再生石膏を用いた建設発生汚泥の凝集沈殿特性

早稲田大学　学生会員　○檜垣　隼也
早稲田大学　フェロー会員　赤木　寛一
早稲田大学　学生会員　井上 雄貴、中村 淳

１．背景と目的

現在、建設発生汚泥の処理工程における凝集沈殿では凝集剤として主に高分子凝集剤が用いられているが、近年これが毒性を含む可能性が危惧されている。また、図 1.1 に示すように廃石膏ボードの排出量は年々増加を続けており、そのリサイクル方法が確立されていないという現状がある。

ここでは、凝集沈殿を促進する凝結剤として無機凝集剤と高分子凝集剤を併用するとともに、凝結補助剤として再生石膏を用いることで、高分子凝集剤の使用量を減少し、さらには廃石膏ボードのリサイクル分野への貢献を目的として、実験的な検討を行った。

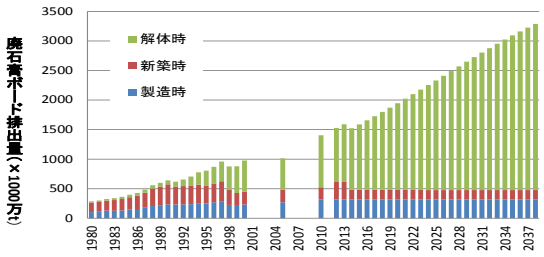

図 1.1　廃石膏ボード排出量の年

２．実験概要

本研究では、汚泥サンプルとしてカオリン・ベントナイトの混合粘土懸濁液を使用し、高分子・無機両凝集剤を併用した試験を行った。試験では、凝集沈殿特性の評価の指標としてシリンダーテストを行い、固液界面の沈降速度を測定した。その結果から石膏の添加によって沈降速度にどのような変化が生じるか、また石膏の併用が高分子凝集剤の必要添加量の削減に貢献しうるかを検証した。

本試験の実験手順は以下の通りである。

①ベントナイトを予め水に浸けておく。
②ビーカーに水、カオリン、ベントナイトを入れ、ジャーテスターで撹拌することで懸濁液を安定させる。
②pH 調整剤として高炉 B セメントを添加する。
③石膏粉末を添加するサンプルについては、ここで二水石膏を 5g 添加する。
④凝集前の pH を測定する。
⑤無機凝集剤を添加し、その後急速攪拌（120rpm）にて 5 分間、緩速攪拌（30rpm）にて 20 分攪拌を行う。
⑥サンプルをメスシリンダーに移し、高分子凝集剤を添加する。
⑦メスシリンダーを 10 回振り、攪拌を終えた瞬間を 0 秒としてサンプルの固液界面の沈下量を測定する。

実験条件は次の表 2.1 の通りである。

表 2.1　実験条件

混合粘土懸濁液濃度	10g/L
石膏粉末添加濃度	10g/L
石膏の種類	二水石膏
無機凝集剤	硫酸バンド$Al_2(SO_4)_3$（50倍希釈）
pH調整剤	高炉Bセメント
高分子凝集剤	アニオン系
高分子凝集剤添加濃度	0.01%, 0.03%, 0.05%

３．実験結果

3.1　粘土の混合割合と沈降速度の関係

ここでは、カオリンとベントナイトの粘土の混合割合が沈降速度に与える影響について述べる。

各混合粘土の配合割合と塑性限界・液性限界・塑性指数をそれぞれ表 3.1、表 3.2 に示す。

表 3.1 各粘土の混合割合

試料	サンプル名称	カオリン：ベントナイト 質量比
カオリンベントナイト混合粘土	サンプルA	9:1
	サンプルB	8:2
	サンプルC	7:3

表 3.2 各粘土の物性

	サンプルA	サンプルB	サンプルC
液性限界W_L	64.19	93.70	120.72
塑性限界W_P	26.83	25.42	27.32
塑性指数I_P	37.36	68.28	93.40

キーワード　石膏　凝集　カオリン　ベントナイト
連絡先　〒176-0022　東京都練馬区向山 3-15-15
TEL. 03-3577-2235 E-mail：jh.01957@fuji.waseda.jp

表に示した物性値をもとに、混合粘土の塑性指数と沈降速度の関係を図 3.1 に示す。

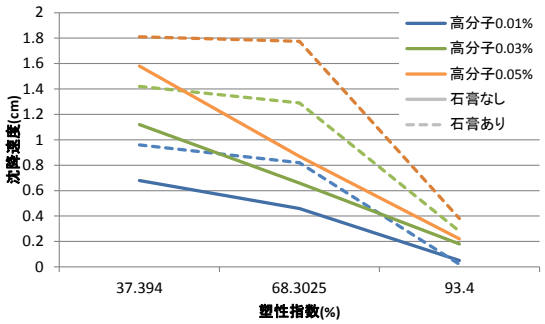

図 3.1　塑性指数と沈降速度の関係

図 3.1 より、ベントナイトの混合割合の増加に伴う塑性指数の増加によって、沈降速度が小さくなることがわかる。また塑性指数が増加するということは、粘性が増加すると言えるので、サンプルの粘性の増加によって沈降速度も減少するということができる。

3.2　高分子凝集剤添加濃度と沈降速度の関係

ここでは、石膏添加の有無が高分子凝集剤添加濃度と沈降速度の関係に及ぼす影響について述べる。

本研究では沈降速度を算出するにあたり、経過時間と固液界面の沈降量によって描かれる沈降曲線をもとにしている。例として、カオリン：ベントナイト＝９：１のサンプルの沈降曲線を図 3.2.1 に示す。

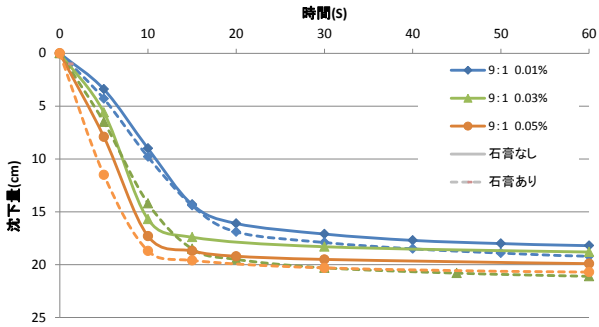

図 3.2.1　沈降曲線

各サンプルにおける沈降曲線の初期接線の傾きより、算出した沈降速度を用いた結果を図 3. 2. 2 に示す。

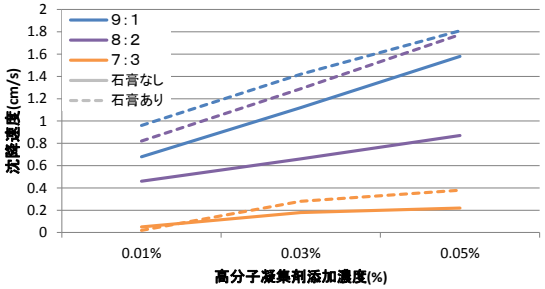

図 3.2.2　添加濃度と沈降速度の関係

前述したように、ベントナイトの添加割合が増加するにつれて沈降速度の値は小さくなることが図 3.2 からも見て取れる。また、いずれの混合粘土サンプルにおいても石膏の添加によって沈降速度が増大していることがわかる。

3.3　コスト面から見た石膏添加の効果

3.2 の結果から、カオリン：ベントナイト＝9:1、8:2、7:3 の割合における、石膏の有無によるコスト面での評価を行う。ここでは、石膏添加無しの高分子凝集剤添加量 0.05%を基準値として、基準値の沈降速度に相当する石膏ありの高分子凝集剤添加量の値をグラフより算出し、凝集工程におけるコストの比較を行った。

まず、それぞれの配合割合における基準値(石膏添加無し 0.05%)の沈降速度に相当する石膏ありの高分子凝集剤添加量の値を以下表 3.3.1 にまとめる。

表 3.3.1 各配合割合での凝集剤の必要添加濃度

カオリン：ベントナイト	9:1	8:2	7:3
必要添加濃度	0.039%	0.012%	0.020%

この表が示す各サンプルの必要高分子凝集剤添加濃度から、本試験を 1000 倍スケールで考えた場合の必要コストを以下表 3.3.2 に示す。

表 3.3.2　石膏の有無による必要コスト

	9:1	8:2	7:3	基準値（石膏無し 0.05%）
必要コスト	227円	105円	141円	270円

この表から、いずれの混合粘土サンプルにおいても石膏を添加することにより、凝集沈殿工程に要するコストの削減が期待できる。

4．まとめ

実験結果より、以下 2 点のことがわかった。

①混合粘土中のベントナイト量の増加により、塑性指数は上昇する。これによって混合粘土の粘性が上がり、沈降速度が減少する。

②粘土の混合割合にかかわらず、凝集沈殿に補助剤として石膏を用いることは沈降速度の向上に繋がる。このことから、凝集沈殿工程に再生石膏を使用することでコスト削減・環境保全に貢献しうる。

5．参考文献

赤木、毛利：土の塑性指数と pH に着目した土壌洗浄における凝集沈殿・脱水プロセス管理
Vol.62, No.3, pp359-368.