

既存廃棄物焼却灰処分場の地中加熱による地盤改良および 重金属の不溶化効果に関する基礎的研究

前田建設工業(株) 正会員 ○高橋 浩 石黒 健
電源開発(株) 正会員 東 健一 土田 茂

1. はじめに

近年の廃棄物処分量の増大に伴って、埋め立てが完了し満杯となる処分場が増加しているが、処分場廃止後の有効利用に際しては、地盤強度の不足と廃棄物に含まれる有害重金属の溶出の問題が課題とされている。本研究では、既存処分場に対して原位置にて、セメント添加や締固めを行うことなく、地盤強度の増加と有害物質の不溶化を行う工法について基礎的検討を試みた。

2. 地中加熱工法の概要

地中加熱工法は、一般廃棄物の焼却灰、または石炭灰のような産業廃棄物焼却灰に含まれる酸化カルシウム(CaO)と水の水和反応による自硬作用を地中の温度上昇により促進させ、加熱固化による強度増加と有害物質の不溶化を図るものである。図-1 に本研究で提案する地中加熱工法の概念図を示す。原位置の既存処分場地盤に熱源となる棒状のヒーターを貫入設置し、通電することで、不飽和状態にある焼却灰地盤の地中温度を上昇させる、というものである。本研究では、本工法の有効性を確認するために行った、室内要素試験の結果を報告する。

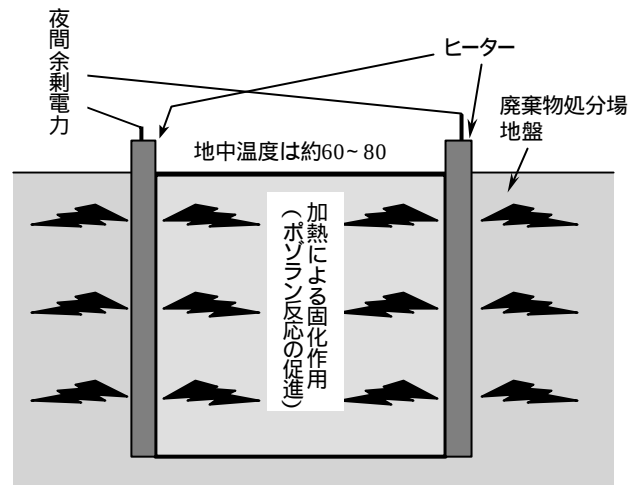


図-1 地中加熱工法概念図

3. 試験方法および試験結果

試験に用いた試料は、火力発電所から排出される石炭の焼却灰（以後、石炭灰）、事業所等から排出される産業廃棄物の焼却灰（以後、産廃焼却灰）、廃木材、廃紙、廃プラスチック等が混在する一般産業廃棄物の焼却灰（以後、一般焼却灰）の3種類である。これら3種の灰に対する加熱効果を調べるため、室内要素試験を行った。実験では、上記の試料をφ50mm×h100mmの鋼製モールド内に、乾燥密度と含水比の組み合わせを種々に変えて締固め、供試体とした。含水比が変化しないようにモールドをラップした後、恒温槽の中で所定の加熱履歴（加熱温度と養生期間）を加え、脱型した後、ひずみ速度0.1%/minで一軸圧縮試験を行った。その結果を図-2に示す（乾燥密度に対する強度増加傾向としてプロット）。図中の石炭灰のデータに見られる傾向として、乾燥密度の増加と加熱により強度も増加していることがわかる。また、常温での産廃焼却灰、一般焼却灰の供試体は、モールドから脱型すると直ちに崩壊し、自立しなかった（一軸圧縮強度 q_u はほぼ0kPa）。これに対し、加熱温度60℃、養生日数28日での産廃焼却灰は一軸圧縮強度が $q_u=530\text{kPa}$ 、加熱温度80℃、養生日数28日での一般焼却灰は $q_u=230\text{kPa}$ と加熱養生することで顕著な強度増加が見られた。一般焼却灰では、乾燥密度が $\rho_d=1.4\text{t/m}^3$ と比較的大きいにも関わらず、他の灰種と比較して一軸圧縮強度が低い。これは含水比が $w=23\%$ と産廃焼却灰に比べ低かったため、水和反応が十分に生じなかったものと思われる（産廃焼却灰の含水比は $w=60\%$ ）。今後、含水比をパラメータとした実験を実施するとともに、原位置において地中の含水比を強制的に高める方法を検討することが課題と思われる。

キーワード：廃棄物処分場、加熱固化、強度増加、不溶化、含水比

連絡先：〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 / TEL:03-3977-2241 / isigurot@jcity.maeda.co.jp

次に、石炭灰、産廃焼却灰、一般焼却灰に含まれる有害物質の溶出を、加熱固化により生じた不溶性水和物により不溶化できるか否かの検討を行った。石炭灰は極微量ながら、ホウ素、六価クロム、ヒ素などの有害物質を含有しており、また産廃焼却灰、一般焼却灰においても鉛の溶出の可能性が指摘されている¹⁾。試料として、石炭灰（CaO含有率0.8%）、産廃焼却灰（CaO含有率25%）および一般焼却灰（CaO含有率21%）を用いた。対象とした有害物質は、石炭灰についてはホウ素、ヒ素、六価クロム、産廃焼却灰と一般焼却灰については鉛とし、加熱固化前後でそれぞれの溶出量を調査した。使用した供試体の諸元および試験結果をそれぞれ表-1および表-2に示す。表-2より、加熱固化によりホウ素、ヒ素、六価クロム、鉛ともに、大幅な溶出量の減少が認められる。写真-1および写真-2には加熱前後の試料のSEM像を示す。これらの写真から、加熱後には不溶性水和物の生成が認められ、これにより有害物質を封じ込めたものと推察される。ただ、有害物質の溶出については、加熱前の試料の中でも溶出量のばらつきが大きく、今後、加熱による溶出防止効果について、幾つかの異なる焼却灰で確認を行っていく必要がある。

4.まとめ

軟弱かつ有害物質溶出の可能性を有する既存廃棄物焼却灰処分場に対し、地中加熱により地盤の強度増加と有害物質の不溶化処理を行う手法を提案し、その有効性について室内要素試験により検討した。その結果、加熱養生による強度の増加傾向、加熱固化による有害物質の溶出量減少傾向が認められ、提案工法の有効性を確認することができた。

近年問題となっている産業廃棄物一般焼却灰に対しては、カルシウム分の含有量や現地処分場の含水状態等を勘案すると、提案工法の適用性が高いものと思われる。本工法は処分場跡地の早期有効利用へ役立つことに加えて、夜間の余剰電力を利用することを前提としているため、エネルギーの有効活用の面からも社会に貢献する事が出来ると思われる。また、施工期間の主要工程に相当する通電加熱時には無人かつ、無振動・無騒音での施工が可能であり、環境面でも優れた手法であると言える。

《参考文献》

1)地盤工学学会：廃棄物の地盤材料としての利用に関する研究委員会報告書、平成12年3月

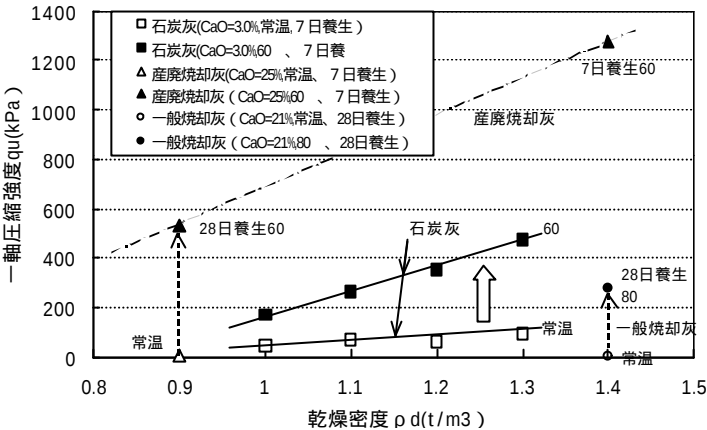


図-2 乾燥密度と一軸圧縮強度の関係

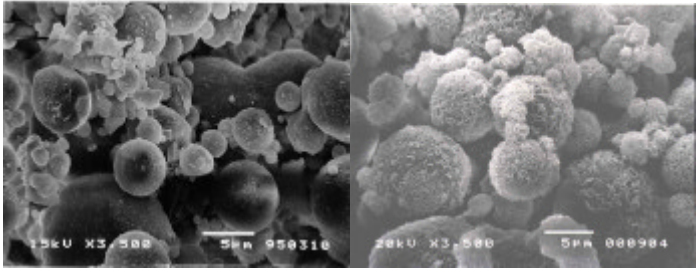


写真-1 石炭灰のSEM写真(×3500)

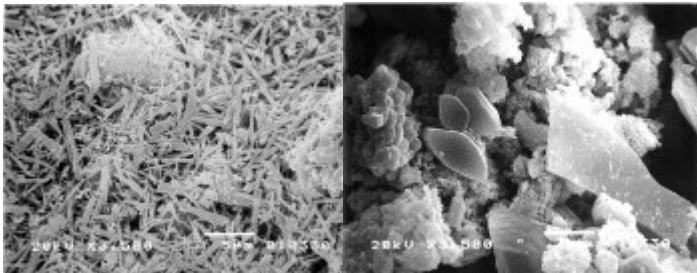


写真-2 産廃焼却灰のSEM写真(×3500)

表-1 供試体の諸元

	乾燥密度 (t/m ³)	含水比 (%)	養生温度	養生期間 日	一軸圧縮強度 (kPa)
石炭灰	1.0	20	80	28	110
産廃焼却灰	0.9	60	60	28	500
一般焼却灰	1.4	21	80	28	270

*) 非加熱時の産廃・一般焼却灰のqu=0kPa

表-2 有害物質の溶出量の変化

灰種	産業廃棄物			一般廃棄物	
	有害物質名	石炭灰	焼却灰	焼却灰	焼却灰
加熱養生前	ホウ素	0.215	0.065	0.37	0.011
加熱養生後	ホウ素	0.019	0.011	0.006	0.001
環境基準	ホウ素	0.01	0.05	0.01	0.01

*溶出試験は環境庁告示46号に従った

*単位は全て、mg/Lである