

再生石膏を凝結補助剤として利用した粘土スラリーの凝集沈殿特性

高分子凝集剤 無機凝集剤 石膏 中間処理

早稲田大学 学生会員 ○野元亮太

早稲田大学 フェロー会員 赤木寛一

早稲田大学 学生会員 檜垣隼也

1. まえがき

今日、石膏ボードは建設材料として幅広く利用され、その生産量は 1960 年代をはじめとして右肩上がりの傾向が続いている。しかしその反面、石膏ボード廃材の排出量も増加傾向にあり（図 1）、また再利用方法がほとんど存在しないことから、多くの廃材が処分場にて廃棄されている。本研究では、廃石膏の新たな再利用方法の提唱を目的として、石膏ボード廃材からできる再生石膏粉末を、汚泥の中間処理プラントにて行われる凝集沈殿工程に利用することで、無機凝集剤と高分子凝集剤を併用した場合の凝結補助剤として再生石膏粉末が有効であるか、実験的に検証した。

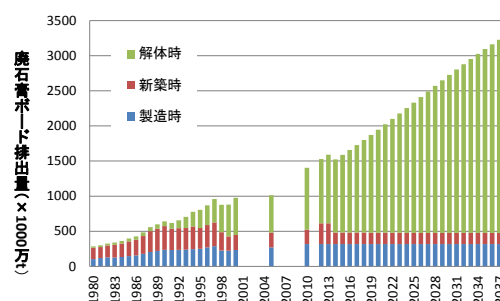


図 1 廃石膏ボード排出量の年推移

2. 石膏について

石膏とは、硫酸カルシウム(CaSO_4)の化学組成を持つ鉱物の総称であり、特に石膏ボードとして利用されている。結晶水により二水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、半水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$)、無水石膏(CaSO_4)に分類され、通常呼ばれる石膏とは一般的に二水石膏を指す。本研究では二水石膏の再生石膏を溶解状態にして使用した。

3. 凝集沈殿について

本研究では、無機凝集剤および高分子凝集剤を併用した凝集沈殿を扱う。なお、無機凝集剤は凝結を、高分子凝集剤は凝集を促す際にそれぞれ使用する。（図 2）ここでは無機凝集剤として、最適添加条件下（ $\text{pH}5.8-7.8$ ）で優れた効果を発揮する硫酸バンド

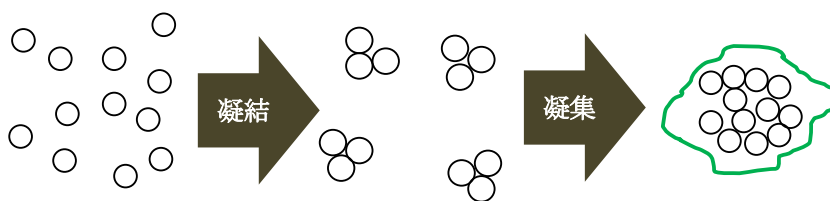


図 2 凝結と凝集の定義

（硫酸アルミニウム水溶液： $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）を使用する。また、高分子凝集剤はアニオン系のものを使用する。

4. 再生石膏を併用した凝集沈殿物性

(1) 実験概要

実験ではまず、石膏の凝結補助材としての効果をジャーテストにて、濁度を指標として検証した。その後、高分子凝集剤による凝集によって凝集沈殿の効率にどのような影響が生じるかを、シリンダーテストによって得ることのできる沈降速度より検証した。ここでは、カオリン懸濁液(50000mg/L)を粘土スラリーとして使用した。カオリンの物性値を表 1 に示す。

表 1 カオリンの物性値

サンプル名称	カオリン
液性限界 w_L (%)	49.1
塑性限界 w_p (%)	29.3
塑性指数IP	19.8
粒径 $D_{50}(\text{mm})$	0.0060
密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.606

(2) 石膏に期待する効果

石膏を溶解状態にすることで、硫酸バンドとの反応によって再結晶化が促され、二水石膏を得る。この際に、周囲に存在する土粒子を巻き込み、より大きなフロックの形成を期待する。そのほか、エトリンガイトの生成も予想され、これが周囲の微小なフロックに突き刺さることによる架橋効果も期待する。

(3) 試験結果（ジャーテスト）

ここでは、石膏の有無による凝結の状態を、試験後の上澄み濁度(3 サンプル実施)より評価した。なお、試験はジャーテスターを使用し、急速攪拌 120rpm、緩速攪拌 30rpm、石膏ありの場合の溶液中の石膏濃度 5000mg/L、カオリン濃度 50000mg/L にて行った。また、pH 調整剤として消石灰 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) を使用した。試験の結果、石膏を添加した

表 2 試験後の上澄み濁度

	濁度(FTU)		
石膏なし	21.16	21.87	28.31
石膏あり	13.70	13.16	15.52

際に濁度低下を見ることができ、石膏の添加によって凝結に良い影響が生じたと見ることができる。

(4)試験結果（シリンダーテスト）

ここでは、凝結段階で石膏を添加することによる凝集段階への影響を、シリンダーテストにて調査した。試験手順を以下に示す。また、最適凝集剤添加濃度¹の際の各条件の沈降速度を図4にそれぞれ示す。

[シリンダー試験手順]

- ① 石膏溶解液 500ml(石膏濃度 4000mg/L,石膏無しでは 0mg/L)にカオリン 25g を加える
- ② 急速攪拌(120rpm)を 60 分,緩速攪拌(30rpm)を 1440 分,続けて行う
- ③ 硫酸バンドを添加し,急速攪拌 5 分,緩速攪拌を 20 分程度行う
- ④ 消石灰(Ca(OH)₂)を添加し pH を 7.5,7.0,6.5 となるように調整する
- ⑤ 懸濁液を 500ml シリンダーに移し,高分子凝集剤(0.3%)を,最適添加濃度となるように添加する
- ⑥ シリンダーを数回振り,5,10,20,30,60sec にて固液界面の位置を記録する

図3より、pH7.0-7.5において石膏の添加による沈降速度が向上し、また pHが高くなるほどに石膏を併用することによる効果が大きくなることがわかった。

(5)考察

①石膏の効果

試験結果より,溶解状態の石膏を併用することで凝結を促進していることが分かった。仮定より,これが二水石膏やエトリンガイトなどの生成によるものと考えられることから,電子顕微鏡による沈殿物の撮影によって検証を行った。その結果,針状のエトリンガイトの生成は確認できず(図4),よって凝結は溶解状態の石膏の再結晶化によって生成した二水石膏によって促進されていると考えられる。

②pHの影響

試験結果より,pHの高い領域にて,石膏の効果がより大きく見られた。高分子凝集剤が性能を発揮する条件が関係していると推測する。既往の研究より,高分子凝集剤添加時の粘土スラリーの pH がアルカリ側に傾いているほど高い凝集性能を発揮することが知られている²⁾。そのため、pHの比較的低い6.5の場合では、高分子凝集剤の凝集性能があまり発揮されず、そのため微小フロックの影響が沈降速度に反映されなかったと推測できる。

5.まとめ

本研究は、再生石膏の凝結補助材としての性能についての実験的検討を行ったものである。実験的検討で得られた知見は、以下のように要約できる。

①溶解状態の石膏を凝結補助材として利用することで,硫酸バンドとの反応により生成される二水石膏が周囲の土粒子を絡めて凝結の状態を向上させ、凝結後の上澄み液の濁度を低下させることができる。

②凝結段階で石膏を利用することで,高分子凝集剤が良い凝集性能を発揮する塩基側の pH 領域において、凝集性能を向上させることができる

謝辞

本研究を進めるにあたり,東興開発(株)のご援助をいただいた。また,資料提供,貴重なアドバイスを毛利光男氏(清水建設),近藤義正氏(マグマ)より頂いた。記して謝意を表する。

参考文献

- 1)野元亮太,畠山潤,赤木寛一:建設汚泥の中間処理における工程管理について,土木学会第 66 回年次学術講演会,283-284,2011
- 2)赤木寛一,毛利光男,田中仁志,石田聖一:土の組成指数と pH に着目した土壤汚染における凝集沈殿・脱水プロセス管理,土木学会論文集 G,Vol62,No.3,359-368,2006

¹ 高分子凝集剤が最も効果を発揮する時の凝集剤添加濃度。本実験の試験条件下では,0.3%の凝集剤 2.86ml。

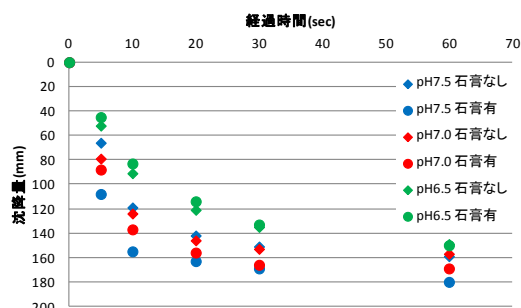


図3 最適高分子添加濃度での沈降曲線



図4 沈殿物の様子(上)と
エトリンガイト発生例(下)