

# 震災瓦礫の焼却灰の物理的性質と地盤材料としての有効利用に関する実験

東北学院大学工学部環境建設工学科 (学) ○平野 良  
東北学院大学工学部環境建設工学科 (非) 渡邊 修久  
東北学院大学工学部環境建設工学科 (正) 山口 晶  
東北学院大学工学部環境建設工学科 (正) 飛田 善雄

## 1. はじめに

2011年3月11日の東日本大震災により1500～1800万トンの災害廃棄物が生まれた。これは宮城県内での廃棄物の23年分に相当する。廃棄物の分別・焼却作業により大量の焼却灰が発生し、その有効利用がなされなければ、処分場の設置が必要となり大きな問題となっている<sup>1), 2)</sup>。

本研究では、安定処理による土質改良の可能性を考えるために、セメント安定処理、DF材を用いたレストム工法に着目して、石巻ブロックで生成された焼却灰の改良土の強度増加を中心に実験を行い、路盤材料としての有効利用の可能性について考察した。

## 2. 試験に利用した焼却灰の概要と特性

### 2.1 焼却灰の概要

今回の災害廃棄物の特徴として、津波堆積物（海底から運ばれた土砂）や放射性物質を含み、場所によって混合廃棄物の組成が異なる等がある。そのため、粗選別を解体工事や一次仮置き場で行い、二次仮置き場まで運搬する。ここでは、分別や破碎・選別、焼却等の中間処理、再生利用及び最終処分を行うことになる。

石巻ブロック処理区で災害廃棄物を焼却するために使用している焼却炉は、ロータリーキルン炉（300t/日×2炉）とストーカ炉（300t/日×3炉）であり、それぞれの焼却炉を写真.1、写真.2に示す。

ロータリーキルン炉は、廃プラスチック等の高発熱量の廃棄物や燃焼により流動性が出る廃棄物の焼却に適しており、ストーカ炉は比較的高発熱量の廃棄物から灰分の多い低発熱量の廃棄物まで、幅広い性状の廃棄物に対して安定した焼却処理が可能である<sup>1)</sup>。この焼却炉の対応可能廃棄物の違いにより、キルンとストーカは全く別の焼却灰となるため、それぞれに対して実験を行った。



写真.1 ロータリーキルン炉



写真.2 キルン炉

### 2.2 焼却灰の特性

今回試験に使用した焼却灰の物理的性質を次の表に記す。

表-1 焼却灰の特性

	キルン	ストーカ
土粒子密度	2.654(g/cm <sup>3</sup> )	2.630(g/cm <sup>3</sup> )
自然含水比	24.17(%)	7.90(%)
繰返し法 最適含水比	59.24(%)	30.91(%)
繰返し法 最大乾燥密度	0.98(g/cm <sup>3</sup> )	1.11(g/cm <sup>3</sup> )
非繰返し法 最適含水比	55.39(%)	26.43(%)
非繰返し法 最大乾燥密度	0.858(g/cm <sup>3</sup> )	1.067(g/cm <sup>3</sup> )

### 3. 実験概要

キルン・ストーカ焼却灰に対し DF 剤及びセメントの混合率を変化させて、一軸圧縮試験を行った。一軸圧縮試験は DF 剤・セメントを混合した直後に供試体を作成、養生期間は 7 日とし、DF 剤・セメント混合率の違いによる、一軸圧縮強度の変化を調べた。DF 剤・セメントの混合率は、土の乾燥質量に対する質量比率である。

#### 3.1 一軸圧縮試験

試験で使用する試料は、供試体作成時の含水比を調整し、十分に練り混ぜた灰に、改良材を加えた直後のものを使用し、押し固めた。

図-1 はキルンの含水比が 60%程度(最適含水比よりも湿潤側)になるように調整した試料に DF 材およびセメントを 15%, 20%, 25%を加え、試料を直径 5cm, 高さ 10cm のソノモールドに詰め、7 日養生させた供試体の一軸圧縮試験の結果である。

図-2 はストーカの含水比が 35%程度になるように

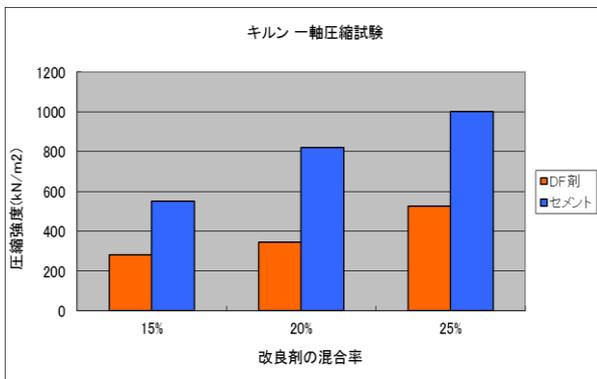


図-1 キルンの DF 剤とセメント混合率ごとの一軸圧縮試験結果の比較

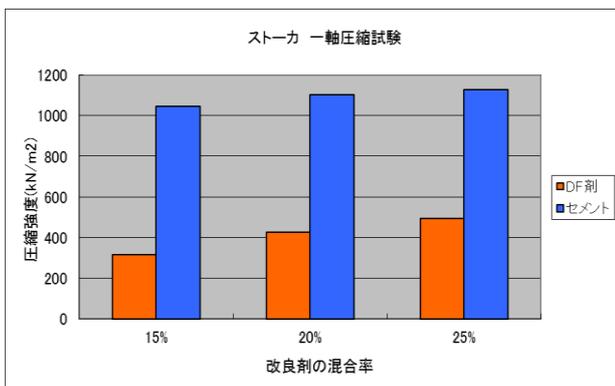


図-2 ストーカの DF 剤とセメント混合率ごとの一軸圧縮試験結果の比較

調整した試料に DF 材およびセメント 15%,20%,25%を加え、試料をソノモールドに詰め、7 日間養生させた供試体の一軸圧縮試験の結果である。

#### 4. まとめ

キルン・ストーカ焼却灰どちらの試料も、締め固め特性は土と異なり、明瞭な最適含水比を示すものではなく、乾燥密度も小さい。このため、土質材料として利用するには、何らかの安定処理が必要であると判断される。

一軸圧縮試験の結果から、キルン・ストーカのどちらも、DF 剤・セメント混合率 15%から強度発現が見られ、混合率が高いほど強度が増加していく傾向が見られた。他の地区の強度特性と同様の傾向を示している<sup>4)</sup>。

今回行った試験の結果から、キルンは、セメント混合率 25%であれば、一軸圧縮強度は、路盤材料に必要な強度 (0.98MN/m<sup>2</sup>以上)<sup>3)</sup>は満足している。ストーカは、セメントを混合した際に大きな強度増加が見られた。一軸圧縮強度の観点からは、セメント混合率 15%から路盤材料として使用可能である。しかし、DF 材混合の際にはセメントの半分ほどの強度しか得ることが出来なかった。植生などの環境の面に優れている DF 材による改良土は、強度に関してはセメントに劣ることは通常の土でも起こる現象である。

焼却灰を有効利用するためには、強度ばかりでなく重金属溶出などの環境負荷の問題、放射能分析などの結果も加味して判断する必要がある。盛土、宅地造成等に有効利用し、適切な処置を行うためのデータ収集に努めたい。

#### 4. 参考文献

- 1) 八村幸一：災害廃棄物処理(石巻ブロック)の技術と運転状況について 地盤工学講座発表資料(2012)
- 2) 佐々木源：宮城県における震災廃棄物処理の概要について 地盤工学講座発表資料(2012)
- 3) 内田一郎 鬼塚克忠：道路工学第 6 版 森北出版株式会社(1994)
- 4) JFE エンジニアリング・JFE スチール：宮城県東部における造粒固化条件のラボ検討および鋼鉄スラグの併用効果について 私信(2012)