

石炭灰破碎材・製鋼スラグ混合材料の上層路盤材への適用と品質管理手法の提案

福岡大学大学院
福岡大学工学部
福島エコクリート(株)
日鉄スラグ製品(株)

学生会員
正会員

○大原 史稔
佐藤 研一
堀川 剛利
柴崎 徹

嶋村 淳平
藤川 拓朗
門馬 怜史

古賀 千佳嗣

1.はじめに 石炭燃焼の際に副次的に発生する石炭灰の有効利用技術の1つに、石炭灰混合破碎材(以下、破碎材)があり¹⁾、主に路盤材として利用が進められている。しかしながら、破碎材単体では、すりへり減量や上層路盤材のCBR値の品質基準を満足しない場合もあることから、主な利用用途が下層路盤材に留まっている²⁾。そこで今後、路盤材として更なる利用用途の拡大を展開していくにあたり、本研究では、破碎材に製鋼スラグを混合し、粒度分布と締固め特性を改善させて上層路盤材への適用について検討を行った。また、路盤材の品質管理においては、CBR値を求めるまでに時間と労力を要することから、工事の進捗に影響を及ぼすことが指摘されている³⁾。特に、バージン材と違って混合材料のようにリサイクル材料をベースとした路盤材は、製品の安定供給と品質管理が重要となる。そこで、混合材料の品質管理手法として、簡易支持力測定器を用いた検討を行った結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 実験試料及び配合条件 本実験ではRC-40相当に調整した破碎材と製鋼スラグを使用した。図-1に粒径加積曲線、表-1に破碎材の配合条件、表-2に物理特性、表-3に実験条件を示す。破碎材は表中に示す割合で試料を混合し48時間50℃の加熱加湿養生後に破碎して、28日間経過したものを使用している。製鋼スラグは、材料の膨張性を配慮して、蒸気エージング処理を施している。今回、路盤材としての検討を行うにあたり両試料の混合割合は質量比で10:0, 7:3, 5:5, 3:7, 0:10の5条件に設定している。

2.2 路盤材としての検討 路盤材としての性能評価を行うにあたり、修正CBR試験(JIS A 1211)及び粗骨材のすりへり試験(JIS A 1121)を実施した。また試料に限りがあるため、締固め試験を行わず既往の研究^{4),5)}より得られた最適含水比(破碎材:w_{opt}=20%, 製鋼スラグ:w_{opt}=8%)を用いて試験を行った。修正CBR試験(JIS A 1211)は、試料をそれぞれ最適含水比に調整後、混合し突き固めて供試体を作製し、4日間の水浸養生を行った後に貫入試験を行った。

今回は締固め試験を実施していないため、突き固め回数92回の際に得られた供試体の乾燥密度を最大乾燥密度ρ_{dmax}と定義し、90%乾燥密度と95%乾燥密度を求め、そこから締固め度90%及び95%における修正CBR値を算出した。

次に、破碎材のすりへり減量の把握は、ロサンゼルス試験機にて粗骨材のすりへり試験(JIS A 1121)を行った。試料と鋼球12個をロサンゼルス試験機に投入し、毎分30~33回で試験機を500回転させた後、1.7mmふるい通過重量を求めすり減り損失重量とし、これを試験前の試料重量で除し、百分率にてすりへり減量を算出した。

2.3 環境安全性の検討 周辺環境の安全性評価をするため、再生路盤材の粒度範囲に調整した破碎材を用い、利用有姿による試験(JIS K 0058-1)を実施した。pH5.8~6.3に調整した純水を液固比10の割合で混合し、混合液をプロペラ攪拌(200rpm)で6時間攪拌後、遠心分離機にて分離を20分間行い、ろ過し検液とする。

2.4 簡易的な品質管理手法の提案 簡易支持力測定器を用いて混合材料のCBR値の測定が出来れば、修正CBR試験を行わずに混合材料の品質管理を行うことができ、路盤材として利用するための簡易的な管理手法として有効

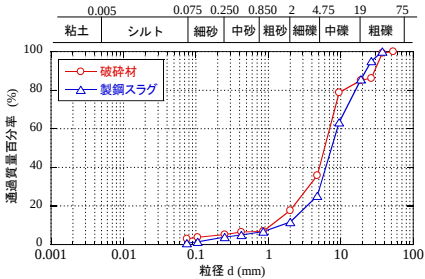


図-1 粒径加積曲線

表-1 破碎材の配合条件

配合試料	石炭灰	高炉セメントB種	水	消石灰
配合割合(%)	100	25	27.5	3

表-2 物理特性

実験試料	自然含水比 w _n (%)	最適含水比 w _{opt} (%)	土粒子密度 ρ _s (g/cm ³)	均等係数 U _c	曲率係数 U _{c'}
破碎材	25.9	20.0	1.821	6.3	1.7
製鋼スラグ	1.5	8.0	3.320	5.9	2.0

表-3 実験条件

実験試料	混合割合 (破碎材:製鋼スラグ)	含水比 w(%)	検討方法
破碎材 製鋼スラグ	10:0	最適含水比	修正CBR試験(JIS A 1211) すりへり試験(JIS A 1121) 利用有姿による試験(JIS K 0058-1)
	7:3		
	5:5		
	3:7		
	0:10		

キーワード 石炭灰破碎材 製鋼スラグ 路盤材
連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部 TEL092-871-6631(ext.6464)

的である。そこで、修正CBR試験と同様の方法で供試体作製後、供試体中央にランマーを落下させ衝撃加速度(Ia値)の測定を行い、Iaを用いたCBRの換算手法と新しい品質管理手法の提案を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 路盤材としての性能評価 図-2に締固め度90%と95%における修正CBR値を示す。破砕材と同等量以上の製鋼スラグを混合することで上層路盤材の品質基準である80%を満たし、上層路盤材として利用可能であることが示唆された。また、製鋼スラグは施工後長期間にわたって水硬性が発現し、耐久性に優れる効果を有していることから、破砕材：製鋼スラグ=7:3においても強度増加が考えられ、長期的には、上層路盤材への利用も期待できる。図-3にすりへり試験の結果を示す。単粒子強度が大きい製鋼スラグの混合割合の増加に伴い、鋼球による粒子破砕量が減少し、すりへり減量値も減少傾向を示したと考えられ、いずれの条件においても上層路盤材の規定値である50%以下を満足する結果が得られた。

表-4に利用有姿による試験を用いた混合材料の環境安全性評価を示す。B(ホウ素)に関して僅かに溶出が見られたが、いずれの混合割合においても重金属等の溶出はほぼ定量下限値を下回り、検討を行った検討項目については土壤環境基準を満足していることから、破砕材・製鋼スラグ混合材料の路盤材としての利用は、周辺環境に対して安全な材料であることが分かる。

3.2 簡易支持力測定器を用いた品質管理手法の検討 図-4に衝撃加速度(Ia値)と修正CBR試験で求めたCBR値(実測値)の相関性を示す。図-4より得られた3つの換算式の中で最も相関性の良い締固め回数42回により得られた式(1)より換算CBRを算出し、図-5にて95%CBR(実測値)と換算CBRの比較結果を示す。

換算CBR(%) = 15.1 Ia - 204.9 (1)

ここで、Ia:インパクト値 (ただし、Ia≧14以上とする)
その結果、それぞれの突固め回数ごとに相関係数を求め、相関係数を比較した結果、いずれの突固め回数においても、Ia値とCBR値(実測値)の間に正の相関性があることが分かった。また、換算CBR値が実測値と同程度の値を示したことより簡易支持力測定器を用いることで破砕材・製鋼スラグ混合材料を路盤材として利用する際の品質管理に利用できると考えられる。

4. まとめ 本検討により得られた知見を以下に示す。1) 破砕材単体では上層路盤材としての使用が難しいものの、製鋼スラグを同等量以上混合することで修正CBR値、すりへり抵抗は改善され、上層路盤材の品質基準を満足する。2) 破砕材・製鋼スラグ混合材料は、いずれの混合割合においても重金属等の溶出はほぼ見られず周辺環境に対して安全な材料である。3) 簡易支持力測定器は、路盤材の品質を管理する手法として有効であることが示唆された。

【参考文献】 1) 一般財団法人石炭エネルギーセンター：石炭灰混合材料有効利用ガイドライン(統合改訂版) 2018 2) 財団法人 土木研究センター：建設技術審査証明報告書 土木系材料・製品・技術、道路保全技術(建 技審証 第 0519 号) 石炭灰を利用した人工地盤材料「頑丈土破砕材」, 2011.2. 3) 山田ら：路盤・路床への各種品質管理方法の適用性について、地盤工学会技術報告集 2016.1. 4) 嶋村ら：エージング処理及びピロットの違いが製鋼スラグ路盤材の要求品質に与える影響、平成 30 年度土木学会西部支部研究発表会 III-056, pp.389-390, 2015. 5) 永見ら：石炭灰混合破砕材の路盤材への適用性、平成 30 年度土木学会西部支部研究発表会 III-056, pp.387-388, 2015.

