

泥水工法における泥水管理に関する研究 (第29報)

—セピオライト泥水の基本性状と SG 地盤改良部の掘削用泥水としての性能判定—

斎藤 裕司 喜田 大三

Studies on Control of Slurry for Underground Excavation (Part 29)

—Fundamental Nature of Sepiolite-Base Slurry and Judgment of Usefulness for Underground Excavation of Soil Improved by SG—

Hiroshi Saito Daizo Kita

Abstract

Sepiolite, which has a double chain structure, shows an excellent salt-resistant property. The study reported was made with the objective of applying sepiolite-base slurry to excavation by the OWS method in which salt resistance is especially needed such as in case of sea water slurry and excavation of soil improved with self-hardening slurry (SG). The fundamental natures of sepiolite-base slurry were investigated and compared with those of normal slurry. The results were as follows:

(1) Sepiolite-base slurry showed excellent salt-resisting property, but the wall-building property which is very important in case of the OWS method was inferior.

(2) The required performance of the slurry was maintained even when up to 10 percent of fine SG-hardened particles were mixed in, and the SG-hardened particles were uniformly suspended in the slurry and did not become troublesome slime. Therefore, sepiolite-base slurry is excellent as a slurry in excavation of SG-stabilized soil.

概 要

セピオライトは複鎖構造をもつ粘土鉱物の一種で、すぐれた耐塩性を示す泥水材料として、石油井掘削の分野では使用されている。ここでは、海水使用の泥水や自硬性安定液(SG)による地盤改良部の掘削用泥水のように、特に耐塩性が要求されるOWS工用泥水としての利用を意図し、その基本性状を調査するとともに従来の泥水の性能とを比較検討し、以下のことが判明した。

(1) セピオライト泥水は海水を使用して作成した場合も清水の場合と同等の性能を有し、耐塩性は非常に優れている。しかしOWS工用泥水として重要な造壁性は著しく劣る。

(2) 微少なSG硬化体を10%まで混入しても、所要の泥水性能は維持され、しかもSG硬化体は泥水中に保持され処理がやっかいなスライムとはならず、セピオライト泥水はSG地盤改良部の掘削用泥水として非常にすぐれている。

1. まえがき

OWS-SOLETANCHE 工法は、地中連続壁工法として、昭和35年に OWS 工法を開発して以来、施工法の開発を行ないつつ、施工実績を積み重ねた結果、昭和58年3月には施工した壁面積は累計で200万 m² に達している。本工法は現在、仮設山留め・止水壁ばかりでなく、長期土水圧負担壁を含め耐震壁や杭の機能をもたせた WF (WALL FOUNDATION) として、広く活用されている。最近では深さ100 mにおよぶ掘削、埋立直後の軟弱地盤および硬質岩盤での施工も可能となり、この工法の

適用範囲はますます拡大している。

さて、適用範囲の拡大は施工法の改善ばかりでなく、泥水材料の開発をも必要とする。例えば、埋立直後の人工島での WF 工事では地中壁掘削時の孔壁の崩壊や逸泥による周辺海域の汚染防止のために、あらかじめ自硬性安定液 (SG) による地盤改良を行なった後、地中壁を掘削する。その際、混入する SG 硬化体から溶出する Ca²⁺ によって泥水は著しく劣化する。さらに、泥水作成用混練水として海水を使用せざるを得ない。したがって、この種の工事では耐塩性のすぐれた泥水が必要となり、当社では、新たに耐塩性ポリマー泥水を開発し、人工島で

の WF 工事を成功させた¹⁾。

ところで、複鎖構造をもつ粘土鉱物はすぐれた耐塩性を示すので、石油ボーリングの分野では既に使用されている。ここでは、この粘土鉱物の一種であるセピオライトを使用した泥水の基本性状を調査し、その特性を生かして SG 地盤改良部の掘削用泥水としての性能判定を行った結果、従来のポリマー泥水に比べてさらにすぐれた性能を有していることが判明したので、以下に報告する。

2. 供試材料と実験法

2.1. 供試材料

セピオライトは商品名がエードプラス (SP タイプ) と呼ばれ、武田薬品工業 (株) が輸入・販売しているものを供試した。また、比較用のポリマー泥水には清水用として OP-4、海水用として OP-16 をそれぞれ供試した。

さて、セピオライトは粘土鉱物の一種であるが、その形状は写真-1 に示す顕微写真からも明らかのように、板状を呈するベントナイトとは異なり、繊維状である。また、図-1 に構造模型の (001) 面への投影図を示す²⁾。図示するように、Si-O 四面体に囲われた部分が大きな空洞になっており、その中にフッ石水が存在している。このため、セピオライトは 230~300 m²/g の大きな比表面積を有するのが特徴である。

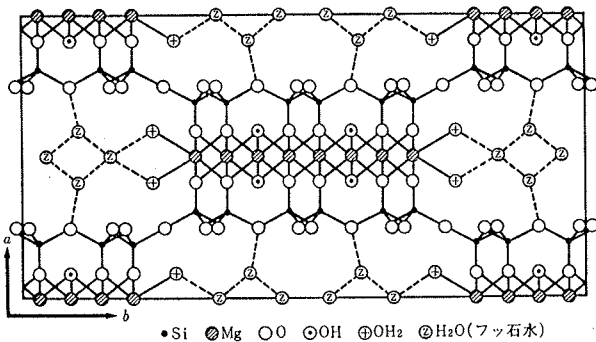


図-1 セピオライトの構造模型

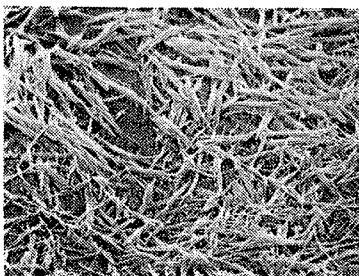


写真-1 セピオライト
×10,000

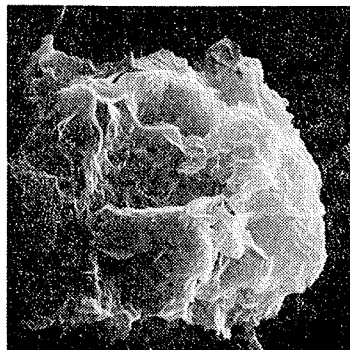


写真-2 ベントナイト
×10,000

2.2. 供試泥水の作成法

供試泥水の作成手順を図-2 に示す。セピオライト泥水の濃度は1~3%とし、SG 硬化体の混入量は過去の現場調査結果による平均混入率が約5%であることを考慮して10%までとした。また、比較用のポリマー泥水は通常よく使用されるポリマー0.5%、ベントナイト1%の調合とした。

2.3. 測定項目と方法

試験の目的に応じて、下記の測定項目と方法の中から適宜選択した。

(1) 基本的な測定項目

- A 比 重: API規格のマッドバランス
- B ファンネル粘度: API 規格のファンネル粘度計
- C プラスチック粘度: レオマット30 (回転粘度計)
- D 造 壁 性: 大林式造壁性試験器

(2) 特殊な測定項目

- A 懸濁分散性: 50 ml 容シリンダーに泥水を入れ、16時間放置後の上澄み発生量を測定した。
- B SG 粒子保持力: 50 ml 容シリンダーに泥水を入れ、16時間放置後のシリンダー底部に沈積した SG 粒子の沈定容積を測定した。

3. 実験結果と検討

3.1. セピオライト泥水の基本性状

分散媒として、清水ならびに人工海水を使用し、1~3%濃度で作成したセピオライト泥水の基本性状 (比重、ファンネル粘度、プラスチック粘度、造壁性) を作成直後から16時間にわたり、適宜測定した。その結果の一部を表-1 に示す。

(1) 分散媒の種類による基本性状の差異

表-1 から明らかのように、セピオライト泥水の基本性状は分散媒の種類とは無関係に、いずれの濃度においても非常に類似した値を示している。このことはセピオライト泥水は海水を使用して作成しても清水使用時と同

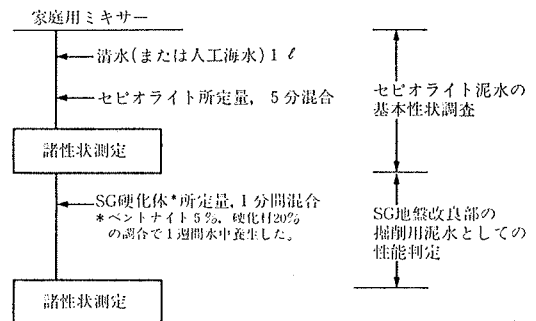


図-2 供試泥水の作成手順

等の性能を発揮することを示し、従来の実験結果とも一致している³⁾。したがって、以下は海水使用時の基本性状について説明する。

(2) 基本性状の経時変化

表一に示すように、作成直後から16時間静置した範囲では泥水の基本性状はほとんど変化せず、安定していると判断される。

(3) セピオライト濃度と基本性状

図一に、作成から4時間経過後の基本性状とセピオライト濃度の関係を示す。

A 比重 (ρ)

比重は濃度とともに増大し、3%で約1.03となる。なお、清水使用の場合は海水使用に比べて約0.015小さい。

B ファンネル粘度 (FV)

FVは濃度とともに増大し、3%で24秒と群馬県産のベントナイト8%泥水に相当する値を示す。

C プラスチック粘度 (PV)

結果は明示しないが、セピオライト泥水は擬塑性流動を示すと判断される。そして、PVは濃度とともに増大し、3%で5.7[mPa・秒]と分散状態にある8%のベントナイト泥水とほぼ類似した値を示す。

D 造壁性 (Pw)

造壁性を示す脱水量は濃度とは逆比例的に減少する。しかし、3%でも18mlと従来のOWS用泥水に比べて非常に大きく、セピオライト泥水の孔壁安定保持機能は従来のOWS用泥水に比べて劣ると判定される。この事象の一要因として、セピオライトの粒子形状が繊維状であることが考えられる。

上記のように、セピオライト泥水は清水または人工海水のいずれを使用してもその基本性状は類似し耐塩性は非常に優れている。その際、粘性は3%濃度で8%のベントナイト泥水に相当する値を示すが、造壁性は非常に劣っている。

3.2. SG地盤改良部の掘削用泥水としての性能判定

崩壊しやすい地盤をSGで地盤改良した後、地中壁の掘削を行なう場合は、不透水性のSG硬化体の内部を掘削していくので、最も要求される泥水性能は耐塩性であり、造壁性は無視できる。そこで、3.1.の結果に基づいて、セピオライト泥水が上記の泥水性能を有しているかを判定することとした。その際の判定基準は表二に示す。

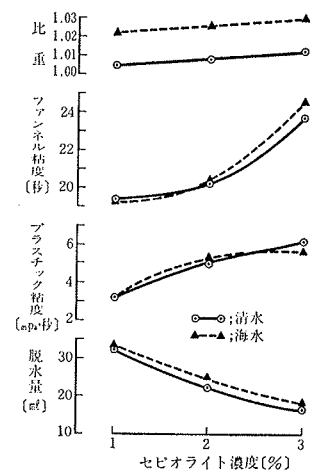
(1) セピオライト泥水の最適濃度

結果は明示しないが、セピオライト泥水にSG硬化体

濃度 (%)	測定時期	FV (秒)	PV (mPa・秒)	Pw (ml)	ρ
1	直後	19.0 19.2	2.9 3.3	34.5 37.0	1.009 1.027
	4 Hr 後	19.4 19.3	3.2 3.2	32.5 33.5	1.005 1.022
	16 Hr 後	19.2 19.1	3.1 3.6	33.5 34.0	1.020
2	直後	20.0 19.8	4.7 4.8	25.5 24.5	1.011 1.033
	4 Hr 後	20.3 20.4	5.0 5.3	22.5 25.0	1.008 1.026
	16 Hr 後	21.0 20.2	5.0 4.8	23.5 22.0	1.006 1.025
3	直後	23.0 23.0	6.1 5.3	18.0 20.0	1.015 1.035
	4 Hr 後	23.8 24.6	6.2 5.7	17.0 18.5	1.013 1.030
	16 Hr 後	24.2 24.2	5.7 5.9	18.0 18.0	1.011 1.028

上段：清水，下段：海水

表一 セピオライト泥水の基本性状



図一 濃度と諸性状の関係

項目	判定基準
ファンネル粘度	20~40秒
懸濁分散性	上澄みの発生量が5%以下
SG粒子保持力	沈降するSG硬化体量がポリマー泥水に比べて少ない

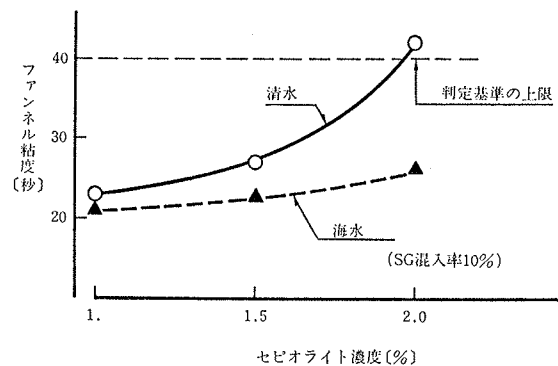
表二 SG地盤改良部の掘削用泥水としての性能判定基準

が混入するとFVは増大する。図一に、SG硬化体を10%混入した場合のセピオライト濃度とFVの関係を示す。図示したように、FVは濃度の増大に伴って増加し、清水使用の場合2%で判定基準の40秒をこえる。

一方、海水使用の場合は2%でもFVは26秒と良好な値を示している。そこで、セピオライトの濃度は1.5%とすることとした。この濃度の泥水は図一にFVの経時変化を例示するように、SG硬化体を10%混入してもFVは漸増していくものの72時間後でも40秒以下を示している。

なお、分散媒の種類によってSG硬化体の混入によるFVの増大程度は異なったが、この事象の解明は今後の検討課題である。

(2) SG硬化体の混入による性状変化



図四 濃度とFVの関係 (SG 10%混入時)

最適な濃度と判定された1.5%のセピオライト泥水にSG硬化体を混入した。その際の混入量と諸性状の関係を図-6に示す。

図示したように、FVはSG混入量の増大に伴って漸増するものの、10%混入時でも27〔秒〕と良好な値を示している。PVもFVと同様の傾向を示し、10%混入時で18〔mPa・秒〕となる。

上澄み量は2.5%混入時では認められないが、5%混入時で0.9 ml、10%混入時で1.5 mlの発生が認められた。この量は全泥水量(50 ml)の3%に相当し実用上問題にならないと判断される。

つぎに、スライム量として表示される混入したSG硬化体の沈降はいずれの混入量においても全く認められず、混入した小粒径(最大で1 mm程度)のSG硬化体はすべて泥水中に保持されていると判定される。

以上の結果は海水使用のセピオライト泥水についてもほぼ類似しており、その結果を図-6に併記しておく。

(3) ポリマー泥水との比較

従来から使用されているポリマー泥水にSG硬化体を混入した結果を図-6、に併記した。図示したように両泥水とも粘性(FV, PV)は類似しているが、スライム量は著しく異なり、ポリマー泥水ではSG硬化体の混入量にほぼ比例したスライムの沈降が認められるのに対し、セピオライト泥水では認められない。この事象は従来のポリマー泥水でSG地盤改良部の掘削を行なった際、1 mm以下の微少なSG硬化体のスライム除去に手間どっていたが、セピオライト泥水の使用によってこの点が解決できることを示唆している。

セピオライト泥水でSG硬化体の微粒子が沈降しない理由は図-6、に併記したように、セピオライト泥水が約2〔pa〕のみかけの降伏値を有するため、この値はポリマー泥水に比べて約10倍であり、粒径が2.5 mm程度のSG硬化体を泥水中に保持できると判断される⁴⁾。

4. まとめ

海水使用の泥水やSG地盤改良部の掘削用泥水のように、特に耐塩性を要求されるOWS工事用泥水材料として、セピオライトの利用を意図し、その泥水の基本性状を調査するとともに、従来の泥水性能とを比較検討し、以下のことが判明した。

(1) 清水および海水のいずれを使用しても、泥水の基本性状は類似しており、セピオライト泥水は耐塩性が非常に優れている。

(2) 粘性は濃度とともに増大し、3%濃度で8%のベントナイト泥水と同等の値を示す。造壁性を示す脱水量は濃度とともに減少するものの、3%濃度で18 mlと従

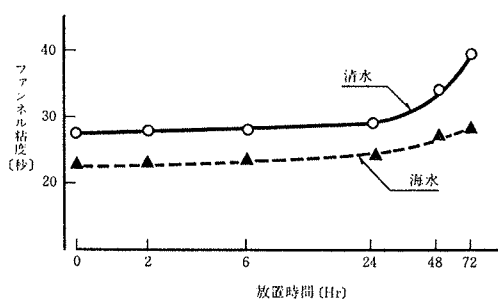


図-5 SG硬化体の混入によるFVの経時変化

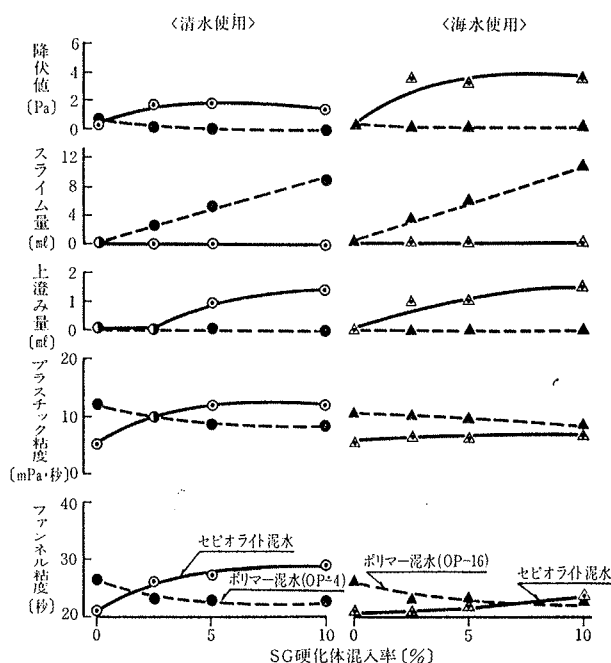


図-6 SG硬化体の混入による性状変化

来の泥水に比べて著しく劣る。

(3) SG硬化体の混入によってファンネル粘度は増大するが、1.5~2%濃度のセピオライト泥水は微細なSG硬化体が10%混入しても、SG地盤改良部の掘削用泥水としての所要性能を維持する。

(4) 従来のポリマー泥水との大きな差異はスライムの発生で、ポリマー泥水では混入した微少なSG硬化体は沈降しスライムとなるが、セピオライト泥水では泥水中に保持され、スライムの発生は認められない。

参考文献

- 1) 喜田, 他: 若令理立地盤(人工島)における海水練り安定液によるWFの施工, 大林組技術研究所報, No. 27, (1983), pp. 65~71
- 2) 須藤: 粘土鉱物学, 岩波書店, (1974)
- 3) 沖野: ボーリング用泥水, 技報堂出版, (1981)
- 4) 喜田, 他: 自硬性安定液に関する研究(その2), 大林組技術研究所報, No. 20, (1980), pp. 71~76