

廃安定液の高速凝集分離技術の開発

森 下 智 貴 三 浦 俊 彦

荒 川 真

(本社特殊工法部)

Development of High-Speed Flocculation Separation Method for Waste Slurry

Tomotaka Morishita Toshihiko Miura

Makoto Arakawa

Abstract

The disposal cost of deteriorated slurry used for piles and underground continuous wall construction works is expensive. In this study, the high-speed flocculation separation method combined the flocculants suitable for deteriorated slurry with a screw decanter-type centrifugal separator developed for reducing the volume of the disposed slurry. The selected flocculants were cationic and anionic organic flocculants that were effective for deteriorated slurry. We found that this present method could reduce the suspended slurry before charging the slurry into a centrifugal separator. The separated water from the deteriorated slurry could be discharged to a sewer or used as water to create new slurry. The results of this study revealed that the method was effective in reducing the cost for waste disposal.

概 要

杭や連続地中壁工事で使用される安定液において、劣化が進行した安定液や工事後の余剰安定液は廃棄にかかる高い処理コストが課題である。本研究は、廃安定液の処分量削減を目的として、廃安定液に適した凝集剤の選定試験及びスクリュージェカンタ型遠心分離機を組み合わせた凝集分離処理システムを開発し、実証したものである。凝集剤はカチオン系・アニオン系有機凝集剤の2材料であり、分散剤などを含み凝集処理しにくい廃安定液に効果的な材料を選定した。実証実験では廃安定液をスクリュージェカンタに移送する間に凝集剤を管中追加し、凝集分離処理を行った。その結果、SSを600mg/L以下に低減でき、下水処理することで廃棄量は1/10となった。また、SSが除去された処理後の廃安定液に安定液材料を加えて、新しく安定液を作製した。最大7日養生後でも粘性、造壁性は通常の安定液と同様に管理値内であったことから、処理水が安定液の作液水として再利用可能であることが確認できた。

1. はじめに

杭や連続地中壁工事では掘削溝壁の安定、掘削土砂の運搬分離、コンクリートとの置換を目的として、水(作液水)、ベントナイト、ポリマー、分散剤等からなる安定液が使用される。安定液は掘削溝壁の安定と掘削土砂を運搬するために循環利用されるが、使用を重ねるごとに比重の増加や溝壁保護能力の指標となる造壁性の低下など安定液機能の劣化が生じ、最終的に品質管理値を満たさない安定液(以下、廃安定液と呼ぶ)は産業廃棄物として処分される。これまで、廃安定液は建設汚泥として処理されてきたが、処理コストが高いことが課題であった。そのため、廃安定液の処分量を削減するための方法として、1)凝集分離処理により廃安定液の浮遊物質量(以下、SSと呼ぶ)を削減し、下水道に放流する方法、2)凝集分離処理を行い、比重を低下させた処理水を安定液の作液水として再利用する方法を検討した。廃安定液を下水道に放流するためには下水道放流基準に適合した水質を満足する必要がある。東京都の下水排除基準¹⁾において、

廃安定液が基準を超過する項目はpHとSSであり、それぞれ5～9、600mg/L以下という値が定められている。廃安定液のpHは炭酸ガス処理により比較的容易に基準値内に適合できるが、SSは廃安定液が高比重であることや分散剤などの薬剤が含まれることから基準値内に適合させるのは難しい。処理水を作液水として再利用するためには、その水質が安定液性状に影響しない水質であることが重要である。そのため、使用する凝集剤は安定液性状に影響しにくい性質の製品を選定し、また、廃安定液は

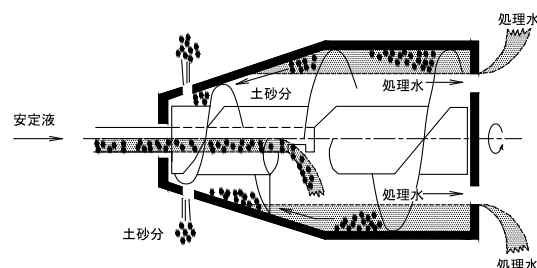


Fig. 1 スクリュージェカンタ型遠心分離機模式図²⁾
Structure of screw decanter type centrifugal separator

大量に発生するため、掘削サイクルに影響を及ぼさないよう、これらの処理を短時間で達成する必要がある。

筆者らは、廃安定液を高速に処理するために、連続地中壁工事の現場で設置されるスクリュードカンタ型遠心分離機(以下、スクリュードカンタと呼ぶ、Fig. 1)と廃安定液に対して効果の高い凝集剤を組み合わせる処理システムを考案した。本研究では、室内試験にて廃安定液に凝集効果の高い薬剤の選定を行うとともに、実証実験にて廃安定液の処理システムの有効性を確認した。また、凝集処理でスクリュードカンタから排出された処理水(以下、処理水と呼ぶ)で再度安定液を作液し、安定液材料として再利用する手法についても検討した。

2. 技術の概要

2.1 高速凝集分離システムとフロックの形成原理

Fig. 2に凝集分離システムの概要図を示す。本技術は現場に配置されたスクリュードカンタと2種類の凝集剤を組み合わせることで短時間で廃安定液中のSSを除去するものである。スクリュードカンタは遠心力で循環使用される安定液の土砂を取り除く機械であり、一般的に建築現場で使用される処理速度は $20\text{m}^3/\text{h}$ 程度で高速処理が可能である。また、処理機構はストークスの法則に基づき対象となる物質の粒子径が大きいほど土砂と処理水の分離効果は大きくなる³⁾。そのため、スクリュードカンタの前処理として凝集剤を添加し、粗大なフロックを形成することで、短時間でSSの削減を行った。ここでフロックとは、泥水中の土粒子が凝集剤の添加により集合し、形成される塊を示す。

処理システムはFig. 2に示すように廃安定液を貯留槽から水中ポンプでスクリュードカンタに移送し、その途中でカチオン系有機凝集剤とアニオン系有機凝集剤を定量ポンプで管中に添加する仕組みである。途中にラインミキサーを設けて凝集剤と廃安定液を管中で混合・攪拌し、フロックを形成する。凝集剤を管中で添加するのは、例えば、廃安定液貯留槽に凝集剤を添加すると、貯留槽内でフロックは形成するものの、スクリュードカンタに移送する段階で水中ポンプの吸い込み時にフロックが破壊され、処理水のSSが低減できないためである。通常、廃安定液中の土砂は負に帯電しており、粒子間が反発することで分散状態となる。そこに、正電荷を持つカチオン系有機凝集剤が添加されると、土粒子の負電荷が打ち消されることにより粒子間の反発が抑制され、土粒子が凝結して微細なフロックを形成する。次に、アニオン系有機凝集剤が添加されることで、微細なフロックが架橋されることにより、粗大なフロックが形成される。この原理を利用して、管中で廃安定液中の土粒子を粗大なフロックに成長させた状態でスクリュードカンタ処理を行うことで高い遠心分離効果を得ることが可能となる。

2.2 下水放流及び処理水の再利用

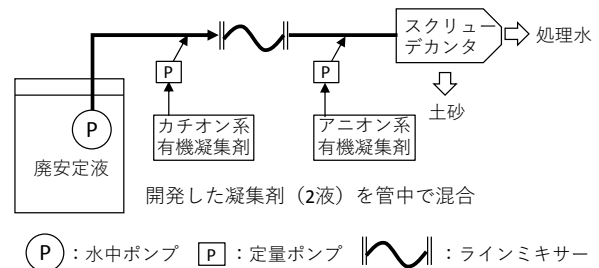


Fig. 2 凝集分離システム
Floculation separation system

上記の手法で分離した処理水を廉価に処分することで廃安定液の廃棄コスト削減に繋がる。処理水の処分方法は下水道への放流、安定液(新液)を作製する材料としての再利用が考えられる。下水放流については、上記の機構により凝集処理することでSSを 600mg/L 以下まで低減したことを確認し、その後、炭酸ガス等でpHを中和することで下水に放流が可能となる。処理水を再利用して新液を作液する場合に懸念されるのは、処理水に残留する凝集剤が安定液の分散性を阻害して造壁性や粘性が確保できず、安定液として十分な機能が発揮できなくなることである。従来使用されてきた無機系凝集剤のPACや硫酸バンドなどは、含まれるアルミニウムイオンがベントナイトの膨潤を阻害する可能性が高く、処理水の再利用には適さない。一方、開発した凝集分離システムでは高分子材料であるカチオン系有機凝集剤及びアニオン系有機凝集剤を使用している。そのため安定液の分散性などに与える影響は比較的少なく、処理水は安定液の作液水として再利用しやすいと考えられる。

3. 凝集剤の選定

3.1 カチオン系有機凝集剤

3.1.1 材料 土粒子を凝結させる場合は、PACなどの無機系凝集剤もよく使用されるが⁴⁾、処理水を安定液の作液水として使用する場合に安定液性状を劣化させる可能性がある。そのため、凝結効果を持つ凝集剤はカチオン系有機凝集剤から選定した。カチオン系有機凝集剤の選定はTable 1に示す5種類の凝集剤から選定した。C1、C2は液体で他の凝集剤より高濃度で低粘度であった。

C3~C5は粉体であり水に溶解させて使用した。凝集剤濃度が $0.1\text{wt}\%$ を超えると粘度が高くなりすぎて現場での取り扱いが難しくなるため、溶解濃度は $0.1\text{wt}\%$ とした。**3.1.2 選定試験方法** 現場で採取したSS = $56,000\text{mg/L}$ の廃安定液を 85mL 容速沈管に 50mL 秤取し、5種類のカチオン系有機凝集剤をそれぞれ $10,000$ 、 $20,000\text{ppm}$ 添加した。凝集剤の濃度は供試試料に対する原液の濃度で表す。5分間攪拌後に、 $2,600\text{rpm}$ で5秒間遠心分離した後、上澄み液量とその濁度を測定した。あらかじめ廃安定液の濁度とSSの関係式を作成しておき、濁度はSSに換算して整理した。ろ液はスクリュードカンタにより分離され

Table 1 供試したカチオン系有機凝集剤

Properties of cationic organic flocculants

試料 No.	化学性	有姿 状態	濃度 (wt%)	粘度
C1	ダドマック系	液体	10	低
C2	ポリアミン系	液体	10	低
C3	メタクリレート系	粉体	0.1	高
C4	アクリレート系	粉体	0.1	高
C5	アクリレート系	粉体	0.1	中

※粘度はC1～5において相対的な評価

Table 2 カチオン系有機凝集剤の選定試験結果

Results of selection test for cationic organic flocculants

試料 No.	凝集剤10,000ppm		凝集剤20,000ppm	
	上澄み液 量 (mL)	SS (mg/L)	上澄み液 量 (mL)	SS (mg/L)
C1	20	251	30	92
C2	15	254	27	197
C3	5	-	5	-
C4	5	-	5	-
C5	10	-	10	950

※“-”はろ液量が少ないためSS測定不能

た処理水を模擬しており、ろ液が多くなるほど凝集剤の性能が高いと評価した。なお、遠心分離操作は現場におけるスクリーデカンタの遠心力1,000G及び廃液通過時間である5秒を模擬している。

3.1.3 選定試験結果 Table 2に試験結果を示す。凝集剤添加濃度が10,000ppm, 20,000ppmでC1の上澄み液量はそれぞれ20mL, 30mLであり、全体量50mLのうち40～60%が分離された。また、SSは251mg/L, 92mg/Lであり大幅に減少した。C2も同様の傾向を示しており、C1に次いで凝集効果を示した。C3～C5については上澄み液量が少なく、濁度が測定できない場合が多かった。C5では一部測定できたがSSは950mg/Lと600mg/Lを上回っていた。このように、原液が溶液で原液濃度が高く設定できた凝集剤は凝集能力が高く、SSも低減可能であった。これらは、溶液の粘度が比較的低いことから高濃度で扱えるため、土粒子当りに作用する凝集剤濃度が高く設定できたためであると考えられる。また、液体材料は現場で混合しやすいという利点もある。この結果から、カチオン系有機凝集剤はC1を選定した。

3.2 アニオン系有機凝集剤

3.2.1 材料 試験に供した有機凝集剤をTable 3に示す。3種類の粘性が異なるアニオン系有機凝集剤である。いずれも粉体で、主材料はアクリルアミド・アクリル酸ソーダ共重合物であり、溶液濃度は0.2wt%とした。

3.2.2 選定試験方法 アニオン系有機凝集剤は室内で作成した模擬廃安定液に対して、先に選定したカチオン系有機凝集剤C1と組み合わせで添加した後の状況を観察・測定することで選定した。

Table 3 供試したアニオン系有機凝集剤

Properties of anionic organic flocculants

試料 No.	化学性	有姿 状態	濃度 (wt%)	粘度
A1	アクリルアミド・ アクリル酸ソーダ 共重合物	粉体	0.2	中
A2		粉体	0.2	高
A3		粉体	0.2	極高

※粘度はA1～A3における相対的な評価

Table 4 アニオン系凝集剤の選定試験結果

Results of selection test for anionic organic flocculants

凝集剤 組合せ	凝集剤濃度 (ppm)		フロック 径 (mm)	上澄み 液量 (mL)
	C1	A1 or A2		
C1+A1	1,000	200	0.5	—
	1,000	300	2～3	100
	2,000	200	1～2	100
	2,000	300	3～5	98
	3,000	200	0.2	—
	3,000	300	0.5	—
C1+A2	1,000	200	0.2	—
	1,000	300	<0.2	—
	2,000	200	0.2～0.5	—
	2,000	300	1～2	100
	3,000	200	0.5～1	—
	3,000	300	2～3	85

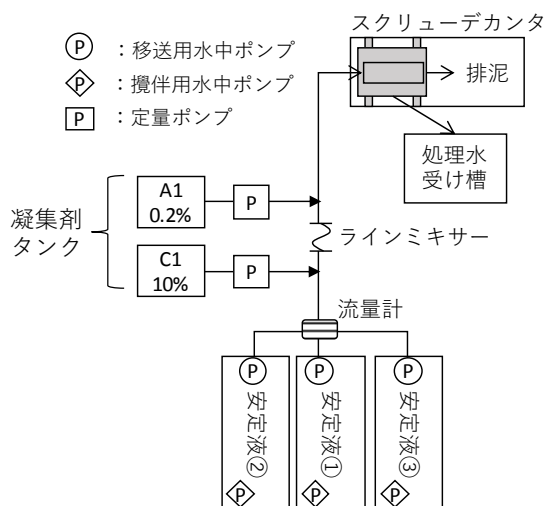
※フロック径が1mm以上となったA1, A2の結果のみ表示

模擬廃安定液は工業用水にベントナイト2%, ポリマー0.2%, 笠岡粘土19%, セメント2%を添加し、攪拌することで作成した。試験方法は次の通りである。ビーカーに秤取した200mLの模擬廃安定液にカチオン系有機凝集剤C1を1,000, 2,000, 3,000ppm添加し、10秒攪拌した後、アニオン系有機凝集剤(A1～A3)を200, 300ppm添加して10秒攪拌し、フロックチャートを使用してフロック径を目視で確認した。フロック径が1mm以上となったケースについて200Gで30秒遠心分離し、上澄み液量を測定した。3.1節で実施した遠心力ではほぼ分離したため、ここでは比較的低い遠心力を採用した。

3.2.3 選定試験結果 Table 4にアニオン系有機凝集剤の選定試験結果を示す。A3はフロック径が1mm以上とならなかったため、結果は示さない。C1+A1の組合せではC1が1,000, 2,000ppmでA1を200～300ppm添加したケースでフロックが成長し、上澄み液量が98～100mLとなった。C1+A2の組合せではC1が2,000, 3,000ppmでA2を300ppm添加したケースでフロックが成長した。両者を比較すると、アニオン系有機凝集剤は概ね300ppmが適正值であるが、C1+A1の組合せの方がカチオン系有機凝集剤とアニオン系有機凝集剤ともに低い濃度領域でフロックが成長していた。これらの結果から、組み合わせるアニ

Table 5 試験に使用した廃安定液

Properties of the degraded slurry			
測定項目	安定液①	安定液②	安定液③
pH	12.8	12.5	9.6
SS (mg/L)	56,000	120,000	45,000
比重	1.05	1.09	1.05
砂分	0.5以下	0.5以下	0.5以下
ファンネル 粘度 (秒)	24	27	22
安定液種類	模擬廃 安定液	模擬廃 安定液	現場廃 安定液

Fig. 3 実証実験プラント概要図
Plant layout for the field experiment

オン系有機凝集剤はA1を採用した。

凝集剤の濃度は、廃安定液に対して高くするほど効果が高いわけではなく、最適な添加量が存在することがわかる。これは、凝集剤を過剰に添加した場合、過剰となる電荷の影響が大きくなり、電荷が反発し合うことで分散が生じるためである。実際に凝集分離システムを使用する場合は現場で予備試験を行い、廃安定液ごとに凝集剤の添加量を決定する必要がある。

4. 実証実験

4.1 実証実験の概要と目的

室内試験にて選定した2種類の凝集剤を使用して現場スケールで凝集処理実験を行うことで、SSの低減効果の確認と凝集剤添加量の設計手法について検討した。

4.2 実験概要

4.2.1 実験材料 実証実験には3種類の廃安定液を使用した。Table 5に性状を示す。安定液①、安定液②は模擬安定液で、ベントナイト2%、ポリマー0.2%の安定液に笠岡粘土を加えてそれぞれ比重を1.05、1.09に調整し、セメントを0.8%添加して作製した。安定液③は現場で実際に発生した廃安定液で、掘削終了時の余剰安定液のた

Photo 1 現場予備試験状況
Situation of sample testTable 6 現場予備試験からの凝集剤添加濃度の設計値
Designed value of the quantity of flocculants from sample test

安定液	C1 (ppm)	A1 (ppm)
安定液①	3,000	120
安定液②	5,000	100
安定液③	10,000	120

Table 7 凝集処理実験結果

Results of the flocculation separation experiment

安定液・遠心力	添加条件	C1-A1 (ppm)	SS (mg/L)	比重
安定液①			56,000	1.05
900G	添加なし	0-0	18,000	1.02
900G	設計値	3,000-120	2,200	1.01
900G	最適値	4,000-100	570	1.00
1,300G	最適値	4,000-100	120	1.00
安定液②			120,000	1.09
900G	添加なし	0-0	54,000	1.05
900G	設計値	5,000-100	1,100	1.00
900G	最適値	6,000-120	460	1.00
1,300G	最適値	6,000-120	120	1.00
安定液③			45,000	1.05
1,300G	設計値・最適値	10,000-120	72	1.00

め、ほとんど劣化していない。

4.2.2 凝集処理実験 実証プラントの概要図をFig. 3に示す。各安定液は前日までに20m³水槽で作液しておき、試験直前に再度攪拌ポンプで30分程度攪拌した。攪拌した500mLの安定液にC1、A1の順で凝集剤を添加し、フロックの形成状況から判断して凝集剤の添加量を決定した。安定液は5m³/hで水中ポンプにより移送し、途中で選定した2種類の凝集剤(C1、A1)を定量ポンプにより添加してスクリュデカンタに投入した。添加する濃度は処理水の濁りやフロック径を確認しながら調整した。スクリュデカンタは遠心力を900、1,300Gに変化させて遠心力によるSS低減効果の変化を確認した。SS低減状況の確認として、スクリュデカンタ通過後の処理水を採取し、SS、比重を測定した。

4.2.3 処理水の再利用実験 得られた処理水にベントナイトとポリマーを混合して安定液を作液し、作液直

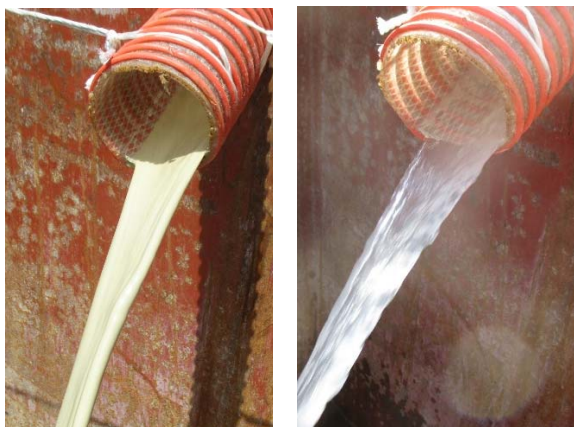


Photo 2 安定液②の処理水の状況(現場撮影)
(左：凝集剤添加前，右：凝集剤最適値)

Situation of treated water from No.2 slurry in field
(Left: without flocculant, Right: with flocculant)



Photo 3 安定液②の処理水の状況(室内撮影)
(左：凝集剤添加前，右：凝集剤最適値)

Situation of treated water from No.2 slurry in labo.
(Left: without flocculant, Right: with flocculant)

後，3日経過時，7日経過時の管理値を測定することで，作液水としての再利用の可能性を確認した。

4.3 実験結果

4.3.1 凝集剤の設計添加量の検討結果 各安定液で現場予備試験により凝集剤の設計添加量を設定した。Photo 1に示すように，安定液に凝集剤を添加し，目視で1mm以上のフロックが形成した濃度を設計添加量とした。Table 6に設計添加量を示す。C1の設計添加量は大きく変化した，A1の設計添加量は概ね100～120ppmであった。安定液①と安定液②を比較すると，安定液②の方が高比重であり固形分濃度が高く，凝結作用に必要なC1濃度が多く必要であったと考えられる。安定液③は現場から採取した廃安定液であるため，分散剤などの薬剤が添加されており凝集しにくく，C1の設計添加量が高くなったと考えられる。

4.3.2 凝集処理実験結果 Table 7に凝集処理実験

Table 8 処理水を使用した安定液試験結果

Results of measurement of the slurry using treated water

作液水	養生期間	pH	ファンネル粘度 (秒)	ろ水量 (mL)
管理値 ⁵⁾	—	8~11.5	21~30	30以下
工業用水	直後	8.9	24	7
	3日	8.6	24	8
	7日	8.4	24	7
安定液① 最適値 処理水	直後	12.6	24	8
	3日	12.5	24	8
	7日	12.4	23	11
安定液② 最適値 処理水	直後	12.1	24	9
	3日	11.9	24	9
	7日	11.7	23	9
安定液③ 最適値 処理水	直後	9.6	24	8
	3日	9.6	23	7
	7日	9.5	21	9

結果を示す。凝集剤の添加なしで遠心力900Gのスクリーデカンタを通過させた場合，SSは半分以下に低下した。また，凝集剤を添加したケースの処理水の比重はSSに関わらず，すべて1.00～1.01の範囲であった。

安定液①に設計値で添加した場合，SSは2,200 mg/Lとなり基準値の600 mg/Lを満足しなかった。C1濃度を4,000ppmに上げて処理水の状況を確認したところ，やや粘性が高い状況にあったので，A1の濃度を100ppmに下げて処理水の透明度が増したため，最適値とした。その時，900GではSSが570mg/Lとなり基準値を満足していた。また，遠心力を1,300Gに上げると，SSは120 mg/Lとなり，遠心力が大きくなるほどSSの除去効果が大きくなることが確認できた。

安定液②に設計値で添加した場合，SSは1,100 mg/Lとなり基準値の600 mg/Lを満足しなかった。C1濃度を6,000ppmに上げて処理水の状況を確認したところ，処理水の受け槽に微細なフロックが確認できたため，A1の濃度を120ppmに上げて最適値とした(photo 2, photo 3)。最適値における処理水のSSは遠心力が900G，1,300Gでそれぞれ460，120mg/Lでありいずれも基準値を満足した。安定液①の場合と同様に，遠心力を大きくするとSSの除去効果は大きくなっており，遠心力が1.4倍となるとSSは20%程度まで低減できることが定量的に示された。

安定液③に設計値で添加した場合，SSは72mg/Lとなり，設計値と最適値が同様であった。また，処理水の比重はいずれも1.00であり，比重増加に寄与する土砂分は除去されていた。また，処理水のpHはTable 5で示した初期値と同程度であり，各安定液で処理水のpHは凝集剤濃度，スクリーデカンタの遠心力に関わらずほぼ一定であった。安定液③の結果について，凝集処理による廃液削減量を計算する。安定液③のSSは45,000mg/Lであるので，1m³に含まれる土砂の質量は乾土重量で45kgとなる。スクリーデカンタを通過して排除された土砂の含水比250%であるので，水を含んだ土砂の質量は158kgとなり，湿潤密度を1.4g/cm³とすると土砂量は0.11m³となる。スク

リューデカンタ通過後の土砂は建設汚泥として廃棄する必要があるが、その処分量はおよそ1/10となった。この場合、安定液③を1m³処理するのに必要な凝集剤量はC1で10,000ppm、A1で120ppmであり、質量に換算するとそれぞれ10kg、0.12kgが必要となる。

このように、考案した凝集剤添加システムで廃安定液のSSを短時間で除去できることが確認できた。また、設計値と最適値を比較すると、安定液①、②においてC1、A1でそれぞれ1,000ppm、100ppmの差があり、稼働状況に合わせて凝集剤の添加量を調整する必要があることが確認された。今回の実験により、設計値の添加量では処理水のSSが多い(濁りがある)場合の調整方法として、以下のような手順で対応可能であることが分かった。まず、設計値で添加された凝集剤についてC1の添加量を調整し、処理水にフロックが生成されていることを確認する。次に、処理水に微細なフロックのみが確認される場合はA1の添加量を上げる。また、処理水に糸を引くような粘性が確認される場合はA1添加量が過剰であるため、A1の添加量を下げる。再度、処理水の状況を確認し、透明度が上がってくれば最適値とする。処理速度についてはスクリーデカンタと水中ポンプの性能によるところであるが、別の現場において20m³/hで凝集処理できることも確認しており、廃安定液に対して最適凝集剤濃度を添加できさえすれば、本実験よりもさらに高速での処理は可能であるといえる。

4.3.3 処理水の再利用実験結果 得られた処理水にベントナイト(クニゲルV2)を2%、ポリマー(DKSポリマー)を0.2%添加して安定液を作製し、養生期間ごとのpH、ファンネル粘度、ろ水量を測定した。ろ水量は安定液の造壁性を評価する指標⁶⁾であり、値が大きいほど安定液が劣化していると評価される。測定結果をTable 8に示す。pHは安定液①、安定液②でセメントが添加されていたことから高い値を示した。いずれも、安定液の状態でのpHと同様の値を示していた。pHは管理値を超過することもあったが、ろ水量が基準値内であれば問題ないといえる。ファンネル粘度は工業用水で作製した安定液と概ね同様の値を示した。安定液③の7日後で21と若干低い値を示したが、管理値内であり問題ないといえる。造壁性について、API規格の造壁性試験により測定した。溶液が凝集している場合、ろ水量は高くなることが考えられるが、いずれも基準値内であり処理水は問題なく安定液の作液水として利用できることが確認できた。

5. まとめ

廃安定液の処理量を削減することを目的として、凝集剤とスクリーデカンタ遠心分離機を組み合わせた凝集処理システムを考案した。室内試験及び実証実験を実施

して得られた内容を以下にまとめる。

- 1) 室内試験において廃安定液に有効なカチオン系有機凝集剤とアニオン系有機凝集剤を選定した。両者を組み合わせて添加することで、廃安定液中の土砂を粗大なフロックにすることができる。
- 2) 選定した2種類の凝集剤を廃安定液に添加してスクリーデカンタに通すことで、短時間で廃安定液のSSを600mg/L以下に削減できることが確認できた。廃安定液の添加方法は定量ポンプにより管中に添加することでフロックの破壊を抑える方法とした。
- 3) 現場での予備試験で得られた凝集剤添加量の設計値は、最適値と比較して、同程度～やや低い値であり、カチオン系有機凝集剤とアニオン系有機凝集剤のバランスを取りながら最適値に調整する必要がある。
- 4) 処理水を新液の作液水として利用した場合、工業用水で作液した性状と比較して、ほぼ同程度であった。この結果から、安定液の作液水として再利用が可能であることが確認できた。

謝辞

本研究は大明化学工業株式会社との共同研究の成果である。本成果のうち凝集剤添加量の検討、現場における凝集剤の製造・添加にご尽力いただきました。また、松下鋳産株式会社には実証実験実施について、有用なご意見を賜りました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 東京都下水道局：下水排除基準，東京都下水道局HP <http://www.gesui.metro.tokyo.jp/contractor/regulation/information/3kijyun/>, 2018.6.25閲覧。
- 2) IHI ホームページ：<https://www.ihico.jp/separator/products/screw/index.html>, 2018.6.25閲覧。
- 3) 喜田大三，他：土工事における濁水処理に関する研究(第21報)スクリーデカンター型遠心分離器の土砂除去特性，大林組技術研究所報，No. 32, pp. 87-91, 1986。
- 4) 炭田光輝：土のコロイド現象の基礎と応用(その13) 土工事とコロイド，農業土木学会誌，No. 67(4), pp. 429-435, 1999。
- 5) 日本基礎建設協会：場所打ちコンクリート杭施工指針・同解説，pp. 41-47, 2016。
- 6) 森下智貴，他：異なる造壁性試験方法を用いた安定液管理手法の検討，土木学会第72回年次学術講演会講演概要集，pp. 265-266, 2017.9