

J H中国支社における石炭灰を活用した地盤改良について

J H中国支社 正会員 〇島 勝俊

中国電力 土木部 正会員 樋野 和俊 中国電力 土木部 正会員 斉藤 直

1. はじめに

軟弱地盤の安定性を確保する方法には各種存在するが、セメント・石灰等で改良する工法は最も一般的である。しかしながら、通常地盤改良は対象数量が膨大であるため、使用する材料により大きく経済性が影響する。また、中国電力から発生する石炭灰の量は現状で年間約60万tで年々増加する傾向にあり、それとともに埋立て処分等も困難になってきている。現在の有効利用の大半もセメント分野であることから、他の有効利用技術の開発が望まれている。

本報告は、中国横断自動車道栄道インターチェンジ工事の軟弱土の改良に地盤改良材として石炭灰原粉を採用し、その適用性を検証するとともに、実施した室内試験とモデル施工の結果について述べるものである。

2. 軟弱土改良の必要性について

当工事において発生した軟弱土を本線路体盛土材に使用するため、ばっ気により含水比を低下させ、施工性を向上させる計画をしていたが、この材料は粘性のある砂質土で保水性が高く、山陰地方特有の多雨な気候条件も手伝って、約半年のばっ気によっても含水比の低下はほとんど見られなかった。このため、現況のままでは施工が不可能であることから、盛土材の安定性を確保するため、土壌改良が必要となった。表-1に現地発生軟弱土の物理特性を示す。

3. 室内配合試験

上記軟弱土の改良材として、当初セメントによる改良を計画していたが、含水比を低下させトラフッカビリティーを確保することに着目し、この改良材料として石炭灰を選定した。石炭灰は、中国電力(株)三隅発電所から発生する石炭灰を原粉のまま使用した。表-1、図-1に石炭灰の性状を示す。室内配合は、当初計画のセメント単独と石炭灰とセメントを併用した計7種類を選定した(表-2)。供試体の作成は、自然含水比状態の軟弱土に各配合の材料を混合(乾燥重量比)し、φ15cm×1.0mに突き固め(2.5kgハンマー、3層55回)で行った。養生は、現場の施工条件を考慮し24時間の空气中養生とした。ここで改良土の目標強度は、施工性を考慮して1日材令でコーン指数qc=0.4N/mm²(現場湿地ブルトラッカビリティー0.3N/mm²、室内強度割増し1.3)とした。

図-2、3に室内試験結果を示す。図-2より、同一セメント添加量(50kg/m³)において石炭灰の添加量の増加とともに、コーン指数が放物線上に増加する。また、石炭灰を加えることで、所要のセメント量を大きく低減できることがわかる。図-3によれば、石炭灰の添加量の増加に伴い、含水比がほぼ直線的に低下し、乾燥密度は直線的に増加している。これは、石炭灰を添加することにより、土の物性が改善され締固

表-1 軟弱土および石炭灰の物理特性

項目	単位	軟弱土	石炭灰
土粒子の密度	g/cm ³	2.589	2.208
自然含水比	%	57.1	>0.1
液性限界	%	61.9	NP
塑性限界	%	30.7	NP
粒 度	礫分	%	1.9
	砂分	%	54.3
	シルト分	%	25.3
	粘土分	%	18.5
最大乾燥密度	g/cm ³	1.197	-
最適含水比	%	33.8	-

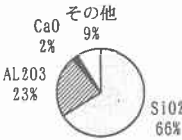


図-1 石炭灰の化学組成
表-2 室内試験配合

試料番号	添加率 (%)	土への添加材量 (kg/m ³)		
		計	石炭灰	高伊セメント
①	0	0	0	0
②	4.9%	50	0	50
③	7.4%	75	0	75
④	9.8%	100	0	100
⑤	14.7%	150	100	50
⑥	19.6%	200	150	50
⑦	24.6%	250	200	50

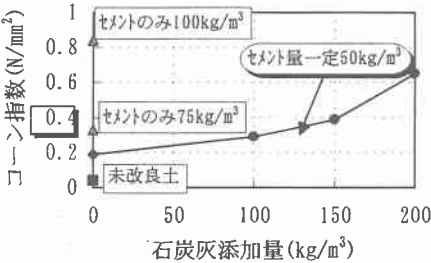


図-2 石炭灰添加量とコーン指数

め性能が向上したことを示している。この結果をもとに、室内目標強度($q_c=0.4\text{N/mm}^2$)を満足する添加量を選定し、現場において実機械を使用し、表-8に示す配合でモデル施工を行うこととした。

表-3 モデル施工実施配合

試料 番号	添加率 (%)	土への添加材量(kg/m^3)		
		計	石炭灰	高炉セメント
⑥	19.6%	200	150	50

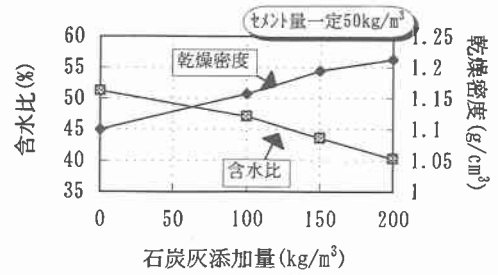


図-3 石炭灰添加量と含水比・乾燥密度

4. モデル施工

対象とする軟弱土はほぐした状態であるため、土量変化率試験よりほぐし状態の乾燥密度を算出し、表-3の配合で 83m^3 の土を改良することとした。改良材の混合は、油圧ショベル(0.7m^3)で30cm厚に整形した軟弱土上にセメント・石炭灰の順に散布し混合した。24時間養生後、湿地ブルドーザ(16t)で30cm厚に数均し・転圧した。なお、モデル施工に際して石炭灰は、飛散を防止する目的で約7%加湿したものをダンプトラック(10t)により陸送した。

図-4に、各施工段階での現場コーン指数(9点平均値)の結果を示す。改良前のコーン指数は約 0.1N/mm^2 と低く盛土の施工は不可能であったが、改良24時間後のコーン指数は 0.34N/mm^2 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 $q_c=0.3\text{N/mm}^2$ を満足した。この状態で同機械による数均し・転圧を行ったが、施工上の問題もなく、転圧後のコーン指数も目標強度を満足した。また、室内試験の結果に対して強度低下も0.87(割増1.15)と低く抑えられた。これは、土に対する総添加量が影響しているものと考えられる。

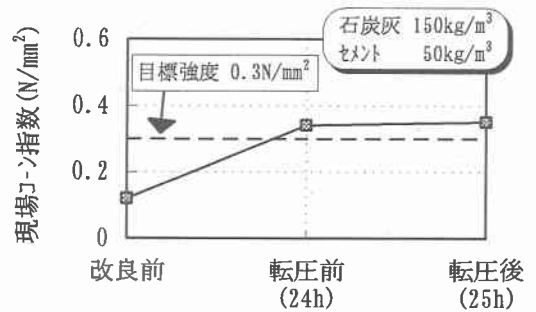


図-4 現場コーン指数(モデル施工)

5. まとめ

セメント等の改良材を使った土壌改良は土を固化するものであるが、石炭灰は以下の特性を活用した改良材と考える。

①液性・塑性指数がNPである微細な砂の特性を持つ石炭灰を適量配合することにより、土の物性が砂質系の取扱性(締固め性能向上など)の優れたものに改善される。

②石炭灰単独では強度を得ることはできないがセメント等の固化材と併用することで強度を確保すると共に、セメント量の低減に寄与できる。

今回実施したモデル施工の結果、石炭灰を用いた改良材は当初計画のセメントと同等以上の品質が確保できると同時に十分経済ベースに乗ることから、モデル施工と同一の配合(石炭灰 150kg/m^3 +セメント 50kg/m^3)で、1日当り 500m^3 、合計約 $10,000\text{m}^3$ の軟弱土改良に石炭灰を用いた改良材を採用し路体盛土を実施した。実施工においても、従来どおりのサイクルで施工が可能で、品質上のばらつきも小さく、所要強度は確保されている。

環境負荷の低減からみても、本改良材は、石炭灰(産業副産物)の有効活用拡大とセメント量低減による資源の保全にもつながることから、今後、対象土を広げ更に適用性を確認して行く予定である。文末になりましたが、本試験にあたり(株)奥村組をはじめ関係各位に格別なるご協力をいただいた。この場をお借りして厚くお礼を申し上げます。



写真-1 石炭灰改良施工状況