

ポリ塩化アルミニウムによる凝集の観点からの浄水汚泥の脱水過程に関する考察

茨城大学 学生会員 ○渡邊保貴 正会員 小峯秀雄
フェロー会員 安原一哉 正会員 村上哲
茨城県日立市企業局 非会員 豊田和弘

1. はじめに

水道事業の浄化処理では、安全な水をつくることと同時に、産業廃棄物として排出される汚泥(以後、浄水汚泥と記述する)を適正に処理することが重要である。現在、浄水汚泥を道路の路盤・路床材料として有効利用することが検討されている^{1), 2)}。ここで、浄水汚泥の一般の土とは異なる性質として、含水比 30%程度の固体状まで脱水した浄水汚泥は吸水したときに泥状を呈しにくい傾向が報告されている^{3), 4)}。すなわち、浄水汚泥が雨水や地下水と接した場合にも固体状を維持し続けることが示唆されている。こうした土の状態変化に関する特性は、土構造物の安定性や廃棄物の流出などを考える際に重要であり、浄水汚泥を地盤材料として利用する上での一つの利点となりうる。そこで、本研究では、ポリ塩化アルミニウムによる凝集の観点から、浄水汚泥の脱水過程、特に液状から固体状に至る過程について考察し、また、凝集体の保水性や骨格の形成については実験的に検証するため、液性限界・塑性限界試験および水浸前後での含水比試験を行った。

2. フロックの形成と乾燥収縮に伴う浄水汚泥の骨格形成の推察

浄化プロセスにおいて、粒径 $10^{-3} \sim 10^{-6}$ mm のコロイドは自然沈降や濾過等による直接的な除去が困難であるため、凝集剤を用いてフロックの形成を促進させ、沈降速度を高める⁵⁾。我が国では凝集剤としてポリ塩化アルミニウムが広く使用されている。図1はポリ塩化アルミニウムによる架橋結合の概念図である。高分子鎖が粒子間を結び、架橋結合を形成することで強固なフロックが形成される。このとき、高分子鎖はループ・テイル・トレインの構造となる。ループとテイルの部分は溶存状態で熱運動しているため⁶⁾、他の粒子

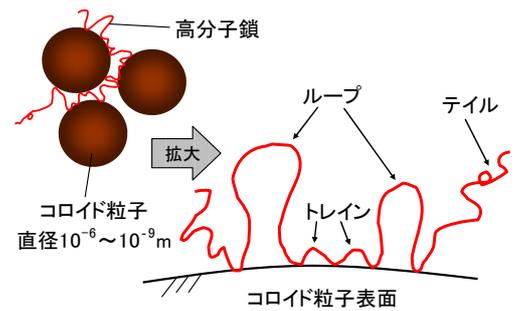


図1 架橋結合の概念図

と接触することで架橋結合を作ることが可能となる。こうして形成された凝集体の風乾過程を図2に示す。



図2 20°Cの風乾過程で撮影した浄水汚泥の顕微鏡写真

含水比の低下に伴い粒子間の水分が減少していることが分かる。図3に示すようにクラスターが作る空隙に水が蓄えられた状態から、水分が消失することで粒子間の距離は小さくなり、テイルが架橋結合になったと考えられる。その結果、浄水汚泥の骨格は安定し、吸水時にも泥状化しない性質が表れたと推察した。

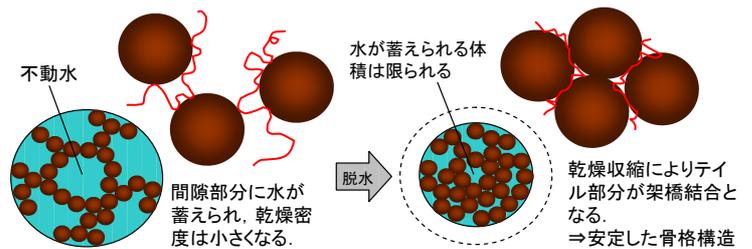


図3 乾燥収縮に伴う骨格形成の推察図

キーワード 浄水汚泥 凝集 脱水 ポリ塩化アルミニウム

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL 0294-38-5163 FAX 0294-38-5268

3. 脱水過程における骨格形成メカニズムの実験的検証

2章で記述した脱水に伴う骨格形成において、第一に浄水汚泥の脱水がクラスター内部にある間隙水の消失である点と、第二に乾燥収縮に伴う骨格形成が土の状態変化に関連する点について、以下に示す実験を行い検証した。実験で使用した試料は、茨城県日立市森山浄水場の天日乾燥床で採取した浄水汚泥であり、土粒子の密度は 2.61g/cm^3 、強熱減量は 18.8%であった。また、図4に示す粉末X線回折分析の結果より、浄水汚泥を構成する鉱物は一般的な土質と概ね一致していた。

浄水汚泥を構成するクラスターが壊れることで間隙水の流動性は高まると考えられるため、土の液性限界・塑性限界試験(JIS A 1205:1999)を実施し、架橋結合の崩壊すなわち Al^{3+} 溶出に伴う保水性の変化を調査した。使用した試料の含水比は 300~400%の範囲である。pH5.8~6.3の蒸留水と浄水汚泥を液固比 10:1 で混合し、6時間振とうを最大 10 回繰り返した。 Al^{3+} 溶出量を液固比の累積値で整理した結果を図5に示す。図6に Al^{3+} 溶出に伴う液性限界および塑性指数の推移を示す。溶出操作を繰り返し、 Al^{3+} が溶出するほど液性限界は低下し、保水性が低下する傾向が認められた。

乾燥収縮に伴い安定した骨格が形成されると、吸水時の骨格は変形しにくくなるため、水を保持できる容量も不変であると考えられる。そこで、様々な含水比の浄水汚泥を蒸留水に 24 時間水浸し、水浸後の含水比を測定した。図7に初期含水比と水浸後含水比の関係を示す。初期含水比 5~23%の範囲では水浸後の含水比は約 80%となり、初期含水比が高い場合の水浸後含水比 120~145%に達することはなかった。したがって、脱水に伴い形成された骨格は吸水時に変形していないことが示された。さらに、参考文献(4), (7), (8)では、含水比 40~60%の範囲で浄水汚泥の一軸圧縮強度、修正 CBR, コーン指数は上昇する傾向が認められており、浄水汚泥の骨格は脱水過程で形成されていることが裏づけられる。

4. 結論

脱水に伴い形成された浄水汚泥の骨格は吸水時に大きく変化しないことがわかった。脱水過程で浄水汚泥の含水比を 40~60%に調整したときに地盤材料として安定した状態が期待される。

参考文献 1)渡邊保貴ら：連続バッチ試験による浄水汚泥のアルミニウム長期溶出特性調査，土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集(CD-ROM)，2008. 2)古河幸雄ら：浄水汚泥の地盤材料への利用に関する研究，土木学会論文集 C, Vol.62, No.1, pp.67-78, 2006. 3)渡邊保貴ら：フィルタープレスによる脱水ケーキを模擬した試料での浄水汚泥の促進スレーキング試験，第 42 回地盤工学会研究発表会講演集(CD-ROM)，2007. 4)古河幸雄ら：浄水汚泥のスレーキング特性，土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集(CD-ROM)，2008. 5)丹保憲仁，小笠原統一：浄水の技術，技報堂出版，pp.37-59, 2002. 6)足立泰久，岩田進午：土のコロイド現象，学会出版センター，pp.167-199,217-219, 2003. 7)ベジェヒョンら：繰り返し使用による浄水汚泥の強度特性の変化，第 43 回地盤工学会研究発表会講演集(CD-ROM)，2008. 8)蛭田俊明ら：浄水汚泥との混合による関東ロームのコーン指数の改善効果，第 43 回地盤工学会研究発表会講演集(CD-ROM)，2008.

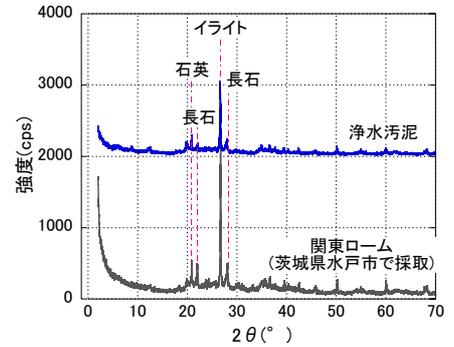


図4 浄水汚泥の鉱物組成

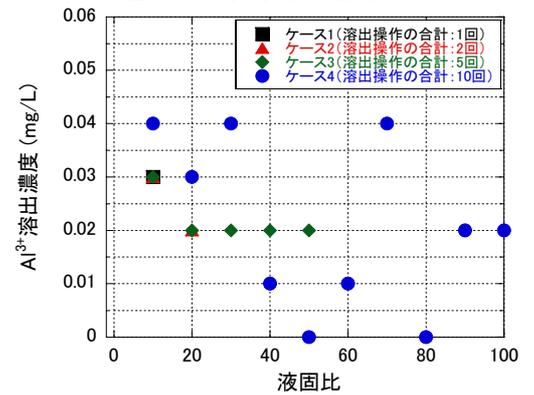


図5 6時間振とうによる Al^{3+} 溶出操作の結果

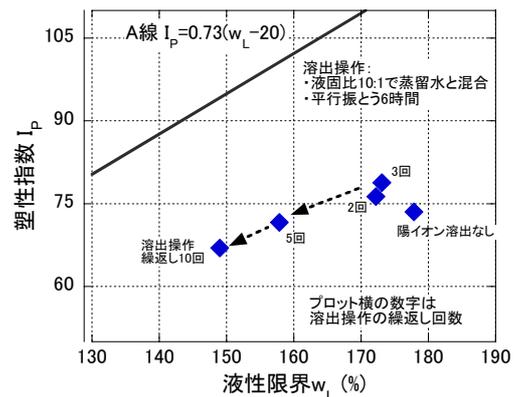


図6 Al^{3+} 溶出に伴う浄水汚泥の液性限界と塑性指数の推移

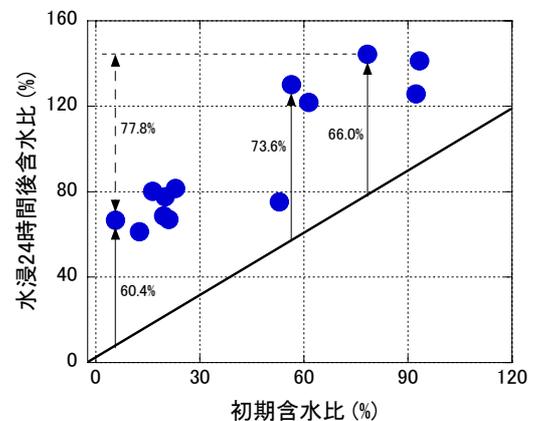


図7 吸水前後における浄水汚泥の含水比