特性
締固め試験の結果を要約すると次のとおりである。

表－1　物理試験結果一覧表

試 料	比重 Gs	含水比 ω (%)	粒 度 分 析													均等 係数	曲率
			粒度分布 (%)				ふるい通過百分率(%)			粒 径 (mm)							
			礫分	砂分	シルト分	粘土分	2000μm	420μm	74μm	Dmax	D60	D30	D10				
FA	2.09	38.4	—	14.4	80.1	5.5	100	99.8	85.6	0.84	0.027	0.015	0.0064	4.2	1.3		
FA:CA=1:1	2.11	28.9	17.0	42.5	26.4	14.1	83.0	74.2	40.5	38.1	0.19	0.022	0.0020	95.0	1.3		

①．締固め密度でみると，FAとCAの混合材では，セメント添加時の最大乾燥密度は $\rho_d=1.248\text{ g/cm}^3$ FA単体では， $\rho_d=1.192\text{ g/cm}^3$ である。
②．FA単体，混合材ともに，セメント添加の有無にかかわらず，含水比が20～40%の範囲にあればD値で表わした締固め度は90%以上の値が得られる。

c. 透水性

FA単体、混合材ともに、セメント無添加の場合の透水係数は、 10^{-5} cm/s オーダーであるが、セメント5%添加では 10^{-6} cm/s オーダーとなり、フィルダムのコア部相当の遮水性が得られる。

d．一軸圧縮強度と変形性

自然含水比で締固めエネルギー1Ecの場合の一軸圧縮強度及び変形係数の関係は図-1に示すとおりであり、セメント添加による強度増加が十分認められる。

e．せん断強度

三軸圧縮試験の結果を要約すると次のとおりである。

FA単体及び混合材に各々セメントを5%添加し、1Ecで締固めたせん断強度定数は、FA単体で $C = 1.1$ kgf/cm²、 $\phi = 32^\circ$ 、混合材で $C = 3.0$ kgf/cm²、 $\phi = 35^\circ$ が得られ、いずれも築堤材として十分な強度を有している。

4．盛土試験

盛土試験の目的は、室内試験の結果にもとづいて、品質管理基準を設定し、さらに所要の締固め度が得られるような施工基準を決定することにあることから、盛土試験にあたっては、盛土の一軸圧縮試験と現場密度、透水試験及び沈下測定を実施した。

試験の結果を要約すると次のとおりである。

- ①．含水比は、室内試験で求めた最適含水比（25～26%）より、-1～+5%の範囲であった。
- ②．乾燥密度と転圧回数の関係は、タイヤローラによる転圧6回以上であれば、最大乾燥密度の90%以上の締固め度（D値）が得られる。
- ③．一軸圧縮強度は、室内試験の60%程度であった。
- ④．透水係数は、室内試験値に比べ1オーダー大きくなる。

以上の室内試験及び盛土試験の結果にもとづいて、築堤工事の施工基準と品質管理基準を表-2、表-3に示すとおり設定した。

5．築堤盛立における問題点

施工基準及び品質管理基準にもとづいて、築堤工事を実施したが、施工にあたっての問題点を列記すると次のとおりである。

- ①．セメント安定処理材は、セメントが水和反応を起こして硬化するまでに転圧作業を終えねばならない。
- ②．盛土の不陸などの整形や乱した箇所の再転圧は、長時間を経ないで実施することが肝要である。
- ③．転圧完了後、長期間を置いて盛立てる場合は、転圧基面を掻き乱した後、盛立てることが重要である。
- ④．広範囲にわたる石炭灰の取扱いは、含水比が20%以下になると、風による飛散が著しくなり、散水設備などの防塵対策が不可欠である。

6．あとがき

石炭火力発電所から発生する大量の石炭灰処理対策は、既設発電所も含めて今後の石炭火力発電所の開発上、重要な課題として有効利用の開発が待たれている。

現在、石炭灰の有効利用については、セメント原料をはじめ、人工軽量骨材、道路路盤材など多角的な用途拡大のための研究が続けられているが、今後さらに一層の有効利用をしていくことが要求されている。

本報は、上記の課題に鑑み、大村発電所灰捨場嵩上げ工事において、石炭灰の築堤材としての工学的・経済的な適性を評価し、築堤材料として利用することにより、今後の石炭灰有効利用開発への一例を示したものである。

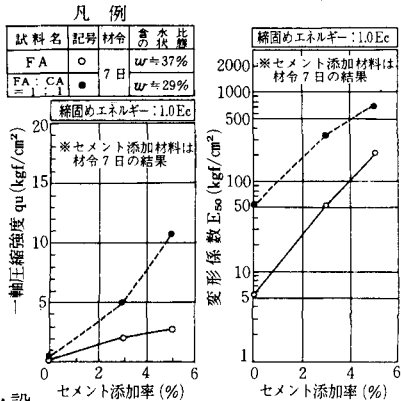


図-1 一軸圧縮強度及び変形係数とセメント添加率の関係

表-2 施 工 基 準

項 目	施 工 基 準
搬出し厚さ	30 cm
転圧機械	タイヤローラ (8 t)
転圧回数	6 回
締固め度	90%以上

表-3 品質管理基準

項 目	品質管理基準
材 料	FA : CA = 1 : 1
セメント添加率	5 %
含 水 比	25～32%
乾燥密度	1.12g/cm³以上
締固め度	90%以上
透水係数	$1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-5}$ cm/sec