

軟弱盛土材への石炭灰の有効利用 (石炭灰原粉の軟弱盛土地盤改良材としての適用例)

奥村組 正会員 桑原昭浩 丸川真一 正会員 門田克司
日本道路公団 島 勝俊
中国電力 正会員 樋野和俊 正会員 斎藤 直

1. はじめに

軟弱地盤の安定性を確保する工法は各種存在するが、浅層地盤改良ではセメント・石灰等で土質改良する工法が最も一般的である。また、石炭火力発電所から大量に発生する石炭灰は、年々増加の傾向を示しており、この石炭灰の有効利用が今後の重要な課題のひとつとなっている。現在、その有効利用の大半はセメント分野であり、他分野での有効利用技術の開発が望まれている。

本報告では、中国横断自動車道穴道インターチェンジ工事の軟弱土の地盤改良材として石炭灰原粉を採用し、その適用性を実証するとともに、実施した室内試験、モデル施工および、実施工の結果について述べる。

2. 軟弱盛土材・石炭灰の性状

当工事において発生した軟弱土を本線路体部に盛土するため、ばっ気により含水比を低下させる計画をしたが、この材料は保水性が大きく、かつ山陰特有の気象条件も重なり、約半年のばっ気の結果、含水比の低下はほとんど見られなかった。表 - 1 に軟弱盛土材の現況土の室内土質試験結果を示す。

石炭灰は集塵したままの原粉であり、運搬性を考慮し、7%の加水をした。その品質は、表 - 2 に示すとおりで、その主成分はシリカ、アルミナである。粒子は砂・シルトに近似した材料であり、石炭灰にセメントを添加した場合、ポゾラン活性が期待できる。セメントは高炉セメント B 種を使用した。

表 - 1 軟弱盛土材の土質試験結果

一般	土粒子の密度 (g/cm ³)	2.589
	自然含水比 (%)	57.1
粒度	礫分 2mm-75mm (%)	1.9
	砂分 75μm-2mm (%)	54.3
	シルト分 5μm-75μm (%)	25.3
	粘土分 5μm未満 (%)	18.5
コンシステンシー特性	液性限界 (%)	61.9
	塑性限界 (%)	30.7
締固め	試験方法	B - b
	最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.197
	最適含水比 (%)	33.8

表 - 2 石炭灰の品質

比重	化学成分 (%)				
(g/cm ³)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	その他
2.21	66.4	22.7	2.2	1.8	6.9

3. 室内配合試験

日本道路公団における路体の安定処理の配合設計における目標強度は、強度割増しを考慮してコーン指数 $q_c = 0.4 \text{ N/mm}^2$ となっている。自然含水比状態の軟弱土にセメントのみ、セメントと石炭灰を混合したものを添加し、φ15cm モールドに突固めて (2.5kg ランマー、3 層、55 回) 供試体を作成した。養生は、現場施工の条件を加味し、24 時間の空气中養生とし、その後、コーン指数および、含水比を測定し、乾燥密度を算出した。その結果を図 - 1 と図 - 2 に示す。 $q_c = 0.4 \text{ N/mm}^2$ を満足する添加量は、高炉セメントのみで 78 kg/m^3 、高炉セメント 50 kg/m^3 と石炭灰混合の場合は石炭灰 150 kg/m^3 となる。石炭灰の添加量が増加すると所要強度に対してセメント量を低減できると共に、土の物性が改善され締固め性能が向上する等、改良効果の向上する

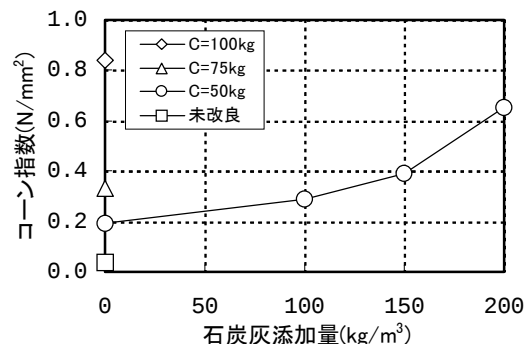


図 - 1 石炭灰添加量とコーン指数の関係

キーワード：石炭灰、軟弱土、コーン指数、含水比、トラフィカビリティ

奥村組広島支店 〒730-0042 広島市中区国泰寺町 1-7-22 TEL:082-242-5777 FAX:082-241-2615

ことがわかった。この結果、石炭灰を添加した改良材の効果を
確認する目的でモデル施工を実施することとした。

4．モデル施工

施工に際し、対象にする軟弱土のほぐした状態と締固め
後の土量変化率試験を実施し、セメントと石炭灰の添加量
がそれぞれ 50kg/cm³,150g/cm³ となるように定めた。モデル
施工は、ほぐした状態の軟弱土 83m³ に対して、実施し
た。改良材の混合は、整形した軟弱土上に油圧ショベル
(0.7m³)でセメント、石炭灰の順に散布し、攪拌した。24
時間養生後、湿地ブルドーザ(16t)で 30cm 厚に敷均し、転
圧した。

図 - 3 に、各施工段階で現場コーン指数 (JHS 113) を
各 9 点について測定した結果を示す。改良前はコーン指数
が約 0.1N/mm² であり、盛土の施工は不可能であった。改
良 24 時間後、コーン指数は平均で 0.34N/mm² となり、湿
地ブルドーザのトラフィカビリティを確保する q_c =
0.3N/mm² をクリアした。この状態で敷均しの施工をした
が、施工上の問題は発生しなかった。敷均し施工の 1 時間
後では、コーン指数の平均値はほとんど変わらないが、ヤ
ード全体に均質化していた。

5．実施工

上記のモデル施工に準じ、1 日当り 500m³、合計約
10,000m³ の軟弱土を対象に石炭灰を用いた安定処理による
路体盛土を施工した。この施工は、平成 11 年 9 月から 11 月に実施し、実稼動日数は 25 日であった。この
盛土の品質管理は、R I 計器による管理とし、その管理値は (空気間隙率) 8%とした。その結果を表 -
3 に示す。締固め後の施工含水比は室内試験値と比べて約 10%減少しており、乾燥密度は約 0.2g/cm³ 上昇
していることがわかる。石炭灰は攪拌時に吸水するため、軟弱土の含水率が急速に低下し、重機の作業効率
があがった。また、施工日ごとの品質についてもばらつきは小さく、湿地ブルドーザのトラフィカビリティ
は確保でき、問題なく盛土の締固めが施工できた。以上のことより、石炭灰は作業効率の改善、地盤改良の
効果が十分に得られ、実施工における盛土の品質は満足できるものであった。

6．まとめ

改良材として石炭灰を用いた軟弱土の盛土施工により次の結果が得られた。

1)石炭灰単独で強度を得ることはできないが、セメントなどの固化材と併用することで強度を確保できる。
また、セメントのみに比べてセメント量を減ずることができる。

2)施工日ごとの品質のばらつきが少なく、安定した施工ができた。また、石炭灰の吸湿性により、攪拌
時に軟弱土の含水比が下がり、重機の作業効率が向上した。

石炭灰を使用することは産業副産物の有効利用であり、資源の保全にもつながる。今後、適用例を増やし
ていくためには、セメントとの最適な混合方法および添加割合をいかに決定するかが課題である。

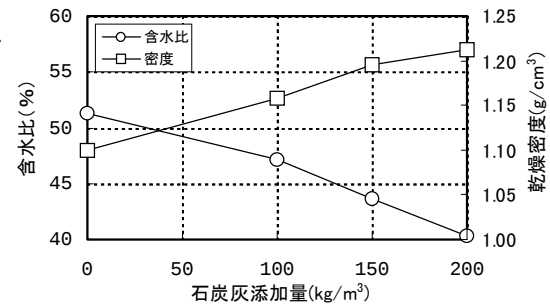


図 - 2 石炭灰添加量と含水比、密度の関係



図 - 3 モデル施工によるコーン指数の変化

表 - 3 実施工での品質

	含水比	乾燥 密度	密度比*	空気 間隙率
	%	g/cm ³	%	%
平均	31.2	1.398	103.0	2.2
最大	39.4	1.516	111.7	4.7
最少	26.5	1.273	93.8	0.2

*現場乾燥密度/混合土の室内試験最大乾燥密度(1.357)