

# 土工事における濁水処理に関する研究 (第14報)

—泥水の加圧脱水性に及ぼす無機系凝集剤の影響—

喜田大三 辻 博和  
炭田光輝

## Studies on Muddy Water Treatment in Earthwork (Part 14)

—Effects of Inorganic Flocculants on Dehydration Properties of Discharged Slurry—

Daizo Kita Hirokazu Tsuji  
Mitsuteru Sumida

### Abstract

This report describes the results of effects of inorganic flocculants on dehydration properties of discharged slurry dehydrated by a roll-pressing machine. Consolidation tests are carried out and the following results obtained: (1) Coefficient of consolidation can be utilized to judge the dehydration property of flocculant-added slurry. (2) Effects of inorganic flocculants on the dehydration property depend on the properties of discharged slurry, and kind and concentration of flocculant. (3) Calcium hydroxide improves the dehydration property more than calcium chloride, aluminum sulfate, or polyferric sulfate. The optimum concentration to improve the dehydration property is more than the optimum concentration to eliminate turbidity. (4) The dehydrated cakes with calcium hydroxide and anionic polyacrylamide have lower water contents and less fluidity. Therefore, the properties are suitable for transportation by dump truck.

### 概 要

泥水シールド工法などの泥水工法では掘削土砂は流体輸送するので、土砂分離は必要不可欠である。粘性土地盤を掘削する場合、地山が解膠されて微細な粒子を含む余剰の泥水が発生し、その処理が必要となる。これらの余剰の泥水を脱水処理する場合、一般に脱水性が著しく悪いため凝集処理を行なう必要がある。そこで、泥水をロールプレス型脱水機で脱水する場合の無機系凝集剤が泥水の脱水性に及ぼす影響を圧密試験機を用いて脱水試験を行なって検討し、以下の知見を得た。(1) 泥水に凝集剤を添加して得たスラッジの脱水性の指標として圧密係数が利用できる。(2) 無機系凝集剤が泥水の脱水性に及ぼす影響は土の種類、凝集剤の種類・添加濃度によって著しく違う。(3) 消石灰は塩化カルシウム、硫酸バンド、ポリ硫酸鉄に比べて非常に脱水促進効果が大きい。その最適添加濃度は除濁効果から判定した最適添加濃度よりも高い。(4) 消石灰を添加して脱水したケーキは含水比が低く、しかも流動しにくい。したがって、その性状はダンプ運搬にとって良好である。

#### 1. まえがき

泥水シールド工法などの泥水を循環させて地盤を掘削する泥水工法では、泥水の役割は主に切羽（掘削壁面）の安定、ズリ搬出である。本工法では、掘削した土砂は流体輸送するので、土砂分離は必要不可欠である。

ところで、一般に土砂分離は粗粒な土砂を除く一次処理と細粒土を含む余剰の泥水を処理する二次処理から構

成されている。粘性土地盤を掘削する場合、地山の粘性土が解膠されて泥水中に溶けこむため、一次処理だけでは掘削土が除去できず、微細な粒子を含む余剰の泥水が発生し、その処理が必要となる。当社では、このような余剰の泥水の処理（二次処理）はフィルタープレス方式<sup>1)~3)</sup>もしくはロールプレス方式<sup>4)~6)</sup>の加圧脱水機で行なっている。

さて、一般にこれらの余剰の泥水は脱水性が著しく悪

いため、脱水処理に際して無機系あるいは有機系高分子凝集剤を単独あるいは併用して泥水を凝集処理したのち脱水処理する必要がある。すなわち、余剰泥水の処理には、最適な凝集剤の種類・添加濃度の選定が必要であり、その選定が脱水ケーキの性状ひいては処理能力を大きく左右する。したがって、凝集剤を加えた際の脱水性の良否の判定方法が必要である。しかし、今までロールプレス機で脱水する際の明確な判定方法がなかった。

そこで、筆者らは圧密試験機を用いて脱水試験を行ない脱水性の判定を予備的に検討した<sup>6)</sup>。その後、この試験方法を確立し、本報告では、無機系凝集剤が泥水の脱水性に及ぼす影響を報告する。

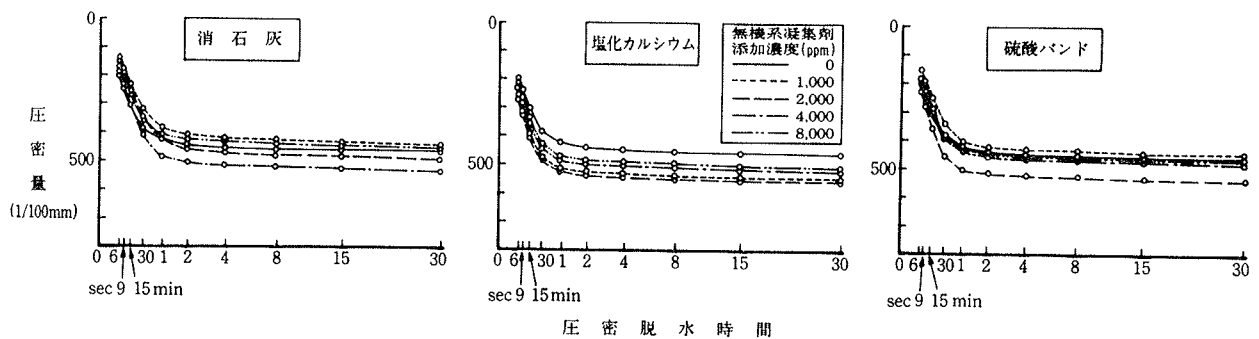
## 2. 実験

### 2.1. 試料

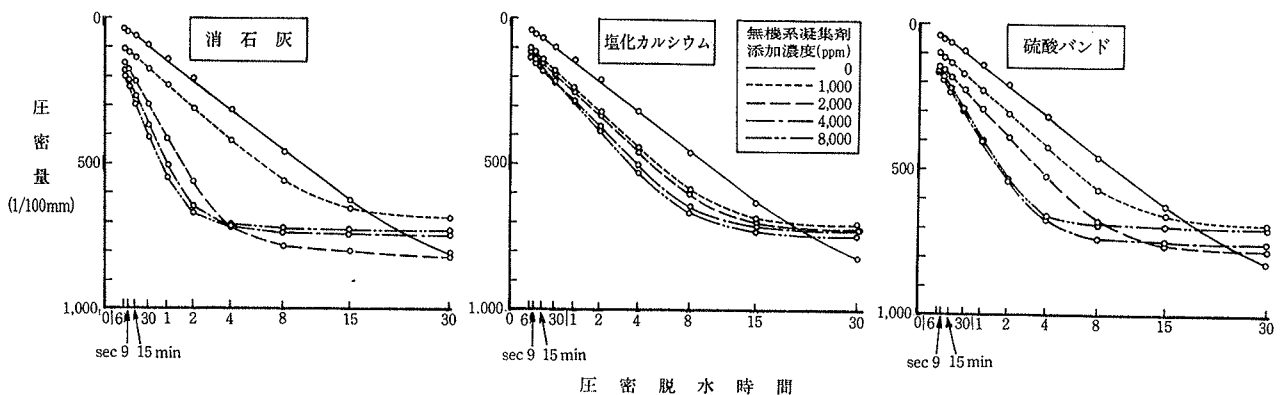
表一に示す。Aは中国地方の某泥水シールドの発達立坑掘削時に採取したシールド通過部の土で、水道水を

試料名	密度 (t/m <sup>3</sup> )	pH	電導度 (μs/cm)	Cl <sup>-</sup> (ppm)	粒 度			コンシステンシー	
					粒土分 (%)	シルト分 (%)	砂分 (%)	WL (%)	PI
A	1.10	7.02	6,270	1,580	45	53	2	81	58
B	1.10	8.03	1,160	238	57	40	3	83	56

表一 供試試料の性状



図一 A試料の圧密脱水試験結果



図二 B試料の圧密脱水試験結果

加えて家庭用ミキサーで十分解膠したもの。Bは関西地方の某泥水シールド現場の余剰泥水である。いずれも水道水で密度 1.10 t/m<sup>3</sup> に調製して使用した。

なお、A、B試料を採取した二現場とも二次処理はロールプレス式脱水機で行なった。その結果は、A試料の現場では二次処理は順調に進行し、B試料の現場では非常に苦勞した。

### 2.2. 凝集剤

無機系凝集剤 消石灰、塩化カルシウム、硫酸バンド(バンド)、ポリ硫酸鉄(ポリ鉄)、いずれも5%に溶解して使用した。

有機系高分子凝集剤 弱アニオン系ポリアクリルアミドを0.1%に溶解して使用した。

### 2.3. 実験方法

泥水 250 ml を 500 ml メスシリンダーにとり、無機系凝集剤を加えて所定時間水平強力振とうする。つぎに、有機系高分子凝集剤を加えて一定速度で一定回数回転倒したのち静置する。なお、有機系高分子凝集剤の添加濃度はフロック径が  $d_s$  (1.5~2.25 mm) 以上となる量とした。そして、所定時間後に上澄水の濁度を測定したのち、2 mm スクリーンで重力脱水して脱水スラッジを得た。このスラッジを圧密リング ( $\phi 6$  cm, h 2 cm) に入れ、加圧板を載せて30分放置後実機の加圧力に近い 0.8 kgf/cm<sup>2</sup> の荷重を加えて経時的に1時間圧密量を測定した。

### 3. 実験結果

#### 3.1. A 試料の圧密脱水試験結果

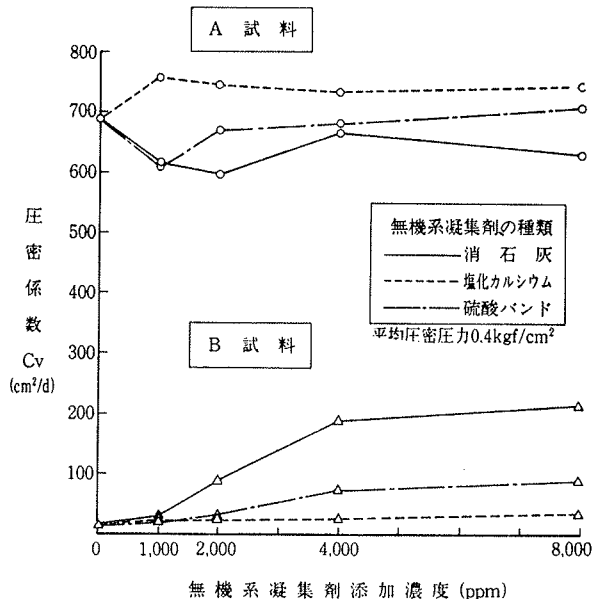
図一1に無機系凝集剤の種類、添加濃度の違いによる圧密量の経時変化 ( $\sqrt{t}$ ) を示す。同図には 30 min までしか示していないが、実験は 1 時間継続した。図示するように、A 試料の場合、沈下 (圧密量) カーブは凝集剤の種類、添加濃度の違いによってさほど差が認められない。

JIS の土の圧密試験方法の  $\sqrt{t}$  法に従って圧密度 90% の時間  $t_{90}$  を算出すると、無機系凝集剤を添加しないものと消石灰、塩化カルシウム、硫酸バンドを 1,000~8,000 ppm 添加したものいずれの条件でもほとんど差がなく、0.5~0.9 min と非常に小さな値を示した。なお、ポリ硫酸鉄の場合は図示しないけれども他の凝集剤と同様の結果であった。

#### 3.2. B 試料の圧密脱水試験結果

結果は図一2に示す。B 試料の場合、A 試料と非常に異なり、沈下カーブは凝集剤の種類、添加濃度によって著しく違う。

3.1. と同様に  $t_{90}$  を求めると、無機系凝集剤を添加しないものは 36.2 min と非常に大きな値を示した。一方、無機系凝集剤を 1,000~8,000 ppm 添加すると 13.0~1.8 min まで短縮され、その程度は凝集剤の種類、添加濃度によって著しく違う。すなわち、消石灰を 1,000, 2,000, 4,000, 8,000 ppm 添加すると  $t_{90}$  はそれぞれ 12.6, 4.7, 2.0, 1.8 min と添加濃度とともに著しく短縮される。塩化カルシウムでは、同様に 13.0, 12.7, 10.3, 9.5 min に短縮されるけれども、この場合、添加量を増大させて



図一3 凝集剤添加濃度と圧密係数

もさほど短縮されない。バンドでは、消石灰と塩化カルシウムの中間的な値を示し、同様にそれぞれ 12.1, 11.9, 4.3, 3.7 min となった。なお、ポリ鉄の結果は図示しないけれどもバンドとほぼ同様であった。

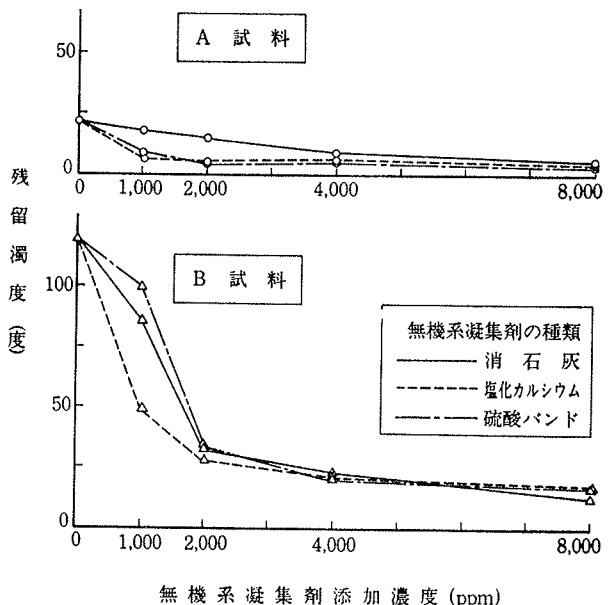
### 4. 考察

#### 4.1. 凝集剤と圧密係数

ロールプレス型の脱水機で脱水処理する場合、脱水スラッジが圧縮される時間 (脱水時間) は短時間であるので、圧縮速さが非常に重要となる。

ところで、飽和粘性土の圧縮については圧密理論を適用して圧縮速さが解析されている。そこで、脱水スラッジの圧縮速さを圧密理論を適用して検討する。

さて、圧密脱水試験の結果から圧密量の最終読みを 1 時間後として JIS の  $\sqrt{t}$  法に準じて圧密係数を求めた結果を図一3に示す。脱水性の指標となる圧密係数  $C_v$  (圧密の進行速さを表わす係数) は 3 章で示した  $t_{90}$  に反映して、A 試料と B 試料で著しく違う。すなわち、無機系凝集剤を無添加の場合、A 試料では 690  $\text{cm}^2/\text{day}$  と大きく、B 試料では 16  $\text{cm}^2/\text{day}$  と非常に小さい。A 試料の場合、塩化カルシウムを添加すると  $C_v$  値は 740~750  $\text{cm}^2/\text{day}$  まで増加するが、その増加率は 10% にも満たない。また、消石灰、バンドを添加しても  $C_v$  値の増加は認められない。すなわち、A 試料は無機系凝集剤を添加しなくても  $C_v$  値は大きく、無機系凝集剤の効果はわずかであることが判明した。これに反して、B 試料の場合、塩化カルシウムの添加では  $C_v$  値の増加はほとんど認められないが、消石灰、バンドを添加すると 4,000 ppm までは添加濃度とともに増大し、それ以上添加しても効果は



図一4 凝集剤添加濃度と残留濁度

4,000 ppm とほぼ同等である。B 試料は無添加に比べて消石灰、バンドを添加すると効果が大きく、脱水性から判断すると最適添加濃度は4,000 ppm で、例えば消石灰を4,000ppm 添加すると無添加のものに比べて  $C_v$  値は12倍近くも増大する。しかし、無機系凝集剤を添加しても A 試料に比べると脱水性は悪い。

上述したように、無機系凝集剤が泥水の脱水性 ( $C_v$ ) に及ぼす影響は土の種類、凝集剤の種類・添加濃度によって著しく違うことが判明した。換言するならば、供試泥水によって最適な凝集剤の種類、添加濃度、添加効果が異なることが判明した。

4.2. 残留濁度と圧密係数

一般に無機系凝集剤と有機系高分子凝集剤を併用して凝集処理する場合、無機系凝集剤の添加濃度は上澄水の濁度(残留濁度)から判断して決められている<sup>7)</sup>。

図-4は凝集処理5分後の残留濁度と無機系凝集剤の関係を示すものである。A 試料は無機系凝集剤を添加しなくても有機系高分子凝集剤の添加だけで残留濁度は約20度と低い。一方、B 試料は約120度と高い。このようにA 試料で残留濁度が低いのは電導度、塩素イオンの量からわかるように塩類濃度が高いためと考えられる。

さて、B 試料の残留濁度は無機系凝集剤を添加すると2,000 ppm までは添加濃度とともに減少し、それ以上の添加ではほとんど効果がない。すなわち、除濁効果から判断すると最適添加濃度は2,000 ppm である。この最適添加濃度は先の脱水性から判断した最適添加濃度の4,000 ppm と違っている。すなわち、無機系凝集剤として消石灰あるいはバンドを使用した場合、その添加濃度として従来採用されている除濁効果から判定した最適添加濃度を越えてさらに所定濃度添加することによって脱水性が向上することが判明した。

4.3. 脱水ケーキの性状

表-2にB 試料のスラッジ・ケーキの性状を示す。なお、A 試料の数値は示さないが、A 試料の場合、スラッジボリューム、脱水スラッジの含水比および圧密脱水後の含水比のいずれも無機系凝集剤の種類、添加濃度によってさほど差が認められなかった。B 試料の場合、無機系凝集剤を添加して  $C_v$  値が大きくなった凝集剤すなわち消石灰とバンドでは、凝集剤の添加濃度とともにスラッジボリューム、脱水スラッジの含水比および圧密度90%の時 ( $t_{90}$ ) の含水比は高くなっている。 $t_{90}$ の含水比は無機系凝集剤を添加しないと72%であるが、消石灰を、1,000~8,000 ppm 添加すると98~122%、塩化カルシウムでは同様で78~87%、バンドでは91~106%になり、消石灰を添加すると著しく高くなっている。

ところで、実際のロールプレス機の脱水時間は1~2

無機系凝集剤		*スラッジ ボリューム (mℓ)	脱水スラッジ の含水比 (%)	圧密脱水後の含水比(%)		
種	添加量 (ppm)			1min	2min	$t_{90}$ (時間: min)
—	0	180	248	181	171	72(36.2)
消石灰	1,000	240	286	168	155	98(12.6)
	2,000	250	330	164	134	100( 4.7)
	4,000	270	349	146	117	117( 2.0)
	8,000	305	372	145	118	122( 1.8)
塩化 カルシウム	1,000	195	260	152	137	78(13.0)
	2,000	210	276	158	144	84(12.7)
	4,000	215	265	152	136	79(10.3)
	8,000	220	271	161	143	87( 9.5)
硫酸 バンド	1,000	210	306	169	154	91(12.1)
	2,000	250	314	172	158	91(11.9)
	4,000	270	386	165	136	106( 4.3)
	8,000	270	376	157	127	103( 3.7)

\*泥水量 250mℓ

表-2 B 試料のスラッジ・ケーキの性状

分間である。したがって、工事現場での脱水ケーキの性状は圧密脱水し、2分後のケーキの性状にほぼ対応するものと考えられる。圧密脱水1, 2分後の含水比は、 $t_{90}$ の含水比の傾向と異なり、消石灰とバンドでは凝集剤の添加濃度とともに低くなっている。特に消石灰の場合2分後の含水比は他の凝集剤を添加したものに比べて著しく低い。これは消石灰を添加したものの  $C_v$  値が他の凝集剤を添加したものに比べて著しく大きく脱水性が良好であることによる。

さて、工事現場では、一般に脱水ケーキはダンプトラックで場外に搬出し、農地造成、宅地造成などに有効利用している。したがって、脱水ケーキの性状は流動しにくく良質なものではなければならない。図-5はB 試料に無機系凝集剤4,000 ppm と有機系高分子凝集剤を所定量添加したときの脱水スラッジの流動曲線を示すものである。図から明らかなように、消石灰、塩化カルシウムおよびバンドを添加したスラッジの液性限界はそれぞれ138, 112および111%である。また、塑性限界はそれぞれ36, 28および28%であった。したがって、流動性の指標となる液性指数(その値がゼロに近いほど安定していることを示す)は、圧密脱水2分後のケーキの値で消石灰、塩化カルシウムおよびバンドを添加したもののそれぞれ0.8, 1.3および1.3となり、消石灰を添加したものは流動しにくいことがわかる。このことは、流動曲線上に示した位置によっても明らかで、圧密脱水2分後のケーキの落下回数は消石灰、塩化カルシウムおよびバンドを添加したもののそれぞれ36, 12および13回となり、消石灰を添加したものは流動しにくいことがわかる。

上述したように、消石灰を添加して脱水したケーキの性状は含水比が低くしかも流動しにくい。したがって、その性状はダンプ運搬にとって良好であることが判明した。

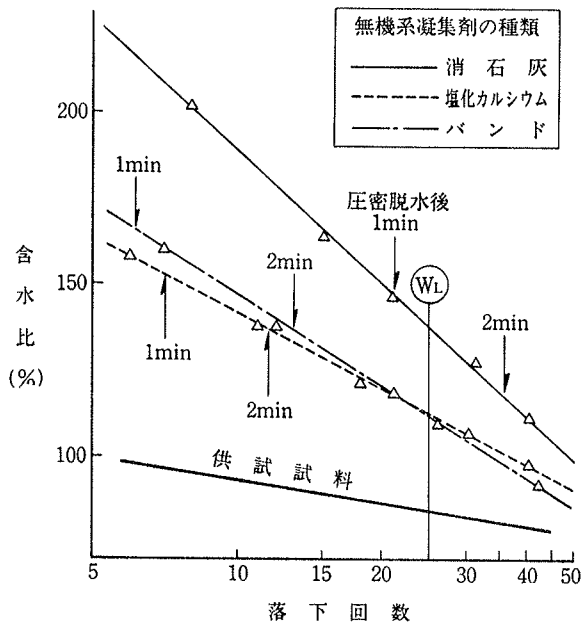


図-5 B試料の流動曲線

### 5. まとめ

泥水シールド工法などの泥水工法で発生する余剰の泥水をロールプレス型脱水機で脱水処理する場合の無機系凝集剤が泥水の脱水性に及ぼす影響を圧密試験機を用いて脱水試験を行ない検討した。その結果、以下のことが判明した。

(1) 泥水に凝集剤を添加して得たスラッジの脱水性の指標として圧密係数が利用できる。

(2) 無機系凝集剤が泥水の脱水性 ( $C_v$ ) に及ぼす影響は土の種類、凝集剤の種類・添加濃度によって著しく違う。すなわち、供試泥水によって最適な凝集剤の種類、添加濃度、添加効果が異なることになる。

(3) 試料によっては、無機系凝集剤として消石灰あるいはバンドを使用した場合、その添加濃度として従来採用されている除濁効果から判断した最適添加濃度を越えてさらに所定量添加することによって脱水性が向上する。

(4) 無機系凝集剤として消石灰を所定量添加した脱水ケーキの性状は含水比が低くしかも流動しにくい。した

がって、その性状はダンプ運搬にとって良好である。

### 6. あとがき

今回供試した試料間には粒度組成、液性限界の土質工学的性状にほとんど差がないにもかかわらず脱水性が著しく違った。今後は泥水性状による脱水性の違いを明らかにし、本試験方法を適用して実機の処理能力の推定方法を検討する予定である。

### 参考文献

- 1) 喜田, 齋藤: 泥水工法における泥水管理に関する研究(第17報)―フィルタープレスの処理に及ぼす廃泥水の性状の影響―, 大林組技術研究所報, No. 9, (1974), pp. 111~115
- 2) 喜田, 齋藤: 泥水工法における泥水管理に関する研究(第19報)―フィルタープレス方式における消石灰処理の効果―, 大林組技術研究所報, No. 11, (1975), pp. 135~139
- 3) 喜田, 辻: 土工事における濁水処理に関する研究(第8報)―「Mud Press工法(フィルタープレス方式)」による廃泥水処理―, 大林組技術研究所報, No. 17, (1978), pp. 86~89
- 4) 喜田, 辻, 漆原: 土工事における濁水処理に関する研究(第9報)―「Mud Press工法(ロールプレス方式)」による某泥水シールド工事の排泥水処理―, 大林組技術研究所報, No. 18, (1979), pp. 100~104
- 5) 喜田, 辻, 漆原: 土工事における濁水処理に関する研究(第11報)―粘土地盤を対象とした某泥水シールド工事の排泥水処理―, 大林組技術研究所報, No. 21, (1980), pp. 115~119
- 6) 喜田, 辻, 炭田: 土工事における濁水処理に関する研究(第12報)―ポリマー廃泥水へのMud Press工法(ロールプレス方式)の適用―, 大林組技術研究所報, No. 21, (1980), pp. 120~124
- 7) 喜田, 辻: 土工事における濁水処理に関する研究(第6報)―粘性土地盤を対象とした泥水シールド工事における排泥水処理に関する検討―, 大林組技術研究所報, No. 14, (1977), pp. 99~103