

セメントを使わない高速道路の改良路盤—加圧流動床石炭灰の高規格道路への適用—

株式会社エネルギー・エコ・マテリア

正会員 ○宮國幸介

西日本高速道路株式会社 中国支社 保全サービス事業部

小松 悟

西日本高速道路株式会社 中国支社 建設事業部（技術グループ）

山崎泰弘

中国電力株式会社 電源事業本部（火力土木）

正会員 内田裕二

1. はじめに

中国地方において高速道路網の整備が進められており、山陰自動車道や中国横断道（尾道松江線）をはじめとする高速道路が建設中である。西日本高速道路株式会社においても、多くのリサイクル材利用工法に取り組んでおり、本稿は、こうした資源循環型社会構築の一環として、中国電力㈱大崎発電所から排出される石炭灰（PFBC 灰：石灰石と石炭を混合燃焼する加圧流動床石炭灰）を高速道路の下層路盤へ活用した取り組みを紹介するものである。

2. 検討の概要

(1) 対象区間と設計規格

今回の取り組みは、山陰地方の大動脈となる山陰自動車道への本格活用を試みたもので、平成 14 年度に中国横断自動車道三刀屋 IC 区間で現場実証試験を行い、その結果を元に山陰自動車道（斐川～出雲区間）で本格採用を図ったものである。高速道路の下層路盤には通常セメント安定処理路盤を使用するが、今回は下層路盤にセメントを使用せず、自硬性のある PFBC 灰を活用した下層路盤を活用した。

(2) 下層路盤改良に使用する材料

PFBC 灰は、灰中に 20～30%の CaO 成分を含む自硬性のある石炭灰である（表-1）。この自硬性を活用して、今回の取り組みではセメントを使用しない経済性のある改良路盤の構築に取り組んだ。

3. 三刀屋舗装工事における試験施工

3.1 室内配合試験

三刀屋舗装工事における PFBC 灰の配合を決定するため室内配合試験を実施した。目標強度は、CBR 値を 60%以上（材令 7 日）と設定した。路盤材に使用する現地発生土（真砂土）の乾燥重量に対して PFBC 灰添加量を変化させ、突固め試験・CBR 試験を行い、配合の選定を行った。使用する PFBC 灰との比較対象として高炉セメント B 種を用いた。室内配合試験結果を図-1 に示す。PFBC 灰の添加量は、室内配合試験結果から 7.3%で CBR 値 60%を満足し、セメントを添加することなく PFBC 灰単独で目標強度を達成できることが確認された。

3.2 現場実証試験

試験施工は三刀屋舗装工事の本線部に、試験施工区間（延長：70m，幅員：6m）を設けて実施した。PFBC 灰の添加量は、施工時のばらつきを考慮し 7.5%に設定し、比較検討のため高炉セメント B 種 2.5%についても試験施工を実施した。混合はソイルミキシングプラント（2 軸パグミル連続式・公称能力 300 t/h）にて実施した。

(1) 現場 CBR 試験結果

PFBC 灰路盤は長期強度の増進が期待できることから、現場 CBR 試験を施工後 7 日および 28 日において実施することとした。材令と強度の関係を図-2 に示す。PFBC 灰路盤は材令 7 日以降の強度の伸びが高炉セメントに比べて大きく、材令とともに安定した路盤に仕上がるのが分かる。

表-1 化学組成(測定例)

組成	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	その他
PFBC	38%	14%	4%	27%	17%

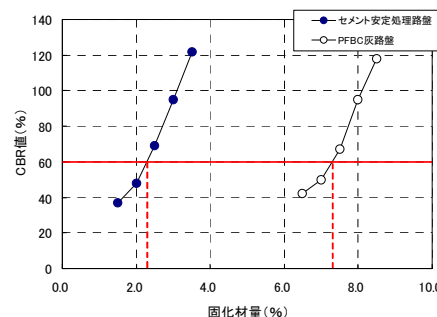


図-1 室内配合試験

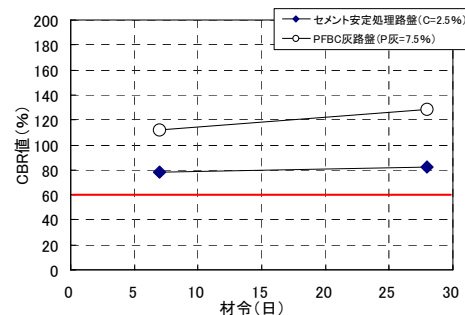


図-2 現場 CBR

キーワード：石炭灰，PFBC 灰，改良路盤，高規格道路

連絡先：㈱エネルギー・エコ・マテリア（〒730-0042 広島市中区国泰寺町 1 丁目 3 番 32 号 TEL082-523-3510）

(2) FWD調査結果

FWDによるたわみ量測定は、供用直前の平成 15 年 3 月（施工後 3 ケ月経過）と平成 19 年 9 月（施工後 4 年 10 ケ月経過）に実施した。たわみ量の調査結果を図-3 に示す。

FWDによるたわみ量を PFBC 灰路盤とセメント安定処理路盤と比較すると、PFBC 灰路盤は供用前および供用 4 年経過後とも 6 測点の平均値が 0.2mm 以下と低く、セメント安定処理路盤の平均値 0.3mm と比べ低いことが分かる。また、経年変化においては両配合とも有意な変化がない。これらのことから PFBC 灰路盤はセメント安定処理路盤と比べて同等以上の耐久性を有していると判断した。

(3) 現場コアによる一軸圧縮試験

平成 21 年 3 月に現場コア（N=4）を直接採取し、一軸圧縮強度試験を実施し PFBC 灰路盤とセメント安定処理路盤に有意差の確認を実施した（表-2）。

PFBC 灰路盤およびセメント安定処理路盤ともに一軸圧縮強度は 4N/mm² 以上であり、長期強度の増進が確認できた。以上から PFBC 灰路盤はセメント安定処理路盤と遜色ないと判断し、出雲舗装工事に採用することとした。

4. 山陰自動車道（斐川～出雲）における実施工

4. 1 室内配合

出雲舗装工事における PFBC 灰の配合を決定するため室内配合試験を実施した。実証試験施工と同様に比較対象として高炉セメント B 種を用いた。なお、真砂土は実施工で使用する島根県雲南市木次町産を用いた。図-4 に PFBC 灰添加率と CBR 値の関係を示す。PFBC 灰添加率が多くなるにつれて CBR 値は大きくなっていくが、添加率が 5.2%（セメントレス）でも CBR 値 60% を十分満足することから、PFBC 灰の添加率は 5.2% に決定した。

4. 2 現場試験による品質評価

室内試験で決定した配合について、現場での強度確認のため実施工機械を用いて試験施工を行い、施工性の確認など品質評価を実施した。なお、混合はドラム式プラント（公称能力 350 t/h）にて実施した。現場試験結果は表-3 に示すとおり、現場 CBR 値は室内 CBR 基準値 60% 以上を満足し、締固め度も基準の 95% を満足した。また、たわみ量についても基準値 2mm 以下を満たしており室内試験で設定した PFBC 灰添加量 5.2% が妥当であることが確認できた。

5. リデュース・リユース・リサイクル（3R）の促進

出雲舗装工事では PFBC 灰を採用したことにより、概ね 280 t の高炉セメントを使用する予定であったが、セメントレスのため資源の消費抑制へ貢献した。CO₂ 排出量は 134 t 削減が出来、併せて PFBC 灰のリサイクルにもつながり、大きく環境の負荷低減を行った。なお、CO₂ の算出に用いた原単位は 480kg-CO₂/t¹⁾ とした。

6. まとめ

今回、下層路盤へ PFBC 灰を活用することにより環境負荷への低減に貢献することができた。また PFBC 灰は現場コアを採取し材令 6 年後における強度から長期強度増進について確認できたが、更なる追跡調査により強度検証を行いたい。一方 PFBC 灰の生産地が限られるため供給距離によっては輸送コストの増減が生じることからコスト効果については、施工現場毎に精査する必要がある。なお出雲舗装工事は平成 21 年 4 月から実施し、PFBC 灰活用量約 800 t（延長 5.8 km）による下層路盤を構築し、平成 21 年 11 月より供用開始に至っている。

7. 参考文献

1)（社）セメント協会（2009）：セメントの L C I データの概要

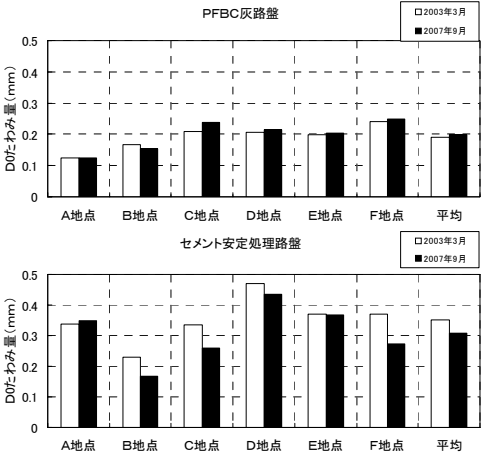


図-3 たわみ量

表-2 一軸圧縮強度試験結果(材令 6 年)

一軸圧縮強度 (N/mm ²)	PFBC 灰工区 (添加量: 7.5%)	セメント工区 (添加量: 2.5%)
規格値 (参考)	3.0 (上層路盤)	
平均	4.3	4.2

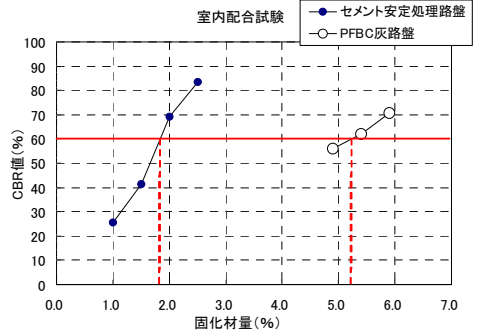


図-4 PFBC 灰添加率と CBR 値の関係

表-3 現場試験方法と結果

転圧機種	使用用途	転圧回数
タイヤローラ15t	初期転圧	4回
マカダムローラ	二次転圧	4回
タイヤローラ25t	仕上転圧	6回
現場試験結果	現場CBR	81.9%
	締固め度	96.4%
	たわみ量	0.73mm