

焼却残渣固化式処分における振動締固めと配合に関する研究

安藤ハザマ 正会員 ○三反畑勇, 弘末文紀, 秋田宏行
 安藤ハザマ 正会員 青木貴均, 西尾竜文
 九州大学 フェロー会員 島岡隆行, 正会員 小宮哲平, 中山裕文
 三友プラントサービス 荒井 進, 金松雅俊

1. はじめに

著者らは、石炭灰固化技術（超流体工法¹⁾）を応用して焼却残渣をセメント固化しながら処分することで、処分場の延命化、環境安全性の向上及び早期安定化を図り、さらには巨大地震時に被災することなく災害廃棄物の仮置き場や仮設処理施設の用地としても活用が可能な「一般廃棄物焼却残渣固化式処分システム」の構築を目指し、焼却残渣固化体の配合、性状、耐久性、施工性、及び固化地盤の耐震性について検討を行っている^{2)~6)}。システムの実用化では、焼却残渣が採取日や焼却施設により組成や含水比等が異なるため、最適な配合を適切に決定できる指標等を明らかにすることが不可欠である。本稿では焼却残渣を確実に固化する配合選定手順を検討するために実施した振動締固め試験について報告する。

2. 試験概要

試験には、F市R清掃工場の焼却施設から採取した焼却灰（写真1）、飛灰（写真2）および「混合粉体：焼却灰と飛灰を乾燥重量比 3:1 で混合し高炉セメント B 種を添加してミキサーで 30 秒間攪拌混合した試料」（表1 参照）を用いた。まず初めに、これら 3 種類の試料にそれぞれ所定の水を加えミキサーで 2.5 分間練り混ぜて（写真3 参照）、モールドφ5cm×h10cm（10mm アンダー試料）またはφ10cm×h20cm（40mm アンダー試料）に



写真1 焼却灰 (10mm 下) 写真2 飛灰 (10mm 下) 写真3 練混ぜ状況 (混合粉体)

表1 焼却残渣固化体の配合例

配合条件		使用した焼却残渣				焼却残渣固化体の配合（重量％）							備考
水粉体比 W/P （％）	セメント量 〔外割り〕 （％）	灰の混合比 〔乾燥重量比〕		灰の含水比		混合粉体			水				
		焼却灰	飛灰	焼却灰	飛灰	灰〔乾燥〕	セメント	灰に含まれる水		加水			
								焼却灰	飛灰				
28.0	10.0	3.0	1.0	28.3	25.7	68.2	22.7	9.1	19.3	5.8	2.9	今回：H30年度 締固め試験	
						100.0				28.0			
28.0	10.0	3.0	1.0	20.8	13.0	68.2	22.7	9.1	14.2	3.0	10.9	参考：H29年度 実証施工実験	
						100.0				28.0			

適量投入し、小型テーブルバイブレータで 60Hz の振動を 3 分間加えた（図1）。モールド（サミット缶）の上部にはカラーを付け、試料上面に円筒形の重り（2.5kg または 5kg、または 0.1kg）を載せ、締固め中の沈下量を測定した（図2）。締固め試験後のモールド内の試料は封緘養生し、材齢 28 日及び 91 日で一軸圧縮強度試験を実施した。次に、実際の施工機械に近いレベルでの混合粉体の振動締固め性状を確認するためにプレートコンパクタを使用して、鋼製型枠内（w30cm×d60cm×h30cm）で混合粉体（40mm アンダー試料）の締固め試験を実施した（図3）。締固め層厚が概ね 10cm または 20cm となるように試料を型枠内に敷均し、その上に厚さ 12mm のベニア板（29cm×59cm）を置き、その上にプレートコンパクタを載せて 15 秒間加振し、さらにプレートコンパクタの向きを入れ替えて 15 秒間加振した。締固め密度は、試料上面の高さを 8 箇所測定し算出した。

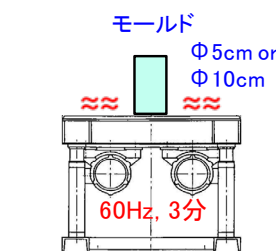


図1 テーブルバイブレータ

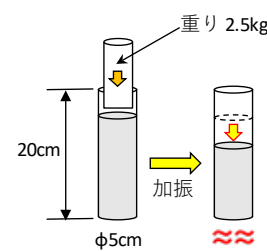


図2 モールド試料作成イメージ



図3 プレートコンパクタ締固め

3. 試験結果

テーブルバイブレータによる締固めは 30 秒程度でほぼ収束している（図4）。10mm アンダー試料の混合粉体の締固め曲線は焼却灰と飛灰の間にあり、乾燥密度が最大となる最適水粉体比は焼却灰および飛灰の最適水粉体比と両者の混合比から概ね推定できる（図5）。なお、試料の上に載せた重りの大きさ（2.5kg と 5kg）による違いは認められなかった。

表2 振動締固め装置の主な仕様

	小型テーブルバイブレータ	プレートコンパクタ	振動板アタッチメント(写真5)
型式(メーカー)	TV500×500 (エクセン)	MVC-40GB (三笠産業)	HKM75LFS (エクセン)
機械質量	7.9 kg	46 kg	約 40 kg
機械寸法	500×500×h400 mm	845×590×h820 mm	750×750×h550 mm
振動板寸法	500×500 mm	420×290 mm	750×750 mm
振動数(試験時)	60 Hz	103 Hz	120 Hz

キーワード 固化式処分場、焼却残渣、振動締固め、配合、一軸圧縮強度

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ技術研究所土木研究部 TEL 029-858-8813

40mm アンダー試料の混合粉体の締固め曲線は、10mm アンダー試料の曲線より左上にあり (図6)、この結果は粗粒分を含んだ土の締固め曲線における礫補正⁷⁾の考え方とも概ね整合する。また、テーブルバイブレータとプレートコンパクタの締固め曲線はほぼ一致し、最適水粉体比は27%で、過年度の施工実証実験^{5,6)} (写真4) の水粉体比28%とほぼ同等であった。また、層厚10cm (写真5) と20cm (写真6) の密度差はほとんどなかった (図6の◆と▲)。なお、各締固め装置の主な仕様を表2に示した。

テーブルバイブレータで作成したモールド供試体の一軸圧縮強度 (材齢28日) を図7に示す。最適水粉体比を超えると強度が低下するが、その低下傾向は比較的緩やかで、最適+2%でもほぼ目標値 (セメント添加10%で5N/mm²) に達した。したがって、焼却残渣のばらつきを考慮すれば、低含水比での急激な強度低下を避けるためにも、現場施工では最適水粉体比+2%程度の配合が適当であると考えられる。図8は材齢28日と91日の一軸圧縮強度の関係で、参考までに過年度の施工実証実験でのモールド試料の試験結果⁶⁾も併記した。図9は固化体の乾燥密度と一軸圧縮強度の関係であるが、両者の間には良好な線形関係が認められる。

4. まとめ

上記の試験結果より、40mm ふり通過試料を用いてテーブルバイブレータによるφ10cm モールドの振動締め試験を実施すれば、現場施工に適した示方配合を合理的に選定できることが示唆された。今後はシステムの実用化に向けて、焼却残渣の物性や混合比のばらつき、締固め仕様 (振動数、振幅、締固め時間等) の影響も把握していく予定である。

【謝辞】本研究は(独)環境再生保全機構の平成29,30年度環境研究総合推進費補助金「震災からの迅速復旧のためのレジリエントな最終処分場の実用化」(3J173001, 研究代表者: 島岡隆行) の助成を受け実施した。記して謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 超流体工法: <http://www.ad-hzm.co.jp/service/ashcrete/tech/>
- 2) 島岡隆行: 焼却残渣を埋め立てる固化式処分システムの開発について, 都市清掃, Vol.69, No.333, pp.419-425, 2016
- 3) 小宮哲平, 他: 焼却残渣を埋立処分する固化式処分システムの開発(その1)―焼却残渣固化体の耐久性および施工性―, 第39回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, pp.250-252, 2018
- 4) 秋田宏行, 他: 焼却残渣を埋立処分する固化式処分システムの開発(その2)―焼却残渣固化体の耐久性および施工性―, 第39回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, pp.253-255, 2018
- 5) 三反畑勇, 他: 一般廃棄物焼却残渣固化式処分の実証実験 (その1: 施工性), 第53回地盤工学研究発表会, 2018
- 6) 青木貴均, 他: 一般廃棄物焼却残渣固化式処分の実証実験 (その2: 固化体の性状), 第53回地盤工学研究発表会, pp.1139-1140, 2018
- 7) 地盤工学会: 地盤材料試験の方法と解説 第2章 突固めによる締固め試験, pp.376, 2009.1



写真4 埋立模型槽での締固め状況



写真5 プレートコンパクタ締固め固化体 (水粉体比27%, 層厚約10cm)



写真6 プレートコンパクタ締固め固化体 (水粉体比27%, 層厚約20cm)

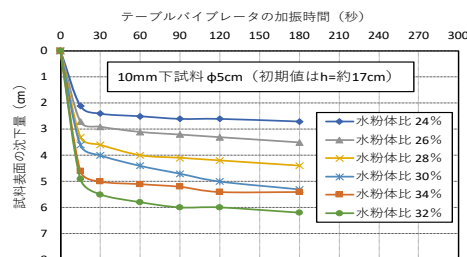


図4 モールド試料表面の時間-沈下曲線

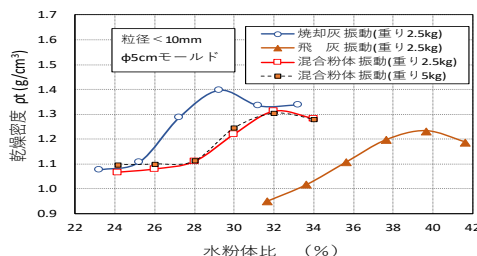


図5 振動締固め曲線 (焼却残渣と混合粉体)

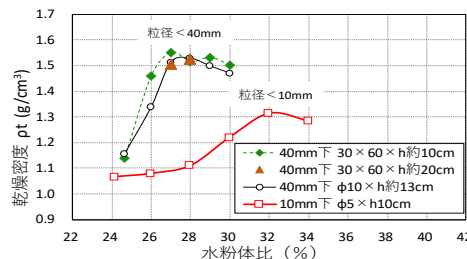


図6 振動締固め曲線 (混合粉体)

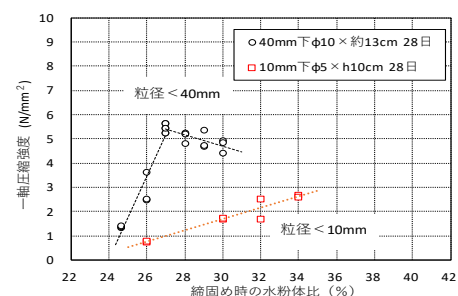


図7 焼却残渣固化体の水粉体比と28日強度の関係

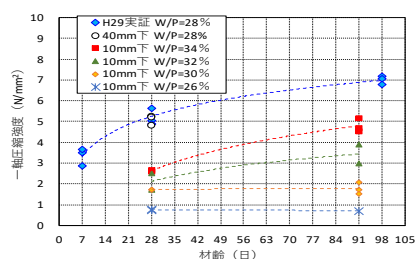


図8 焼却残渣固化体の材齢と強度の関係

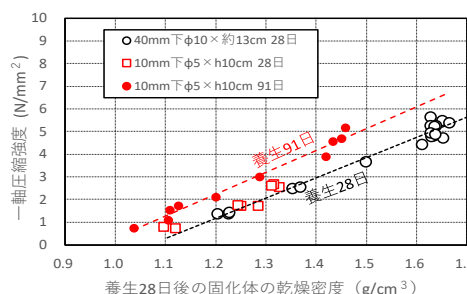


図9 焼却残渣固化体の密度と強度の関係