

ボールミル混合法による下水汚泥焼却灰の高活性化処理方法の探索

(日大生産工(院)) ○藤原 颯・福永 晃久・(日大生産工) 鶴澤 正美

日大生産工(院) ○藤原 颯 日大生産工(院) 福永 晃久
日大生産工 鶴澤 正美

1. 目的

下水汚泥焼却灰(以下SAと略記)とは,下水処理施設から発生する下水汚泥を脱水し,減量化・安定化させるために700~1000°Cの範囲で焼却処理してできる灰のことである.国内の産業廃棄物排出量3.8億トンのうち234万トンを下水汚泥が占めており,いまだに約2~3割ほどが埋め立て処分されている.埋立地の減少や処分費の低減,環境保全の配慮などを考えるとSAの資源としての価値を高め,利用用途の拡大および利用量の増大を促進させることが重要である.SAにはシリカやカルシウムを多く含んでいるためセメント混和材としての利用可能性がある.これらを踏まえたうえでSAのシリカ成分に注目して研究を進めている.SAをコンクリート混和材として使用するうえでメリットが3つある.1つ目は水酸化カルシウムとSAのシリカ成分が再結合しポズラン反応を起こし,強度増進を起こすことである.2つ目は都市部への人口集中,下水道の普及により下水汚泥が多く発生するため,安定した供給が可能である.3つ目は年間を通して含有成分のばらつきが少ないため,強度増進具合にさほど影響が出にくいことである.

本プロジェクトの最終目標は,SAの活性を上げることで,コンクリート混和材として使用した際のセメント量を削減する脱炭素技術を確立することである.現在はボールミル混合法による高活性化手法の探索を行っている.これは,セラミックスボールでボールミル内のSAを粉碎,微粒子化し,反応性を向上させることで,強度が増進すると考えられる.しかし,セラミックスボールは高価であるため費用がかかり実用化には適していない.そこでセラミックスボールより比較的安価であるステンレスボ

ールに移行して研究を行う予定である.これまでの研究成果としてセラミックスボールでのSAの混合条件,置換率,ボール配合の最適化を行った.本研究では,現状の最適条件よりも,活性化するボール配合の探索および安定して活性化させることのできるボール配合の範囲の探索を行った.また,セラミックスボールの結果を踏まえステンレスボールへの移行の準備を行った.

表-1 SA添加モルタルの配合表

SA置換率(%)	C	S	SA	Ca(OH) ₂	W
0	450	1350	0	0	225
10	450	1305	45	18	207

2. 方法

普通ポルトランドセメントの質量比10%をSAと標準砂を外割置換した.使用材料は,水道水(W)・普通ポルトランドセメント・標準砂(セメント協会強さ試験用: S),飽和水酸化カルシウム溶液とした.添加材モルタルの配合表を表-1に示す.供試体の作成方法はJIS R 5201に準拠して40×40×160mmの角柱型とし,供試体の成型後20°Cの恒温室で24時間の前置き養生後脱型を行い,7日間水中養生した.混合方法は内容量500mlの広口試験瓶に,SA・飽和水酸化カルシウム溶液・水・砂・ジルコニアボールを入れ,2段式ボールミル回転架台を使用しボールミル混合を行った.回転架台の回転数は40rpm,混合時間は1時間,SAの質量に対して固液比率40%,水量が180%,砂量が60%で回転させた.圧縮強度試験はJIS R 5201附属書Cに準拠し供試体6本の平均値を測定値とした.

Search for Highly Activated Treatment Method of Sewage Sludge Incineration Ash by Ball Mill Mixing Method

Hayate FUJIWARA, Akihisa FUKUNAGA, Masami UZAWA,

3. 結果

表-2 にボール配合 1~6 と現状最適条件のボール个数,容器に対するボール体積比率,ボール総価格(カタログ価格)を示す. 圧縮強度とボール体積比率のとの関係は, 決定係数 R^2 が 0.01 とほぼ相関性がない.最も圧縮強度が増進したのはボール配合 6 の $59.10\text{N}/\text{mm}^2$ で現状最適条件と比して 3.90%の強度増進,最も圧縮強度が低下したのはボール配合 1 の $56.40\text{N}/\text{mm}^2$ で,0.84%の強度低下が確認できた.表-2 より,コストでは最大圧縮強度が得られた供試体番号 6 は現状最適条件の 3.76 倍であった.工業化を見据え,作業効率を上げるためのボール個数の減少,コスト削減をする必要がある.以上のことから,現状最適条件の 15mm1 個,10mm5 個のボール配合で研究を進めていくことがコスト面,圧縮強度を兼ね備えた配合であることを確認した.

工業化を見据え,セラミックスボールからステンレスボールに置き換えたときの実験結果の相違点を確認し,ステンレスボールでの最適化を行っていく.また,コンクリート試験に備えスケールアップするため,スケールアップメリットの確認を行う必要がある.そこで,容器とボールの値段から 10L までのスケールメリットを算出したところ,ステンレスボールは容量が多くなるほど価格は下がり最大で 68%,ジルコニアボールでは容量にあまり関係がなくスケールメリットが確認できなかった.これにより,メリットが多いステンレスボールを使用することで,コンクリート試験移行時,大幅なコスト削減となる.よってステンレスボールでのスケールアップを行い,コンクリート試験を行っていく予定である.次にセラミックスボールからステンレスボールに変更するに当たり,ステンレスボールの比重は現在使用しているジルコニアボールの 1.33 倍であるためより SA の粉砕効率向上が可能であると考え.15mm と 10mm のボール径が最適条件であるのでボール径は $15.875\text{mm} \cdot 9.525\text{mm}$ を選択した.容器は,内容量 500ml の広口試験瓶から,ステンレスポットミル 420ml に変更した.ステンレスポットミルを架台で試験的に回転混合したところ,音が大きくなり騒音対策が必要となった.そこで 2 段式ボールミル回転架台の大きさに合わせ,防音材 (TRUSCO トラスコ SBLOCK-90 防音パズルブロック) をアルミ

フレームで組み上げた,片開き式扉の防音カバーを外注作製し防音の検証を行った.図-1 に防音カバー設置時の写真を示す.2 段式ボールミル回転架台の上からかぶせるように設置し,ステンレスボールでの回転混合時は扉を閉めて使用した.結果として,導入前は音により実験に支障が出るほどの音だったが,導入後は実験に支障が出ることはなく,他の作業も行える程度に改善した.現在はモルタル試験で実験を行っているが,今後はコンクリート試験に移行する予定である.ステンレスボールでの最適処理条件を見出し次第,コンクリート試験へ移行する計画である.本研究では,株式会社日本ヒューム様に SA の供給とコンクリート試験にてご協力いただき,ありがとうございました.

表-26 水準のボール配合

ボール配合	1	2	3	4	5	6	現状
25mm(個)	-	-	-	-	5	-	-
20mm(個)	-	-	-	-	6	-	-
15mm(個)	36	54	9	3	18	18	10
10mm(個)	91	65	13	15	26	91	5
ボール体積比率(%)	22.25	25.89	9.57	2.63	22.29	15.89	4.06
ボール総価格(円)	10.615	12.531	4.679	1.236	10.920	7.466	1.987



図-1 防音カバー設置時

参考文献

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部 下水汚泥エネルギー科学技術ガイドライン 平成29年度版,(2018) pp.1-3
- 2) 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部 下水道広域利用検討マニュアル,(2019)pp.4-5