

地中連続壁工法に用いる安定液の化学的管理方法に関する研究

武 高 男
(技術研究所)
鈴木 信 雄
(技術研究所)

§ 1. はじめに

地中連続壁は、止水壁などの仮設構造物から、地下タンク側壁や橋梁基礎、人工島立坑などの本体構造物としての利用へと応用範囲が広がり、また最近では150mを超える大深度の施工が行なわれ、その規模も大型化している。これらの施工は、都市部から湾岸付近の軟弱地盤での施工条件が多くなり、この工法に使用される安定液にとっても海水の混入や改良地盤からのセメントによる影響など苛酷な使用条件となっている。このための新しい安定液材料としては、高耐塩性分散剤を用いたベントナイト安定液や高分子を主体としたポリマー安定液が開発されている¹⁾²⁾。

一方、安定液の品質管理は比重、粘性、脱水量などの管理項目によって実施され、予め設定された管理値と経験豊富な現場係員の判断によって行なわれてきた。しかし、これらの管理方法では安定液が掘削地盤の土質（シルト、粘土などの微細粒子濃度およびセメント、海水などの有害イオン濃度）によって変化するため、安定液の性状を予測したり、良否を判定することが困難となっている。

そこで筆者らは、大容量の安定液の現場施工管理を正確かつ迅速に行なうために、安定液材料の物質収支および有害イオンの計測を主体とした、安定液自動管理装置（以下、ASCAS^{アスカス}注）というを開発・実用化した。このASCASを現場の施工管理へ適用することによって、安定液材料の消費速度や劣化因子の定量的把握をするとともに、従来の結果的管理から、事前対策が可能なプロセス管理へと移行することができた。

本研究はこれらのことをまとめ、掘削地盤の土質に応じた安定液材料の選定と安定液管理の方法について、新規提案を試みたものである。

§ 2. 安定液自動管理装置(ASCAS)の開発

2.1 開発の狙い

安定液の機能は、①溝壁の安定、②コンクリートを打設するための置換流体、③掘削土の搬出手段の3点である。また、地中連続壁が本体構造物として用いられる場合には、コンクリートへのスライムの巻き込み防止や鉄筋へのゲル化物の付着防止機能が要求される。これらの安定液の機能を維持するためには、掘削に伴って消費される安定液材料の濃度、および掘削土砂中の微細粒子や有害イオンの影響を明らかにする必要がある。そこで、以下の狙いを持ったASCASの開発を行なった。

(1)安定液材料の物質収支と外的因子（微細粒子、セメント、海水）の定量的把握ができること。

(2)安定液材料の物質収支から管理試験項目（粘性、脱水量など）の値が推定でき、安定液の性状変化の予測ができること。

(3)掘削条件に対応した安定液材料の選定（種類、配合）のための諸データが得られること。

(4)装置の自動化（ロボットの活用、コンピュータ制御）により管理の省力化が図れること。

2.2 ASCASの概要

ASCASは、安定液導入部にあるプロセス密度計、イオン選択性電極、ベントナイト定量装置、液体クロマトグラフから構成されており、これらの各計測部をパーソナルコンピュータを使用して制御している。写真-1にASCASの計測室内の状況を示した。計測のための試料の前処理、移動、計測等の操作はロボットを導入し、作業の自動化を図っている。なお、ASCASは専用コンテナを使用した移動計測室となっている。

2.2.1 計測項目と手順

表-1に、ASCASによって計測される項目と従来から行なわれている安定液の管理試験項目（以下、管理試験項目という）を示した。

注) ASCAS: Automatic Slurry Components Analyzer
by SHIMIZU



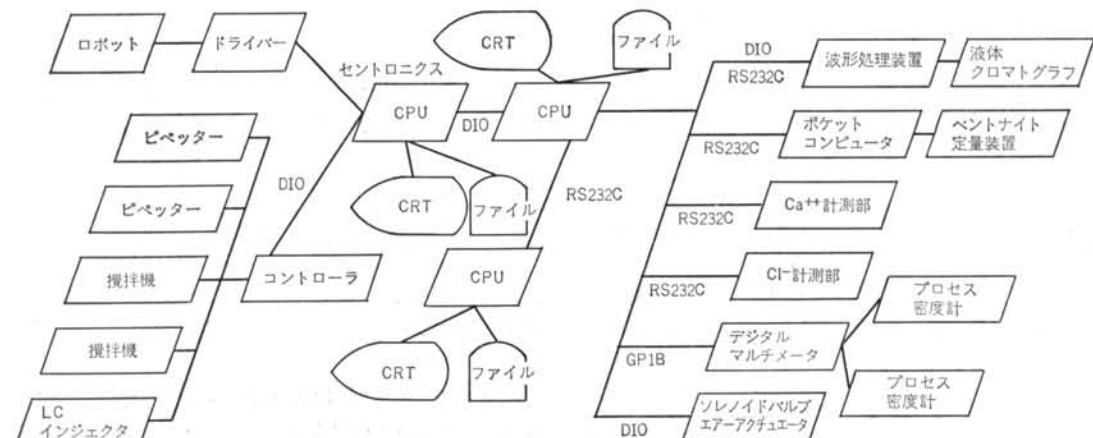
写真一 計測室内の状況

管 理 試 験 項 目		ASCAS	従来の管理 試 験
安定液の 構成成分	ベントナイト	○	—
	増粘剤 (CMC) 等	○	—
	分散剤 (ヘキサ等)	○	—
	その他 (ポリマー等)	○	—
外的因子	海水 (Cl^- イオン)	○	—
	セメント (Ca^{++} イオン)	○	—
懸濁性評価		○	—
比 重		○	○
粘 性 (秒)		●	○
脱 水 量 (cc)		●	○
砂 分		●	○
マッドフィルム (mm)		●	○
pH		○	○

●印: 推定値を用いるか, 従来の管理試験の値と併用する

表一 ASCAS 管理試験項目

ASCAS は比重以外, すべて機器分析を用いた化学的な管理試験を主体にしている。また, 粘性, 脱水量等の管理値は, 予め求めた推定値を用いる。以下に, ASCAS による計測の手順を示す。



図一 ASCAS のシステム構成

①濃度の計測 (物質収支, 外的因子) を行なう。

安定液の主成分であるベントナイト, CMC, 分散剤等の濃度変化および安定液の劣化因子となるセメントや海水の濃度を計測する。

②比重および微細粒子の沈降特性を測定する。

安定液に混入する微細粒子の影響を調べるため, 比重およびスライムの沈降速度を計測する。

③データ解析処理を行ない, 管理のための処置を行なう。

統計解析を行ない, 脱水量, 粘性, 砂分等の管理試験値を推定する。安定液の品質判定後, 廃棄, 再生, 配合修正等の処置を行なう。

2.2.2 ASCAS の構成

(1)有機成分の定量

安定液中の CMC や分散剤などの有機質成分を分析するために, 特殊な分離カラムとスラリー状の試料を前処理なしに分析できるプレカラムを開発し, 高速液体クロマトグラフに適用した³⁾。この計測によって, 各成分の濃度と分子量の変化を読み取ることができ, 分散剤の効果や CMC の腐敗現象 (低分子化) を予測することができる。

(2)ベントナイトの定量

ベントナイトの定量方法は, メチレンブルー吸着法や X 線回折法等が提案されている⁴⁾⁵⁾。これらの方法は, 定量精度や操作の難易等の問題があり, 現場施工管理に適用できないため, 新たに計測装置を開発した。装置の原理は, 安定液に塩溶液を加えるとベントナイトの表面電荷が中和され, 凝集沈降を生じる。このときの沈降体積が, ベントナイト濃度と静置時間の関数として求めることを応用したものである。なお, ここで計測しているベントナイトは見かけのベントナイト (ベントナイトに性

質が類似したコロイド状の粘土鉱物を含めたもの)濃度を示し、純ベントナイト量を補正する場合にはX線回折による分析値を用いる。なお、このベントナイト量は脱水量との相関がよいことから、安定液の脱水量を制御するための指標となるものである。

(3)セメント・海水の定量

イオン選択性電極を用いて Ca^{2+} イオン・ Cl^- イオン濃度を計測し、セメントや海水の影響を把握する。特に海水については、イオン選択性電極法と高速液体クロマトグラフによる NaCl の定量を行なっている。

(4)微細粒子の評価

プロセス密度計によって安定液の比重を計測する。計測後電磁弁を閉じ、管内に静止した安定液の比重の推移を計測し、比重の変化からスライムの沈降速度を捉え懸濁性を評価する。比重と時間の関係を対数でとると直線回帰することができ、このときの傾きによりスライム沈降速度定数(以下、 $-b$ という)が求まる。この $-b$ の値から、安定液中のスライム沈降特性やベントナイトのゲル化状態を判定することができる。

(5)計測制御、データ解析処理

図-1に ASCAS のシステム構成を示した。ロボットの制御、各計測部の制御とデータの取り込み、編集と出力のすべてを自動化した。また、開発したプログラムはロボット制御、計測制御とデータ解析処理、性状変化の予測、管理の処置、日・月報などから構成されている。

2.3 安定液管理への適用

ASCAS による安定液の管理は、計測データから従来の管理試験項目(粘性、脱水量など)の値を推定できることが基本となる。このことによって、管理値の変動と安定液材料の濃度との関係が明らかになり、安定液の性状を考慮した配合修正等の処置が可能になる。

ASCAS によって得られた計測データと管理データを用いて変数増減法($F_{in, out}=2.0$)により逐次重回帰分析を行ない、ASCAS のデータから管理試験データを推定した。図-2にそれらの解析結果を示した。

粘性は推定値の最大誤差が1秒程度であり、計算値と実測値がよく一致している。脱水量は最大誤差が5ml

で、実測データの80%以上が2~3mlの範囲内で推定できる。砂分は1%以内の精度で、またマッドフィルムは計算値<実測値の傾向にあるが、実用上の支障はない。

図-2の重回帰式に取り込まれた説明変数は、管理試験データを推定するための主要因である。

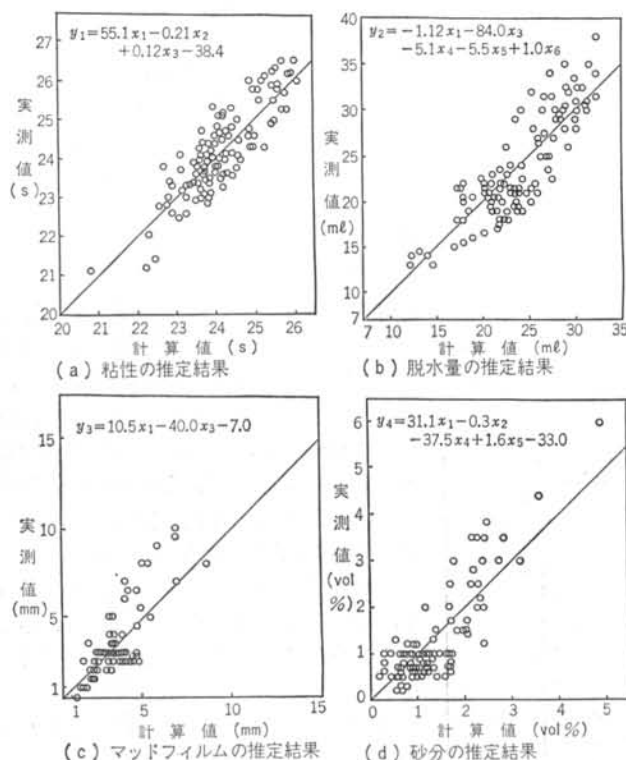
(a)粘性に対する要因は比重、 $-b$ 、CMC濃度を取り込まれ、このうち比重の効果が大きい。

(b)脱水量に対する要因は CMC 濃度、分散剤濃度、ベントナイト濃度、 Ca^{2+} イオン濃度、比重を取り込まれ、このうち CMC 濃度の効果が大きい。

(c)マッドフィルムは比重と CMC 濃度の効果が大きい。

(d)砂分は比重、 $-b$ 、ベントナイト濃度、分散剤濃度を取り込まれ、このうち比重の効果が大きい。

重回帰式に取り込まれた要因としても最も多いのは比重である。このことは、微細粒子が安定液の管理試験値に与える影響の大きさを示している。また、取り込まれた要因のうち、効果の大きいものが配合修正の対策、処理となる。



注) 重回帰式の要因: x_1 : 比重, x_2 : スライム沈降速度定数($-b$), x_3 : CMC濃度, x_4 : 分散剤濃度, x_5 : ベントナイト濃度, x_6 : Ca^{2+} イオン濃度

図-2 ASCAS による物性値の推定結果(重回帰分析)

§ 3. 安定液の化学的管理方法の検討

§ 2. では、ASCASの計測データから従来の管理試験値が推定できること、および安定液の性状変化に影響を及ぼす要因を明らかにした。ここでは、ASCAS によって安定液を管理する場合の計測項目と管理値の設定、および管理方法の詳細について述べる。

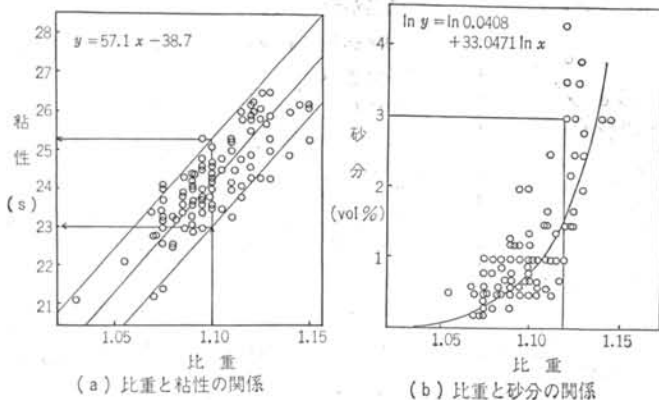
3.1 安定液の種類と配合

表一2に、地中連続壁工法に用いられている安定液の種類と配合例を示した。ベントナイトとポリマーを配合の主成分としたベントナイト安定液とポリマー安定液があり、これらの主成分の他に分散剤等の添加剤が配合されている。また、最近では高耐塩性の分散剤を使用したベントナイト系高性能安定液も使用されている。

2.3 で、安定液の性状変化に影響する要因が、主に比重であることを明らかにした。この比重はベントナイト濃度および微細粒子濃度に支配されており、この微細粒子を保持しているのがベントナイトの懸濁性である。したがって、このベントナイトをゲル化させないことが、前述の3種類の安定液の管理の基本といえる。ベントナイトのゲル化を防止するためには CMC と分散剤の有効

種 類	配 合 例 (重量部)			備 考
	ベントナイト	CMC	分散剤	
ベントナイト安定液	6.0	0.1	0.1	分散剤： ヘキサメタリン酸ソーダ
ポリマー安定液	2.0	0.4	0.1	
高性能安定液	6.0	0.1	0.1～0.6	分散剤： ポリカルボン酸アルミ複塩

表一2 安定液の種類と配合例



図一3 比重と粘性、砂分の関係

濃度を捉え、これらの使用の限界濃度を設定し、これ以下の条件でベントナイトの挙動と有害イオンの影響を明らかにする必要がある。

3.2 安定液の性状変化の予測

3.2.1 比重およびスライム沈降速度定数 ($-b$)

図一3に、ASCAS で計測した比重の値と粘性、砂分の関係を示した。比重は粘性、砂分と正の相関があり、比重が大きくなると粘性、砂分も大きくなる傾向を示す。また、粘性は絶対誤差 2.5 秒以内、砂分は $\pm 1\%$ 程度の精度で推定が可能である。これらのことから、比重によって粘性および砂分の管理を行なうことができる。

微細粒子の評価として最も重要なのは、懸濁特性であり、この評価にはストークスの沈降速度式が用いられる⁶⁾。粒子径が大きくなれば、砂分やスライムの沈降速度が速くなる。また、ベントナイトがゲル化を生じた場合には粒子が凝集し、粒子径が大きくなる。したがって、微細粒子の沈降速度の計測は懸濁特性の評価だけではなく、ベントナイトのゲル化の判定にも有効な手段となる。

図一4に、3種類の安定液について $-b$ の値と比重の関係を示した。2本の直線回帰式の範囲が正常な機能をもった安定液であり、この範囲を逸脱している場合は、①ベントナイトがゲル化の状態にある、②砂分量が大きい、③粘性が大きい等の理由によるものである。

$-b$ の値と比重を組み合わせた評価方法は、コンクリートへのスライムの巻き込みや鉄筋へのゲル化物の付着防止に有効である。

3.2.2 CMC 濃度

図一5に、CMC 濃度と転用率 (安定液量/掘削土量) の関係を示した。ベントナイト安定液中の CMC 濃度は転用率 1.0 で初期濃度の $1/5$ 程度に減少する。また、比重の増加とともに CMC 濃度が減少し、比重が一定値

を示す (転用率 0.2 の時点) と CMC 濃度も一定値となる。これは、土砂分離時に CMC が土砂とともに除去され、その後残った微細粒子に CMC が吸着して、粘土ポリマー複合体を形成するためと考えられる⁷⁾。したがって、比重は溝壁の安定が保たれる限り、小さくする (一般地盤で 1.06) ことが CMC を効率よく使用することになる。ポリマー安定液中の CMC 濃度は、初期濃度の 0.4% に対して転用率 1.0 において 0.1% と顕著な濃度低下を示す。この濃度は、ベントナイト安定液の初期濃度に相当する。なお、高性能安定液中の CMC は転用率 1.0 までにおいて濃度変

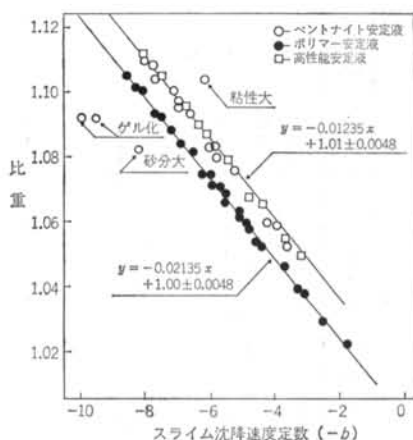


図-4 $-b$ と比重の関係

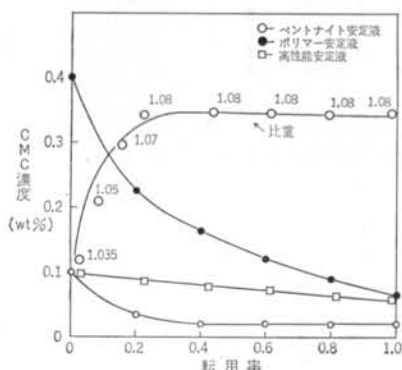


図-5 CMC 濃度と転用率の関係

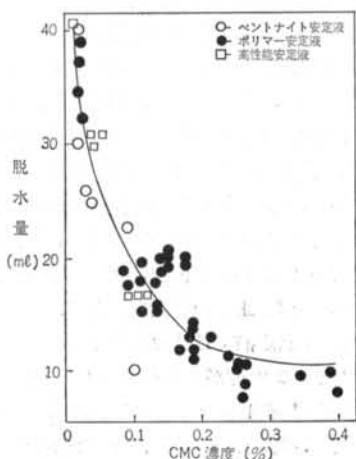


図-6 CMC 濃度と脱水量の関係

化が極めて小さい。

図-6に、CMC 濃度と脱水量の関係を示した。3種類の安定液とも CMC 濃度と脱水量とは相関が高く、濃度が高いほど脱水量が小さい傾向にある。この傾向のう

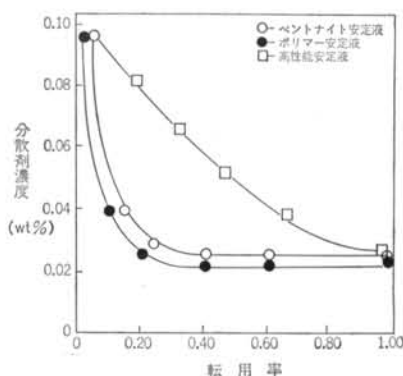


図-7 分散剤濃度と転用率の関係

ちに注目すべき点は、CMC 濃度が0.4%から0.2%へ変化しても脱水量に変化が認められないが、これ以下の濃度となった場合には指数曲線的に脱水量が増大することである。

CMC 濃度を計測することによって、その後の掘削に伴う CMC 濃度の消費を予測することができる。また、この予測した CMC 濃度から脱水量を推定することができる。なお、図-6から脱水量の管理値を30 mlとした場合に CMC 濃度は0.02%以上あればよいことが読み取れる。

3.2.3 分散剤濃度

図-7に分散剤濃度と転用率の関係を示した。分散剤濃度は掘削の初期に顕著な減少傾向を示し、転用率0.2~1.0付近で0.02%の一定濃度となり、CMCの濃度推移と類似している。しかし、ポリマー安定液では CMC 濃度が転用率1.0において0.1%確保されているため、ベントナイト安定液よりも耐塩性がよい傾向にある。また、高性能安定液は分散剤がベントナイトに吸着されているため消費速度が小さく、また CMC よりも分散剤が選択的に消費され、耐塩性の効果と持続性の高さを示している。

分散剤の性能は、ベントナイトや微細粒子を分散一解こうし、安定液の懸濁性を付与したり、有害イオンを捕捉し、ベントナイトのゲル化を防止する作用を持っている。このための分散剤濃度は、現場施工管理データから判断すると0.02%以上である。

3.3 安定液の懸濁性の評価

安定液を効率よく経済的に使用するためには、安定液の使用限界濃度を求め、この濃度付近での安定液管理が必要となる。ここでは、安定液の主要材料であるベントナイトの濃度と、ベントナイトの劣化因子である有害イオン濃度について述べる。

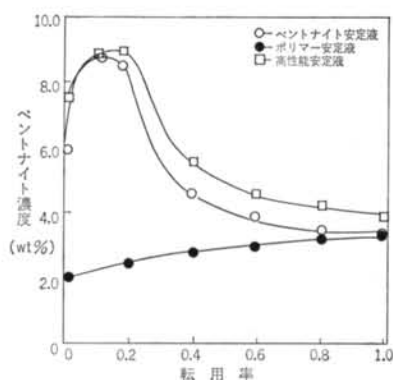


図-8 ベントナイト濃度と転用率の関係

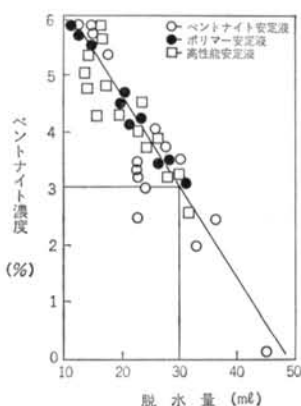


図-9 ベントナイト濃度と脱水量の関係

3.3.1 ベントナイト濃度

図-8にベントナイト濃度と転用率の関係を示した。ベントナイト安定液および高性能安定液中のベントナイト濃度は、掘削の初期段階で初期配合(6%)より大きくなる。これは、掘削によって生じた微細粒子(カオリナイト、モンモリロナイト)が分散・解こうされ、ベントナイトと性質の類似する成分濃度が高くなるためである。この条件では、掘削に伴って比重が増大するため配合修正を行ない、最終的にはベントナイト濃度を3~4%前後に維持する。

ポリマー安定液のベントナイト濃度は、転用率1.0で4%前後となる。この理由はベントナイト安定液の場合と同様である。また、前述のCMC濃度が0.1%であったことを考えると、ベントナイト安定液の初期配合の条件および性質に近いものといえる。

ベントナイト濃度が3~4%のときの比重は1.10~1.12である。ベントナイトは微細粒子を安定液中に保持する機能があり、濃度が高くなると保持量が増加し、比重が大きくなる。したがって、脱水量の管理値を満足する範囲内でベントナイト濃度を低くすることが、CMC

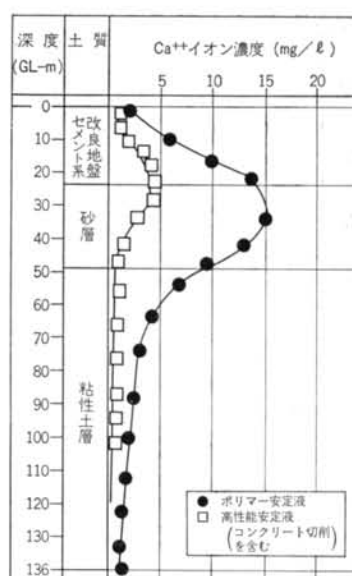


図-10 掘削深度と Ca^{2+} イオン濃度分布の関係

や分散剤の消費を少なくすることになる。また、このためには土砂分離性能を向上する必要がある。

図-9に、ベントナイト濃度と脱水量の関係を示した。ベントナイト濃度が高いほど、脱水量が小さい傾向にある。脱水量の管理値を30mlとした場合に、ベントナイト濃度は3%以上あればよいことが読み取れる。

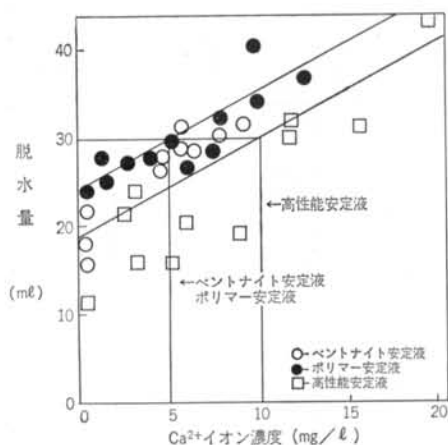
3.3.2 セメント・海水濃度

(1)カルシウム (Ca^{2+}) イオン濃度

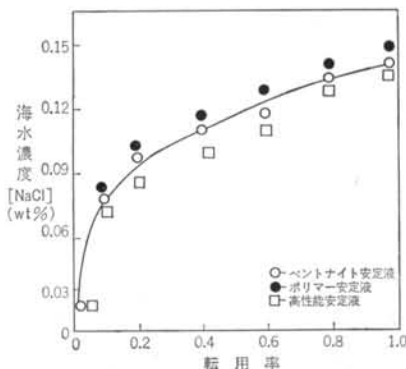
図-10に、掘削深度と安定液中の Ca^{2+} イオン濃度との関係を示した。セメント改良地盤(GL-24m)でポリマー安定液を使用した場合、 Ca^{2+} イオン濃度が最大15mg/lに達する。このときの比重(1.03)と-b値(5.5)を基に前述の図-4から判断するとゲル化状態にあり、回分沈降して上澄水とスライムとに分離する。しかし、CMC濃度が0.2%以上あると脱水量の管理値には影響しない。また、改良地盤以降の掘削では、新液の供給により Ca^{2+} イオン濃度の低下と安定液の再生が行なわれるため、-bの値も正常の範囲内となる。

一方、高性能安定液では分散剤のイオン捕捉作用によって、 Ca^{2+} イオン濃度が5mg/lまでしか増加しない。また、この Ca^{2+} イオンの捕捉のために分散剤の初期濃度0.6%から0.42%まで減少し、セメントの混入による影響の大きさが確認できる。なお、配合修正の方法としては、消費されたCMCか分散剤を補給し、ベントナイトのゲル化を防止する。

図-11に、 Ca^{2+} イオン濃度と脱水量の関係を示した。脱水量の管理値を30mlとした場合に許容される Ca^{2+}



図—11 Ca^{2+} イオン濃度と脱水量の関係



図—12 海水濃度と転用率の関係

イオン濃度は、ベントナイト安定液およびポリマー安定液では 5 mg/l 以下に、高性能安定液では 10 mg/l 以下に設定することができる。

(2) 海水 (NaCl) 濃度

図—12に、海水濃度と転用率の関係を示した。海水中の主要成分である NaCl は、転用率 1.0 の時点でその濃度が 0.15% に達する。海水中の NaCl の含有量を 2.5% として温床濃度に換算すると約 5 wt% となり、筆者らの検討結果では安定液に影響せず、劣化因子とならないといえる。また、三浦らは安定液に影響する海水の成分は NaCl でなく、 Ca^{2+} イオンや Mg^{2+} イオン等の多価カチオンであると報告している⁸⁾。これらのことから、海水の影響は Ca^{2+} イオン濃度で管理すればよいといえる。

§ 4. 安定液管理方法の提案

ASCAS を用いた安定液の化学的管理方法によって、掘削に伴う安定液の性状変化を明らかにした。これらを

基に、安定液の新しい管理方法の提案を試みた。

4.1 提案の骨子

本管理方法の提案の骨子を以下に示す。

(1) 安定液の機能は、安定液の種類が異なってもベントナイトの懸濁性によって左右される。そのため、ベントナイトの懸濁性を阻害する要因を主体に、安定液材料の選定と管理を行なう。

(2) 安定液材料の選定は、ベントナイトの懸濁性を阻害する要因の管理値を基に、安定液の使用条件を考慮して選定する。

(3) 安定液の種類と使用条件に応じた管理項目を設定し、安定液の品質管理を行なうとともに、性状変化の予測と管理の処理を行なう。

4.2 化学的な管理方法の提案

表—3に、提案の骨子に沿ってまとめた安定液の選定方法を、また図—13に安定液の管理フローを示した。

① 安定液の種類を選定する。

地盤条件や、CMC および分散剤の消費速度と Ca^{2+} イオン濃度の予測から、安定液の種類とその配合を決定する。

② 安定液管理を行なう。

(a) 安定液の主要成分であるベントナイトの懸濁性は、ベントナイト濃度と Ca^{2+} イオン濃度で管理を行なう。

(b) 安定液の性状変化（主として、ベントナイトのゲル化）は分散剤濃度、CMC 濃度、比重、 $-b$ で予測管理を行なう。

(c) 3 種類の安定液のうち、ベントナイト安定液は比重、 $-b$ 、 Ca^{2+} イオン濃度の 3 項目について管理すれば、ベントナイトの懸濁性の評価と性状変化の予測管理を行なうことができる。

なお、安定液の使用条件が過酷で、かつ転用率が 1.0 以上となる場合は、ASCAS の全計測項目について管理を行なう必要がある。

§ 5. おわりに

安定液自動管理装置 (ASCAS) を開発・実用化することによって、従来の安定液管理方法をより科学的に行なうことが可能となった。また、各種の安定液に対しての管理の基本はベントナイトの懸濁性をいかに制御するかであり、そのための添加剤の選択や、外的因子の影響度合の評価をどのようにすればよいかを明らかにした。

安定液の種類	対象地盤	添加剤消費量(転用率1.0)			管理項目・管理値					
		①分散剤 (wt%)	②CMC (wt%)	①+②消費量 (wt%)	添加剤の下限濃度		比重	スライム沈降速度 定数(-b)	ベントナイト濃度	Ca ²⁺ イオン濃度
					分散剤	CMC				
高性能安定液	・セメント系改良地盤 ・コンクリート切削 ・海水 > 5 wt%	0.18 (ヘキサ系の場合 0.72)	0.02	0.20 (0.74)	掘削初期	>0.2	1.06	3.7~4.4	3~6	<10
					掘削後期	>0.02				
ポリマー安定液	・セメント系改良地盤 ・海水 > 5 wt%	0.08	0.30	0.38	掘削初期	>0.1	1.06	4.6~5.2	3~4	<5
					掘削後期	>0.02				
ベントナイト安定液	・一般地盤 ・海水 < 5 wt%	0.08	0.08	0.16	掘削初期	>0.1	1.06	3.7~4.4	3~6	<5
					掘削後期	>0.02				

注1) 比重は、溝壁の安定と材料費が少ないことから1.06を最適値とした
 2) 消費量は、各添加剤の同条件における消費量から概算した
 3) 消費量は、Ca²⁺イオンを捕捉するために消費される添加剤の量を示す
 4) ()内数値は、異なる分散剤の効果の違いを補正した値を示す

表-3 安定液の選定方法

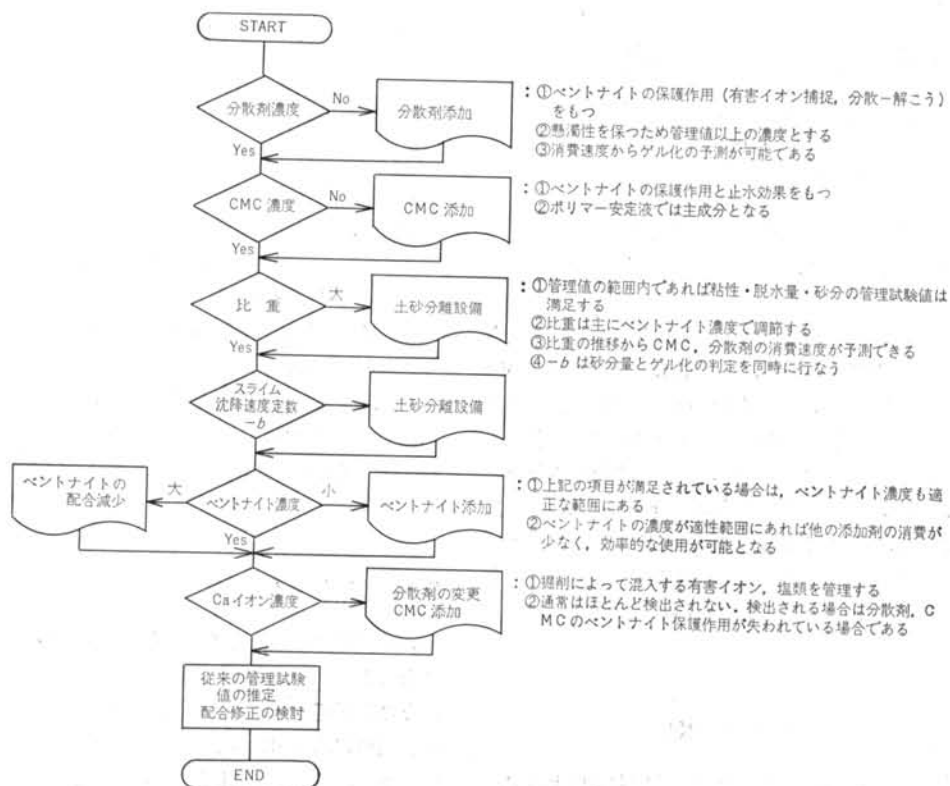


図-13 安定液の管理フロー

今後は、さらにデータの蓄積を行ない、本管理方法の充実を図るとともに、安定液プラントの自動化・省力化に対応していく必要がある。

謝辞 本研究の遂行に際しては、当社技術研究所の大塚

義之主席研究員および飯塚芳雄主任研究員にご指導いただいた。また、実験および解析に際しては、田中勲君、芹沢貞美君、藤田智治君、塩島充博君に協力していただいた。末筆ながら、感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 飯塚, 他: “地中連続壁工事への新添加剤の適用結果” 第23回土質工学研究発表会発表講演集(昭和63年) pp. 1697~1700
- 2) 芹沢, 他: “CMC 系泥水の対塩性能と分散剤の効果について” 第24回土質工学研究発表会発表講演集(平成元年) pp. 1545~1546
- 3) 鈴木, 他: “地中連続壁工法に用いる泥水管理用計測システムについて(その1)” 日本建築学会大会学術講演梗概集(昭和58年) pp. 341~342
- 4) 沖野: “ボーリング用泥水” 技報堂(昭和56年) pp. 110~112
- 5) 武, 他: “泥水の構成成分と物理的性質について” 第20回土質工学研究発表会発表講演集(昭和60年) pp. 1277~1278
- 6) 金子, 他: “ベントナイト安定液の研究(その6)” 大成建設技術研究所報 第16号(昭和58年) pp. 241~249
- 7) 喜田, 他: “泥水工法における泥水管理に関する研究(第20報)” 大林組技術研究所報 No. 11(昭和50年) pp. 140~146
- 8) 三浦, 他: “ベントナイト泥水の耐海水性について” 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要(昭和58年) pp. III-40-1~III-30-2

