

散水洗浄及び炭酸化処理を施した一般廃棄物焼却主灰の地盤材料への適用性

- 不溶化処理方法及び副資材の利用が力学特性に及ぼす影響 -

福岡大学工学部 学生会員 内藤 慎平 福味 尊
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣
 (株)フジタ 正会員 久保田 洋 繁泉 恒河

1.はじめに 著者ら^{1),2)}は、焼却主灰の発生現場(オンサイト)での安定化促進技術に着目し、これまで塩類の洗い出しを行う散水洗浄及び重金属類の不溶化(難溶化)する炭酸化処理を施した焼却主灰について地盤材料の検討を行っている。これまでの結果として、散水+炭酸化処理を行った焼却主灰においてロットは異なるが修正 CBR が減少する傾向が見られた。また焼却主灰に含まれる鉛(以下、Pb)などの重金属類の低減を目的とした副資材として、土壌(赤土と黒土)の検討を行い、重金属含有量やコーン指数の変化について報告した。本報では、1)同ロット焼却主灰を用いた散水洗浄及び炭酸化処理を施した焼却主灰の路床・路盤材としての適用性についての検討、2)新たな副資材利用の検討を行った結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 安定化促進処理方法及び実験試料 本検討で行う安定化促進処理方法は、400L 水槽内に一般廃棄物焼却施設より採取した焼却主灰を13.2mm でふるい分けを行った後に充填し、水槽の上部から散水、下部から炭酸ガス(CO₂)の通気を行い、塩類の洗い出し及び炭酸化による Pb 等の難溶化を促進させた。実験試料は処理方法による比較を行うため、処理を施していない未処理の焼却主灰(以下、焼却主灰 A-1)、炭酸化処理のみを施した焼却主灰(以下、焼却主灰 A-2)、散水洗浄及び炭酸化処理を施した焼却主灰(以下、焼却主灰 A-3)の3処理区の試料を作製した。なお、炭酸化処理が施された焼却主灰 A-2 及び A-3 においては久保田らの報告¹⁾と同様に Pb の難溶化効果が確認されている。また、副資材添加における力学特性の把握をするため、同焼却施設より別ロットで採取し、安定化促進処理した焼却主灰(以下、焼却主灰 B)にコンクリートガラを粉砕したもの(以下、再生砂)を混合した。表-1に本検討で用いた試料の物理特性、図-1に粒径加積曲線を示す。

表-1 物理特性

試料		粒子密度 ρ _s (g/cm ³)
焼却主灰A-1	処理条件	未処理
焼却主灰A-2		炭酸化
焼却主灰A-3		散水洗浄+炭酸化
焼却主灰B		散水洗浄+炭酸化
赤土		2.567
黒土		2.427
再生砂		2.731

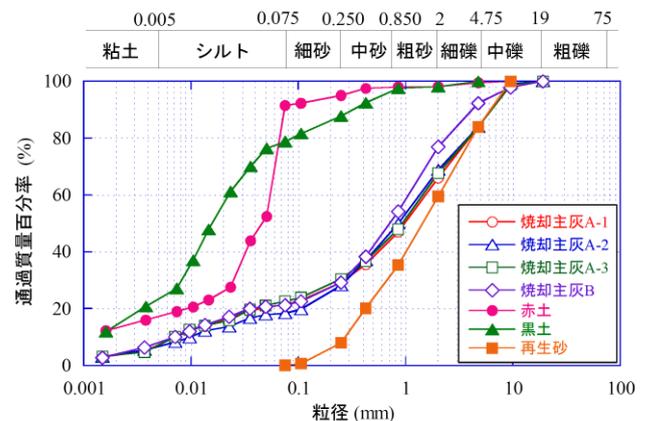


図-1 粒径加積曲線

2-2 路床・路盤材の適用性の把握 本実験では、3処理区における焼却主灰の路床・路盤材としての適用性の把握を行うため、修正 CBR 試験(JIS A 1211)を行い、締固め度 95%に締固めた修正 CBR 値により検討を行った。表-2 に実験条件を示す。供試体作製は E-b 法で求めた最適含水比で試料の含水比調整を行った上で、各層それぞれ 17, 42, 92 回で突き固めを行っている。その後、吸水膨張試験と貫入試験を行った。

表-2 実験条件(修正 CBR 試験)

試料	処理条件	E-b法	
		最適含水比 W _{opt} (%)	最大乾燥密度 ρ _{dmax} (g/cm ³)
焼却主灰A-1	未処理	24.0	1.397
焼却主灰A-2	炭酸化	24.1	1.379
焼却主灰A-3	散水洗浄+炭酸化	24.7	1.375

2-3 副資材添加における力学特性の把握 本検討では副資材の添加における力学特性の把握を締固めたコーン指数試験(JIS A 1228)により検討を行った。表-3 に実験条件を示す。供試体は、A-a 法より得られた最適含水比に調整し、3層 25 回突き固めて作製した。

表-3 実験条件(コーン指数試験)

試料	添加率 (%)	A-a法	
		最適含水比 W _{opt} (%)	最大乾燥密度 ρ _{dmax} (g/cm ³)
焼却主灰B	-	30.3	1.289
	50	21.3	1.535
	100	18.2	1.627
再生砂	-	12.3	1.971

3. 実験結果及び考察

3-1 3 処理区における修正 CBR 特性

図-2 に含水比-CBR 値-乾燥密度の関係を示す。締固め曲線に着目すると、いずれの処理条件においても最適含水比(w_{opt})及び最大乾燥密度(ρ_{dmax})に変化を及ぼさないことが分かる。これは、図-1 に示す粒径加積曲線からも分かるように、処理前後で粒度分布に与える影響が少ないためであると考えられる。図-3 に修正 CBR 試験結果を示す。修正 CBR は未処理(A-1)で最も高い値を示し、安定化促進処理に伴い低下する傾向を示した。これは久保田らの報告¹⁾と同様の傾向を示しており、本報告では炭酸化のみの処理区(A-2)と散水+炭酸化処理区(A-3)に大きな差が見られないことから、炭酸化が修正 CBR 値低下の要因として寄与している可能性が示唆された。しかしながら、舗装材料の規定³⁾により、締固め度 90%においてはいずれも下層路盤材の品質基準である 30%を大きく上回る結果となった。締固め度 95%においては、未処理(A-1)のみ上層路盤材の品質基準である 80%を超える結果が得られた。

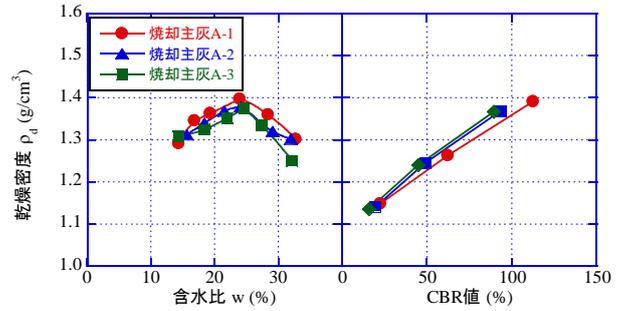


図-2 含水比-CBR 値-乾燥密度の関係

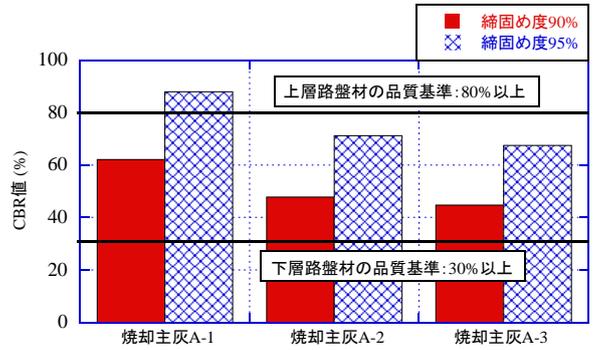


図-3 修正 CBR 試験結果

3-2 副資材添加における力学特性の把握

図-4 に副資材添加時における締固め曲線(A-a 法)を示す。副資材添加率の増加に伴い最大乾燥密度(ρ_{dmax})の増加が見られる。また、最適含水比(w_{opt})は左側にシフトし再生砂単体に近づく傾向を示した。図-5 にコーン指数試験結果を示す。本実験では、締固め曲線より得られた最適含水比においてコーン指数試験を行っている。再生砂の添加率に伴いコーン指数の増加が見られる。これは締固め曲線と同様の傾向が得られ、締固め密度が増大したことが要因として考えられる。一般的に、一軸圧縮強さはコーン指数の約 5 倍に相当すると報告されており⁴⁾、また、盛土材の改良強度⁵⁾は $q_u=100\sim300\text{kN/m}^2$ であることから、各混合率においてもコーン指数に換算した基準値 ($q_c=500\sim1500\text{kN/m}^2$) を満たしていることが分かる。図-6 に副資材添加におけるコーン指数試験結果を示す。図中には長谷川ら²⁾の行った赤土、黒土の結果もプロットしている。添加率増加に伴いコーン指数が減少傾向を示す赤土、黒土とは異なり、本実験で用いた再生砂は、焼却主灰に混合したことでコーン指数が増加する結果となった。これは、図-1 の粒径加積曲線にも示すように、再生砂が赤土及び黒土とは異なり、焼却主灰 B に比べて細粒分含有率が低いため締固め特性が増加したと考えられる。また、再生砂はコンクリート塊を破碎したものであり、硬質な材質を持つことからコーン指数の増加につながったと考えられる。

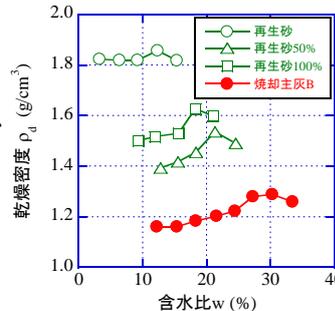


図-4 締固め曲線

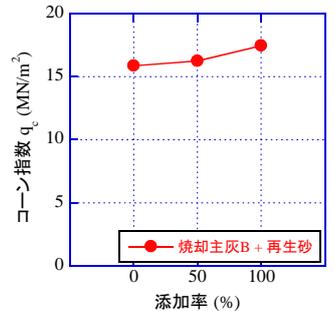


図-5 コーン指数試験結果

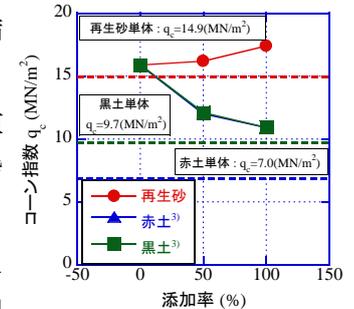


図-6 副資材添加におけるコーン指数試験結果

4. まとめ 1) 散水洗浄・炭酸化処理を施した焼却主灰は、未処理と比べ僅かながら修正 CBR は減少する傾向にあるが、下層路盤材として有効利用できることが確認された。2) 同処理を行った焼却主灰にコンガラ由来の再生砂を添加した場合において、コーン指数は増加し盛土材としての利用可能性が示された。また、副資材の選定において、材料の粒度特性を考慮する必要があることも明らかになった。

【参考文献】 1) 久保田ら：焼却主灰のオンサイト安定化促進処理と土木資材化の検討，第 12 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集，5-6，pp.177-182，2017. 2) 長谷川ら：オンサイト安定化促進技術を用いた一般廃棄物焼却主灰の盛土材としての検討，平成 28 年度土木学会西部支部研究発表会，III-004，pp.259-260，2017. 3) 公益社団法人地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，p402，2009. 4) 佐藤ら：改良土のコーン指数と一軸圧縮強度の比較事例，全地連「技術フォーラム 2012」新潟 5) 一般社団法人セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル第 4 版，p.248，2014.