

石炭灰造粒材の地盤材料への適用性

大成建設¹⁾ 正会員 宇野浩樹, 檜垣貫司, 川崎宏二
 宇部興産²⁾ 鶴谷 巖, 大中 昭, 仲谷朋之

1. はじめに 著者らは石炭灰の有効利用を目的として、フライアッシュを主成分とした石炭灰造粒材の製造技術の確立と土木材料としての用途開発を進めており、その一環として盛土試験を実施した。本報告では盛土試験を紹介するとともに、既存の盛土材料である「まさ土」と比較することによって石炭灰造粒材の盛土材料としての性能について検討した。

2. 石炭灰造粒材の物理特性 今回用いた石炭灰造粒材は、フライアッシュに少量のセメントと添加材を加え、容量450リットルの回分式混合造粒機で粒状化したものである。表-1に室内試験で得られた基本物性値を、図-1に室内締固め試験前後の粒径加積曲線を示す。これらの図表から、石炭灰造粒材は、①粒子内に空隙を有するため真比重が比較的小さいこと、②最適含水比が比較的高いこと、ならびに、③締固め後の粒子が細粒化していることから、粒子破碎しやすい材料であることが分かる。

3. 試験施工 準備工として、雨水など盛土内を浸透した浸透水を採取するためのドレーン層（厚さ20cm）を、碎石などを用いて敷設した。また、盛立ては、図-2に示すように、締固め層数を5層、1層当たりの仕上がり厚を30cmと設定し、ドレーン層の上に石炭灰造粒材、まさ土の各材料をゾーン分けして行った。ここで、撒出しは、石炭灰造粒材については撒出し後の見かけ比重が嵩比重になるよう、重機の自重による初期転圧を避けて行い、転圧は振動ローラー（機械質量6.5t、振動数51.6Hz、締固め幅148cm、起振力68.6kN（7tf）、走行速度約1km/h）を用いて行った。3～5層目に対する転圧回数と撒出し厚については、図-3に示した、2層目における地表面沈下率（＝地表面沈下量/撒出し厚）と転圧回数の関係を用いて設定した。すなわち、転圧回数は地表面沈下率がほとんど変化しなくなる6回とし、撒出し厚は、転圧回数6回における地表面沈下率を基に仕上がり厚30cmを考慮して、石炭灰造粒材、まさ土それぞれに対し39cm、32cmとした。盛立て完了後、図-4に示すように、1:1.5、1:1.8の法面勾配で成形し、盛土法面に雨水など盛土表面を流れる表層水を採取するための取水管を設置した。施工後は盛土を放置し、力学的な特性値の経時的な推移を調査するとともに、浸透水および表層水の採取とその成分分析を行った。

4. 現場計測および状況観察 石炭灰造粒材は細粒分を含むこと、ならびに真比重が比較的小さいことから、施工中に多少の粉塵が発生すると予想されたため、デジタル粉塵計による浮遊粉塵量測定を実施した。さらに、盛土としての品質を確認するため、各層の転圧終了時にRIによ

表-1 基本物性値

項目	石炭灰造粒材	まさ土
自然含水比	40.6 %	8.30 %
真比重	2.318	2.622
塑性指数	NP	NP
最適含水比	42.3 %	9.57 %
最大乾燥密度	1.055 g/cm ³	2.003 g/cm ³
軸圧縮強度 ^注	160.9 kPa	157.0 kPa

注) 締固め度100%対応

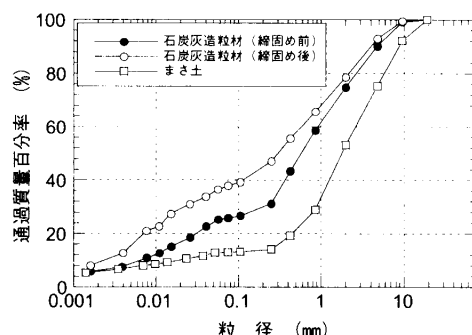


図-1 粒径加積曲線

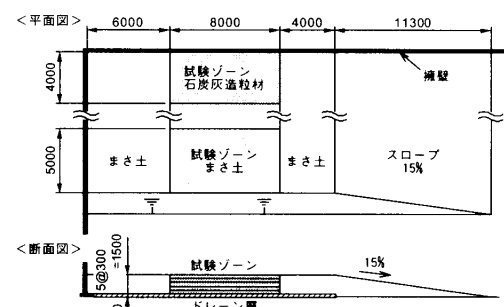


図-2 盛立て時盛土概略図

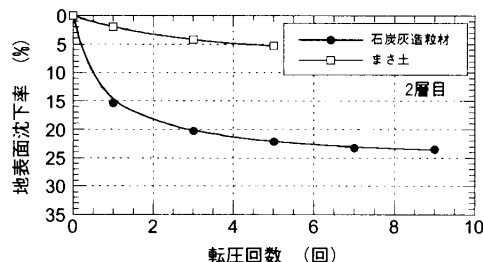


図-3 地表面沈下率と転圧回数の関係

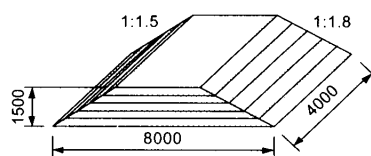


図-4 成形後盛土概略図

キーワード：石炭灰、まさ土、盛土、締固め、密度、支持力

連絡先：1) 横浜市戸塚区名瀬町344-1, tel. 045-814-7236 2) 山口県宇部市大字小串字沖の山1980, tel. 0836-31-6549

る現場密度試験とレベル測量を実施し、盛立て完了時に、盛土天端において、砂置換による現場密度試験、現場 CBR 試験、道路の平板载荷試験およびスウェーデン式貫入試験を実施した。なお、これらの試験のうち、支持力試験とサウンディングについては、施工完了から3ヶ月経過した際にも実施した。また、石炭灰造粒材の原材料が石炭灰やセメント等であることから、上述の浸透水および表層水に関して、pH や重金属の溶出量を調査するため、これらの成分分析を実施した。

①粉塵発生量 施工過程全体を通じて、石炭灰造粒材の施工に起因した粉塵の発生は認められなかった。

②形状変化 目視で観察する限り、施工後の風雨等による侵食や崩壊は天端や法面に発生していない。

③密度分布 図-5に3～5層目で測定した現場密度と含水比の関係を示す。現場密度による締固め度は、砂置換法で石炭灰造粒材が92%、まさ土がほぼ100%となり、RI法で石炭灰造粒材が88～95%、まさ土が91～95%となった。すなわち、試験方法の違いによる変動はあるものの、石炭灰造粒材で得られた密度増加としての締固め効果は、まさ土のものと同等かやや劣る結果になった。効果がやや劣る結果になった理由として、転圧時にローラー付近において材料の流動が見られたことから推察すると、締固めエネルギーの一部が粒子の流動に費やされたことが考えられ、石炭灰造粒材の最適な現場締固め方法（使用機械、仕上がり厚さの設定等）に関して、タイヤローラーを用いる等、詳細な検討が必要であることが分かった。

④支持力・強度特性 表-1に示したように、室内試験では、締固め度100%に対する一軸圧縮強度が石炭灰造粒材とまさ土で同等の値となった。また、現場試験結果として、図-6にCBRと地盤反力係数 K_{30} を、図-7にスウェーデン式貫入試験で得られた貫入量1m当たりの半回転数 N_{sw} の深度分布をそれぞれ示す。石炭灰造粒材の現場試験による支持力および強度特性は、盛立て完了時には締固め度がやや低く、まさ土のものより小さいものの、その後の時間経過に伴って増加していることが分かる。この経過時間に伴う増加は、セメントを含む石炭灰造粒材の単粒子破砕強度が経時的に増加する¹⁾ことに起因していると考えられる。

⑤浸透水・表層水の成分 浸透水は、施工後の雨量が少ないため回収されておらず、分析を行うまでに到っていない。一方、表層水のpHは施工直後から8程度でほぼ中性であり、有害物質も検出されていない。

5. まとめ 今回、石炭灰造粒材の用途開発の一環として盛土試験および現場試験を実施し、以下の知見を得た。

①石炭灰造粒材は、盛土材料としての基本的な性能を有しており、利用可能であることが確認できた。②石炭灰造粒材の支持力および強度特性については、まさ土には見られない、単粒子破砕強度の増加に起因した経時的な性能アップが認められた。③今後も評価データの収集を継続し、石炭灰造粒材の締固め機構に適合した最適な現場締固め方法の検討等、実用面での利用可能性や施工指針等について検討する計画である。

参考文献 1) 佐藤・兵動・鶴谷ら：石炭灰造粒材の単粒子強度が一次元圧縮特性に及ぼす影響，第36回地盤工学研究発表会講演集，pp.657-658，2001。

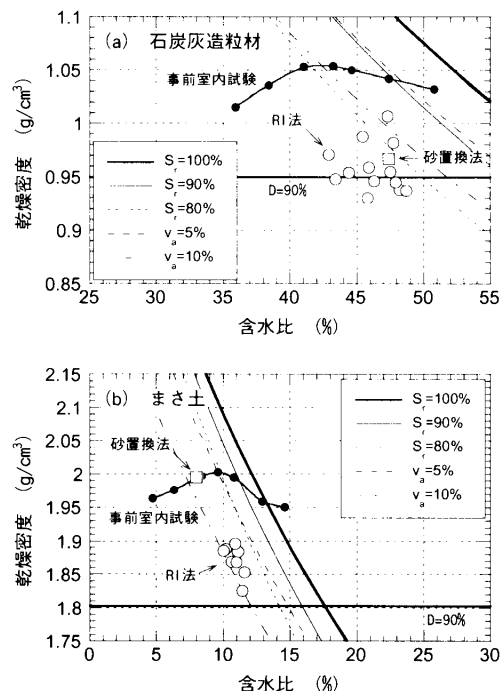


図-5 現場密度と含水比の関係

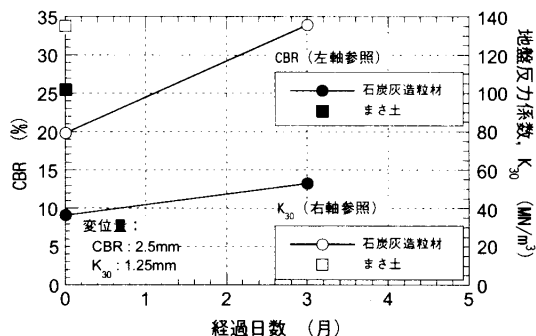


図-6 支持力特性の経時変化

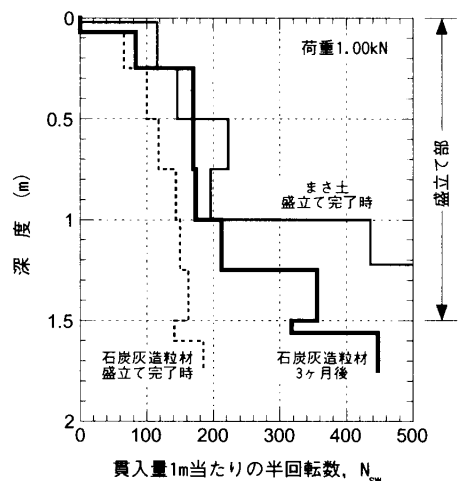


図-7 スウェーデン式貫入試験結果