

石膏粉末を用いた建設発生汚泥の中間処理に関する実験的研究

無機汚泥 中間処理 無機系凝集剤 石膏

早稲田大学 学生会員 ○富森 洋
早稲田大学 学生会員 野元亮太
早稲田大学 国際会員 赤木寛一

1. 研究背景

建設発生汚泥の中間処理にはこれまで高分子凝集剤を用いていたが、凝集剤作成時に未反応のモノマーが毒性を持つことが分かり、最終処分場にて高分子凝集剤を含む処理汚泥の受け入れを制限する自治体が出始めている。そのため高分子凝集剤を使用しない中間処理プロセスの開発が求められている。

2. 研究目的

今回研究対象とした中間処理プロセスは環境への影響の少ない無機凝集剤を用いたもので、同時に凝集効率を高めるために石膏を使用することで、凝集沈殿だけでなく脱水固化工程にも効果が出ることを期待し、無機凝集剤が中間処理プロセスにて有効であるかどうか検討することを目的とする。

石膏とは硫酸カルシウム ($\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) を主成分とした鉱物の総称で、主に結晶水を含んでおり防火性、防音性などに優れた建築内装材 (石膏ボード) として広く用いられている。この石膏ボードは、生産量は安定してきておりが総排出量は年々増加しているが、その一方で処理方法が確立されておらず、近年再利用方法の研究が求められている。

3. 実験試料について

本研究では、カオリン・ベントナイトの混合試料 (サンプル A, B, C) を用いて実験を行う。それぞれの配合表、およびその物性値は表 1 の通りである。また、表 2 に石膏利用のメリット・デメリットを表記する。本研究では、泥水の含水比を 50(g/L) に統一し各試験を行う。ここではサンプル A の試験結果について報告する。

(a) 石膏について

石膏とは上記の通り硫酸カルシウムを主成分とした鉱物であり、焼成温度により結晶水の数や結晶系、性質の異なる二水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、半水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$)、(III型, II型, I型) 無水石膏 (CaSO_4) に分類される (表 3 参照)。また産出方法により天然石膏と化学石膏に分けられる。主な用途としては建築内装材や園芸用資材や歯科・医療用を始め幅広く利用されている。今回注目した石膏ボードは前述の通り処分に課題が残されている。廃石膏ボードは新築系、製造系、解体系の 3 つに分けられ、新築系および製造系廃石膏は分別回収が進んでおり大部分が再び石膏ボード用原料として利用されている。一方解体系廃石膏は不純物が混合している点や水分を含んでいることが多く、分別が困難であるためほとんどが埋め立て処分されている。その際硫化水素等の有害物質の溶出に十分留意する必要がある。

(b) 無機凝集剤

今回の試験では無機凝集剤として硫酸バンド (液体硫酸アルミニウム: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) と PAC (ポリ塩化アルミニウム: $\text{Al}_2(\text{OH})\text{mCl}_6\text{-mln}$) を使用する。硫酸バンドの適正 pH が 5.8~7.8 とされているのに対し、PAC は 5~9 と広い。更に PAC はアルカリ消費量が硫酸バンドの 1/10 以下であることや適正注入率の幅が広い点など利点が多く世界的に使用されている。しかし pH や水温の高い原水に対しては十分な効果を得ることができないうえに処理水中のアルミニウム量が上昇する危険性もある。一方、硫酸バンドは最適添加条件下では優れた処理水質を持つ。

無機凝集剤は濁質中の微細粒子表面のマイナス電荷をプラス電荷が中和することで、フロックを形成し沈降を促進させるもので、そこに質量の大きな石膏を結合させることでより高い沈降効果が期待できる。

4. 凝集沈殿試験

4-1. 試験目的

本試験では、まず時間経過に伴う固液界面の推移より沈降曲線 (図 1 参照) を導き、無機系凝集剤の最適添加濃度

表 1 サンプルの配合表および物性値

サンプル名称	サンプルA	サンプルB	サンプルC
カオリン:ベントナイト	10:0	8:2	6:4
液性限界 w_L (%)	49.1	88.4	143
塑性限界 w_P (%)	29.3	22.6	25.8
塑性指数IP	19.8	65.8	117.2
pH	7.75	10.43	10.43
粒径 D_{50} (mm)	0.0060	0.0045	0.0037
密度 ρ_s (g/cm ³)	2.606	2.661	2.691

表 2 石膏利用のメリット・デメリット

メリット	・透水性の向上 ・凝集効率の向上 ・石灰使用量減少によるコストダウン
デメリット	・硫化水素溶出の可能性 ・水分を含むことでぬめりが生じる

表 3 各石膏の性質

	結晶水含有率	焼成温度(°C)	還元条件	結晶系
二水石膏	約21%	140-160	加水	三方晶
半水石膏	約6%			
III型無水石膏	0%	180-215	加水	六方晶
II型無水石膏	0%	330	加水+アルカリ刺激	斜方晶
I型無水石膏	0%	1180	加水+アルカリ刺激	不明

(最も効率よく凝集を行うことができる凝集剤添加濃度)¹⁾を求め、求めた最適添加濃度添加に固定したうえで各種石膏粉末(二水、半水、無水)を添加し同様に沈降曲線を導き、沈降効率及び pH との関係性を求め、中間処理の凝集沈殿の工程において高分子凝集剤同等の沈降効率を得ることができるかを検討することを目的とした。

4-2. 試験手順

- ①500ml ビーカーにサンプル A を作成する。
- ②ジャーテスターを用い約 24 時間、十分に攪拌を行う。
- ③無機凝集剤を 10 倍希釈したものを用意し、それぞれ添加し更に急速で 5 分、緩速で 30 分攪拌を行う。
- ④緩速攪拌終了直前に石膏 (20 倍希釈) を添加する。
- ⑤攪拌終了後 2,5,10,20,30 分経過時の固液界面変化を測定する。

4-3. 試験結果

凝集剤最適添加濃度の設定

図 1 より、凝集剤添加量が 30mg-Al/L 以上で、沈降量推移に変化が見られなくなった。また目視による濁度判定を行った際、30mg-Al/L を境に透明度が増した。この結果より、今回の条件における最適凝集剤添加濃度を 30mg-Al/L とし以下の試験を行うとする。

石膏粉末添加による沈降効率変化の測定

凝集剤添加濃度を上記の 30mg-Al/L に固定し、石膏粉末添加量を変え、試験を行う。

まず二水石膏粉末を添加した場合、図 2 のような沈降曲線を得ることができた。静置後 5 分および 10 分時の沈降量を比較すると 20~60mg-CaSO₄・2H₂O/L 添加時の凝集効果が石膏無添加時のそれよりも高く、石膏が凝集効果を促進していることがわかる。石膏添加濃度 20mg-CaSO₄・2H₂O/L の際に若干の濁りが生じており、沈降効率との関連を見ることはできなかった。

次に半水石膏粉末添加時の沈降曲線を図 3 に示す。二水石膏添加時に比べ全体的に効果が上がっていることが見てとれる。30 分経過時の沈降量は石膏無添加時のそれに比べ 10cm 近く沈降しており透水性の向上も十分に期待できる。石膏添加量と経過時間 10 分における沈降量の関係を

図 4 に示す。図 4 から分かるように石膏添加量は少量であれば石膏無添加時より沈降しており、効果があると言える。

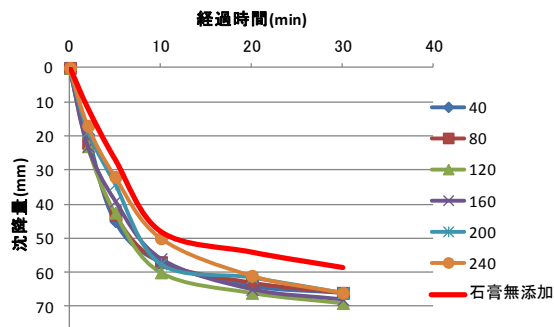


図 4、半水石膏添加濃度ごとの沈降量と経過時間の関係 (系列：石膏添加濃度 単位 mg-CaSO₄・1/2H₂O/L)

5 まとめ

以上の結果から石膏粉末は凝集沈殿における沈降効率の上昇に付与していると言える。今後更に無水石膏やカオリン：ベントナイト配合比を変えたサンプルを用いて試験を行い、データを収集し規則性や関連性を見出していき、中間処理プロセスとして有効であるか検討していく。

本研究の実施にあたり、資料提供、貴重なアドバイスを近藤義正氏 (マグマ)、毛利光男氏 (清水建設) に頂いた。記して謝意を表す。

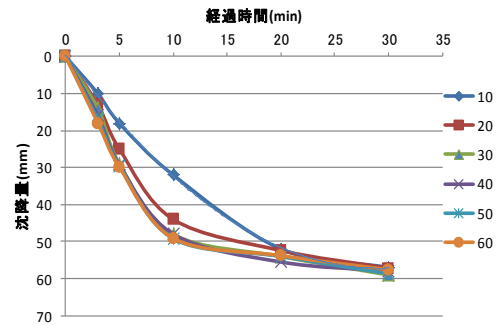


図 1、凝集剤添加濃度ごとの沈降量と経過時間の関係 (系列：凝集剤添加濃度 単位 mg-Al/L)

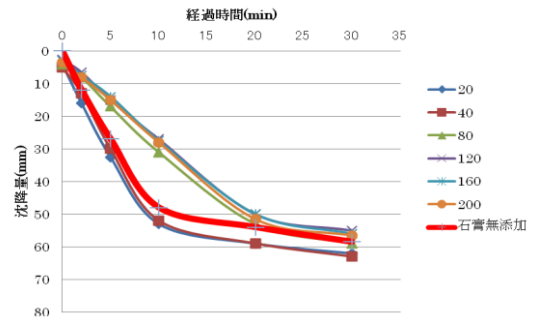


図 2、二水石膏添加濃度ごとの沈降量と経過時間の関係 (系列：石膏添加濃度 単位 mg-CaSO₄・2H₂O/L)

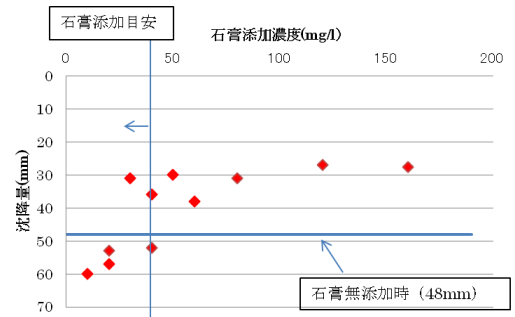


図 3、二水石膏添加濃度と経過時間 10 分における

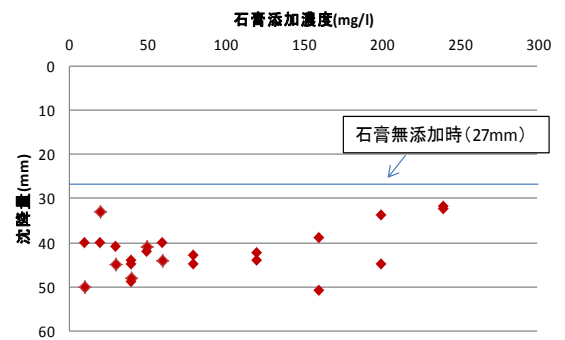


図 5、半水石膏添加濃度と経過時間 5 分における