石炭灰を用いた道路路盤材に関する研究

九州電力㈱　○田 中　　全
池田　浩一
山形　惠也

1 はじめに

筆者は，舗装の構造に関する技術基準・同解説（(社)日本道路協会）（以下,「技術基準」）に適合し道路路盤材へ石炭灰を大量に使用することを目的に研究を行ってきた。その結果，石炭火力発電所から排出される粗粉フライアッシュ（以下,「ＦＡ」）及びクリンカアッシュ（以下,「ＣＡ」）を混合した材料をセメント安定処理し，道路路盤とすることにより技術基準に示される品質規格に適合することが確認できた。

また，「土壌汚染に係る環境基準」（以下,「環境基準」）に示される環境基準値を満足することが確認できた。本稿は，ＦＡ及びＣＡを混合しセメント安定処理した路盤材に関する研究成果について報告するものである。

2 品質規格と室内目標強度

セメント安定処理路盤の品質規格と室内目標強度を**表－１**に示す。室内目標強度は，現場においてＦＡとＣＡを混合するため技術基準に示す値に室内と現場の強度比（室内／現場）３を安全係数として乗じることとした。上層路盤の品質規格については，リフレクションクラックを防止するために,文献1)に示されている2.0ＭPaを採用した。

表-１ ｾﾒﾝﾄ安定処理路盤の品質規格と室内目標強度

	品質規格	室内目標強度
上層路盤	2.0MPa	**6.0MPa**
下層路盤	0.98MPa	**3.0MPa**

※ 一軸圧縮強さ[材齢７日](空気中６日，水浸１日)

3 石炭灰の自然含水比とコーン指数

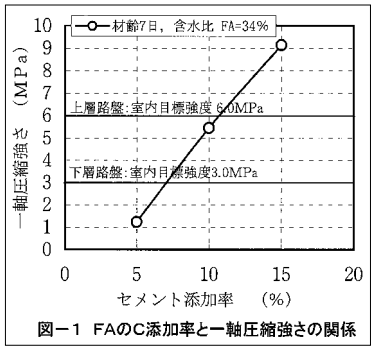
本研究に用いる石炭灰は，海外炭専焼火力発電所である苓北発電所灰捨場に仮置しているＦＡ及びＣＡを対象とした。自然含水比はＦＡが24～40%にあり，ＣＡが15～18%にあるため，セメント（高炉Ｂ種）の水和反応に必要な水をＦＡ及びＣＡの含水により得られることが特徴である。

回収時の施工性を考慮しＦＡは，ダンプトラックの走行に必要なトラフィカビリティ（コーン指数1.2ＭPa以上）が必要である。ＦＡの最適含水比26%におけるコーン指数は4.0ＭPaと良好であり，含水比が30%以下であればコーン指数は2.0ＭPa以上を確保できることが判明した。

4 石炭灰を用いた路盤材の検討

4．1 フライアッシュを単独で用いた路盤材の検討

ＦＡ単独では重金属等の溶出量が「土壌汚染に係る環境基準」を満足しないため，セメント安定処理を行った。ＦＡのセメント添加率と一軸圧縮強さの関係を**図－１**に示す。下層路盤の室内目標強度である3.0ＭPaを満足するセメント添加率は約７%（乾燥重量比）であり，上層路盤の室内目標強度である6.0ＭPaを満足するセメント添加率は約11%である。



図－１ FAのC添加率と一軸圧縮強さの関係

4．2 クリンカアッシュを単独で用いた路盤材の検討

ＣＡは重金属等の溶出量が環境基準値以下であるため，下層路盤材としてＣＡ単独での適用を修正ＣＢＲ試験により評価した。しかし，締固度を90%とした時の修正ＣＢＲは８～18%と下層路盤の品質規格である修正ＣＢＲ 20%以上を満足することができなかった。なお，セメント安定処理路盤として下層路盤の室内目標強度3.0ＭPaを満足させるためには20%以上のｾﾒﾝﾄ添加率となり経済性に劣ることが判明した。

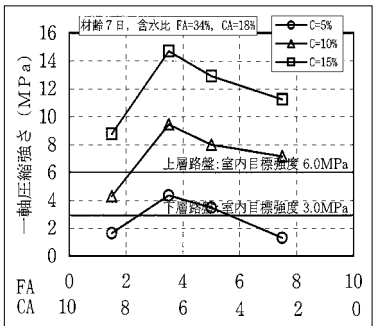
4．3 フライアッシュ・クリンカアッシュ混合材を用いた路盤材の検討

(1) フライアッシュとクリンカアッシュの最適混合比率

キーワード　粗粉フライアッシュ，クリンカアッシュ，セメント安定処理

連　絡　先　〒863-2505　熊本県天草郡苓北町年柄字苓陽 1091　TEL:0969-35-2957 FAX:0969-35-2958

ＦＡとＣＡを混合しセメント安定処理した路盤材について検討した。ＦＡとＣＡの混合比率と一軸圧縮強さの関係を**図－２**に示す。混合比率は，乾燥重量比でＦＡ：ＣＡ＝1.5：8.5，3.5：6.5，5:5 及び 7.5：2.5 の４ケースを設定した。また，ＦＡとＣＡの乾燥重量比にセメントを５％，10％及び 15%添加し合計 12 種類の試料について一軸圧縮強さを求めた。



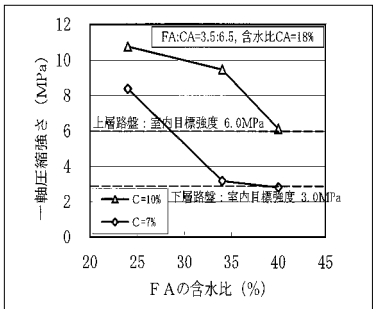
図－２ FA:CAの混合比率と一軸圧縮強さの関係

その結果，いずれのセメント添加率においてもＦＡ：ＣＡを 3.5:6.5 で混合した場合が最も強度発現が良いため，これを最適混合比率と決定した。なお，この結果は国内炭を用いた既往の研究成果[2)]と同様の傾向であった。

また，ＦＡ単独にセメントを添加した場合より，同一添加量で 1.6～３倍強度発現が良いことが判明した。これは，ＦＡ，ＣＡ及びセメントを混合することにより，粒度改善が図られたこととポーラスなＣＡにＦＡ及びセメントが付着し，ポーラス化が改善されたためと推測される。

(2) フライアッシュの含水比と一軸圧縮強さの関係

最適混合比率（ＦＡ：ＣＡ＝3.5:6.5）において，ＦＡの含水比変化と一軸圧縮強さの関係を把握することとした。ＦＡの含水比と一軸圧縮強さの関係を**図－３**に示す。なお，セメント添加率７％，10%において，ＦＡの含水比を 24%，34%及び 40%に変化させて一軸圧縮強さを求め，ＣＡの含水比は自然含水比の 18%とした。



図－３　ＦＡの含水比と一軸圧縮強さの関係

セメント添加率７％の場合は，含水比 24～40%で下層路盤の室内目標強度 3.0 M Pa を満足し，含水比 24～28%では上層路盤の室内目標強度 6.0 M Pa を満足する。一方，セメント添加率 10%の場合は，含水比 24～40%で下層路盤の室内目標強度 3.0 M Pa 及び上層路盤の室内目標強度 6.0 M Pa をそれぞれ満足する。また，一軸圧縮強さは含水比が大きくなると低下するため，実際の施工においては的確な含水比管理が必要であることが判明した。

(3) 土壌環境に対する安全性

最適混合比率（ＦＡ：ＣＡ＝3.5:6.5）においてセメント添加率を７％及び 10%とした路盤材が，環境基準値以下であることを重金属等の溶出試験において確認することとした。ＦＡは，微量の重金属等を含んでいるため，溶出量が環境基準値以下であることを確認しなければならない。しかし，重金属等はセメントとの水和反応により溶出が抑制されることが一般に知られており，セメント安定処理後 28 日養生した試料について溶出量を確認することとした。

重金属等の溶出試験は，ＦＡ単独では環境基準値を満足しない８項目（Cd,Pb,6-Cr,As,T-Hg,Se,F,B）について確認を行った。この結果，セメント添加率７％及び 10%両者とも環境基準値以下であることを確認した。

5 セメント添加率の決定

上記の結果，石炭灰を用いた路盤材は，ＦＡとＣＡを乾燥重量比により最適混合比率の 3.5:6.5 で混合し，上層路盤はＦＡとＣＡの 10%，下層路盤は同じく７％でセメント安定処理を行うこととした。

6 おわりに

循環型社会の形成を推進するためには，排出事業者自らが産業廃棄物の削減・再資源化に取組む必要があり，石炭灰の有効利用は電力会社の義務である。本研究において，ＦＡとＣＡを 3.5:6.5（乾燥重量比）に調整しセメント安定処理することで技術基準に適合する道路路盤とすることができることから，天然粒状材の枯渇を軽減でき材料費の低減が可能となり，公共工事へのコスト縮減にも貢献できるものと考えられる。

【参考文献】 1)(社)日本道路協会:舗装設計施工指針,p.177,2001.12.　2)九州電力株式会社 総合研究所:石炭灰利用路盤材の研究開発,研究報告(No.84001)，1984.7.