

凝集剤の添加率が異なる凝集沈降澱物の沈降・圧密特性 (その1)

信州大学工学部 正 梅崎健夫, 正 河村 隆

信州大学工学部 学○小笠原誉也

1. はじめに 建設工事等で発生する泥水を処理する際、固液分離を効率化するために凝集剤が添加され、凝集沈降後に上澄み水を排水して澱物の運搬・処理が行われる。しかし、現場での最適添加量や澱物の特性に関する研究は十分に行われていない。本文では、NSF 粘土に無機系凝集剤 CAS-POK-S¹⁾を添加した場合の沈降特性および凝集沈降後の澱物の圧密特性について検討した。

2. 試験概要 粘土試料には NSF 粘土 (液性限界 $w_L=57.5\%$, 塑性限界 $w_p=35.7\%$) を、凝集剤には無機質白色粉体の CAS-POK-S (三星化学合資会社製) を用いた。沈降試験とその後の圧密試験を連続して実施するために、図-1 に示すように、圧密容器の上部に圧密容器と同じ内径の亚克力円筒 (内径 6cm, 高さ 50cm) を固定した装置を作製した。初期含水比 $w_0=3000\%$ に調整した泥水を高さ約 36cm まで注入し 1 分間攪拌した後、凝集剤を添加率 $C=0, 0.03, 0.1, 1\%$ で添加してさらに 1 分間攪拌した。そして、そのまま静置して 24 時間沈降試験を実施した。次に、上澄み水を除去して亚克力円筒を取り外した後、圧密容器上端面を直ナيفで平らに成形した。その後、段階载荷による圧密試験を実施した。一方、凝集沈降によって生じたブロックを壊すために、上澄み水を除去した後に、攪拌装置により澱物を 5 分間攪拌した後に、圧密試験を実施するケースも実施した。

3. 試験結果および考察 図-2 に沈降試験における澱物の高さの経時変化を示す。無添加の場合、沈降速度は遅く 200 分程度以降において、高さ 3cm 程度ではほぼ一定となる。一方、凝集剤を添加した場合は、沈降開始直後から急速に凝集沈降が進行する。凝集沈降後の高さは、 $C=0.03, 0.1\%$ の場合は、50 分程度経過後に 8cm 程度 (無添加の約 2.6 倍)、 $C=1\%$ の場合は、20 分程度経過後に 13cm 程度 (無添加の約 4.2 倍) で、いずれもほぼ一定値に至る。すなわち、凝集剤を添加した場合の沈降速度は、添加していない場合よりも速く、上澄み水と澱物は短時間で分離されるものの、澱物は非常に緩く堆積して高含水比である。そのため、澱物の運搬・処分にはさらに脱水減容化処理が必要である。

写真-1 に 24 時間の沈降試験後の澱物の状態を示す。凝集剤の添加率 $C=0.03, 0.1\%$ 程度ではブロックの形成はあまり確認できないが、 $C=1\%$ では顕著なブロックの形成が確認できる。このときの澱物は多量の水を含んでおり、非常に高含水比で流動性が高い状態である。

図-3 に間隙比 e と圧密圧力 $\log p$ の関係を示す。 $C=0\%$ の結果は、スラリー状態の (含水比 $2w_L$) NSF 粘土を予圧密 (鉛直応力 98kN/m^2) して作製した供試体に対する結果であり、正規圧密線を破線で示した。凝集剤を添加した場合の関係は下に凸な曲線となる。凝集剤の添加率が大きくなるほど、間隙比は大きくなり、 $e \sim \log p$ 関係は上方に位置する。圧密圧力が増加すると、無添加の $e \sim \log p$ 関係に徐々に近づくが、間隙比を等しくするには非常に大きな圧密圧力を必要とする。一方、いずれの添加率においても、ブロックを壊すことによって間隙比は小さくなり、ブロックを壊していない場合よりも $e \sim \log p$ 関係は下方に位置する。圧密圧力が増加すると、両者の関係は次第に漸近し、ブロックを壊した影響は小さくなる。除荷時における膨潤曲線の傾きは、凝集剤の添加量、ブロックの状態によらず、ほぼ同じである。

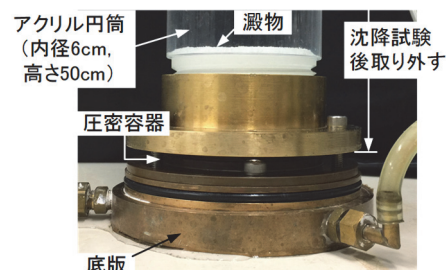


図-1 沈降堆積・圧密試験装置の概要

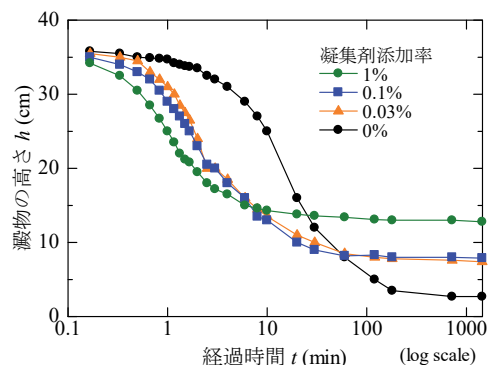


図-2 沈降試験における澱物の高さの経時変化

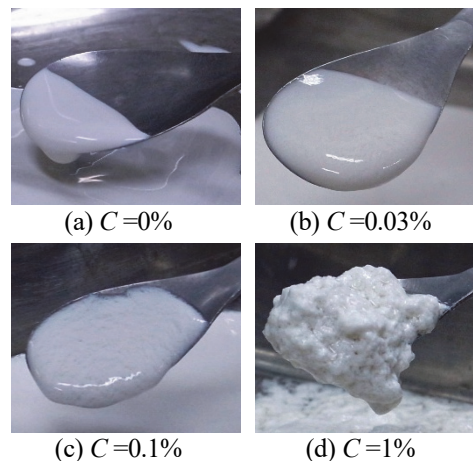


写真-1 24 時間沈降後の澱物

図-4 に図-3 を両対数表示して示す。 $C=0\%$ における正規圧密領域の結果の延長線を破線で示した。高含水比の浚渫土と同様に、凝集剤を添加した場合の澱物の圧密特性は両対数表示において直線関係を示す。 $\log e \sim \log p$ 関係においても、添加率が大きいほど上方に位置し、ブロック

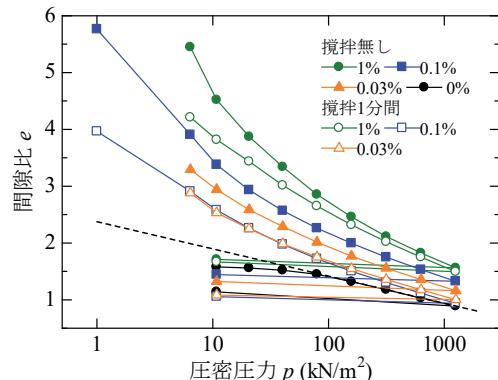


図-3 間隙比 e と圧密圧力 p の関係 (片対数表示)

を壊した場合は下方に位置する。凝集剤を添加した場合の同関係の傾きは、 $C=0\%$ の正規圧密領域の傾きと同程度である。

図-5 に体積圧縮係数 m_v と平均圧密圧力 $\bar{p}$ の関係を示す。図中には、 $C=0\%$ における正規圧密領域の結果の延長線を破線で示した。凝集剤を添加した場合の m_v は、同じ $\bar{p}$ における $C=0\%$ の値よりも大きく、圧縮性が高いことを示している。凝集剤を添加した場合は、添加率およびブロックの条件によらずほぼ 1 本の直線となり、 $\bar{p}$ を用いて同関係を予測することが可能である。

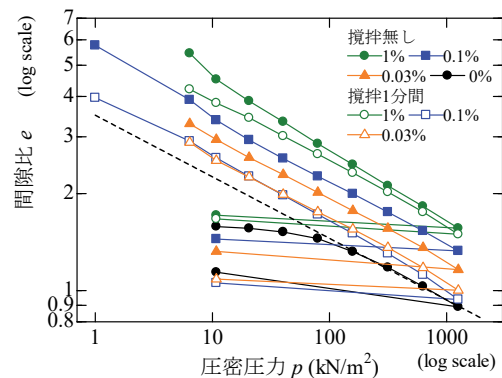


図-4 e と p の関係 (両対数表示)

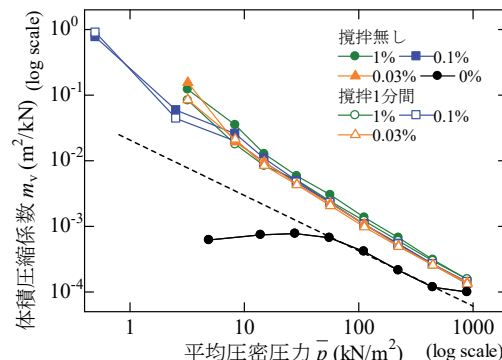


図-5 体積圧縮係数 m_v と平均圧密圧力 $\bar{p}$ の関係

図-6 に圧密係数 c_v と $\bar{p}$ の関係を示す。 $C=0\%$ の場合は、一般的な粘土と同様に、 $\bar{p}$ の増加にともなって若干増加する傾向を示す。一方、凝集剤を添加した場合の c_v は、 $C=0\%$ の値よりも大きく、圧密が速く進む。さらに、 $\bar{p}$ の増加とともに c_v は顕著に増加し、添加率およびブロックの状態によらず概ね 1 本の関係となり、 $\bar{p}$ を用いて同関係を予測することが可能である。

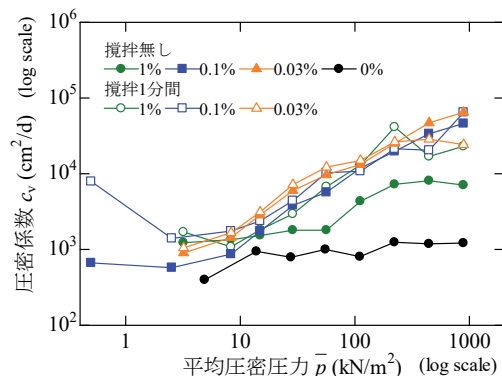


図-6 圧密係数 c_v と $\bar{p}$ の関係

図-7 に透水係数 k と e の関係を示す。添加率が大きいほど k は小さくなり、同じ添加率においては、ブロックを壊した方が k は少し大きくなる。凝集剤を添加した澱物の $k \sim e$ 関係は、 $C=0\%$ の場合と同様に、条件ごとに e が大きくなるほど k も大きくなる直線関係となる。

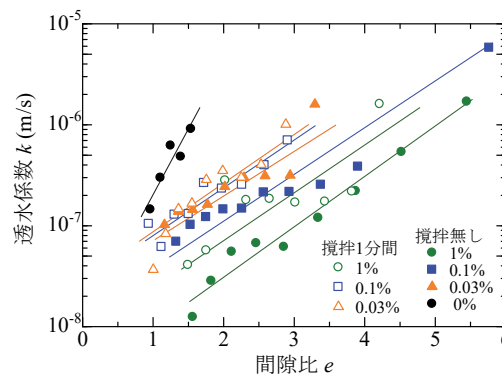


図-7 透水係数 k と間隙比 e の関係

4. まとめ 凝集剤添加率 $C=0 \sim 0.1\%$ の泥水の沈降試験および澱物の圧密試験を実施した。得られた主な知見は以下の通りである。①凝集剤を添加した場合の沈降速度は無添加の場合よりも速く、上澄み水と澱物は短時間で分離されるものの、その後、澱物は高含水比で流動性が高い状態で堆積する。② $e \sim \log p$ 関係において、凝集剤添加率が大きくなると、間隙比が大きくなる。ブロックを壊すことにより間隙比は減少する。いずれの場合も圧密圧力の増加に伴って無添加の関係に近づくが、間隙比は大きい。③ $\log e \sim \log p$ 関係は、高含水比の浚渫土と同様に直線関係を示す。その関係の傾きは、条件によらず無添加の正規圧密過程の傾きと同程度である。④ m_v は無添加の場合よりも大きく、凝集剤を添加した場合の澱物の $\log m_v \sim \log p$ 関係は条件によらずほぼ 1 本の直線となる。⑤ c_v は無添加の場合よりも大きくなり、無添加の場合と異なり p が大きくなるほど増加する傾向を示す。⑥ k は添加率が大きいほど小さくなる。 $e \sim \log k$ 関係は、無添加の場合と同様に、 e が大きくなるほど k も大きくなる直線関係となる。

【参考文献】1) 梅崎健夫, 河村 隆, 新井大揮: 泥水の自重脱水処理における脱水・ろ過特性, 信州大学環境科学年報, 第 36 号, pp.101-108, 2014.