

# 泥水工法における泥水管理に関する研究

## (第2報) 泥水有効性の迅速判定法

喜田大三

### 概 要

第1報において、泥水工法の施工現場における使用時のベントナイト泥水の有効性を科学的に判定する簡易法が開発された。この簡易判定法では、泥水の懸濁状態の型、微細粒子濃度および塩類濃度を試験する。そして有効性判定用管理図を用いて、泥水の有効性すなわち使用可否ならびにその良否の程度を科学的に判定することができる。しかしこの簡易判定法では泥水の有効性を判定するのに、約90分の時間を必要とした。

そこで、この簡易判定法を一部省略して、泥水の有効性をより迅速に判定する方法を開発した。この迅速判定法は、簡易判定法のように有効性判定用管理図を用いることなく、泥水の使用可否のみを約30分以内に判定することができる。なお、泥水の使用可否を判定するだけでなく、その良否の程度を定量するためには簡易判定法を使用するか、または本法と簡易判定法とを併用することが望ましい。

### 1. まえがき

建設分野における泥水工法では、地盤掘削を安全に正確に、そして経済的に行なうため、ベントナイト泥水を作製する際、また使用する際、そして廃棄する際の各段階に応じて、泥水を科学的に管理しなければならない。

第1報<sup>1,2)</sup>において解説したように、泥水工法では泥水の特徴的な機能によって地盤を崩壊させることなく掘削することができる(第1報、表-1参照)。ところで、その機能を発揮するために必要な泥水の諸性質は、とくに使用時に掘削土およびセメントから由来する塩類によって、激しく変化し劣化していく。したがって現場では使用中の泥水の有効性を判定することが重要視されてきた。しかしOWS工法の施工現場のベントナイト泥水を調査した結果、採鉱とくに採油のボーリングの泥水使用時における泥水管理に準じた従来の有効性判定法が妥当でないことが判明した。

そこで第1報では、適切な試験項目として泥水の懸濁状態、微細粒子濃度、塩類濃度を提案し、使用時の泥水有効性の簡易判定法を開発した。本法では、これら試験項目を化学的手法を導入して簡易に測定できるようにした。さらに、これらの試験項目を組合せて有効性判定用管理図を作成し、各項目の測定結果を管理図上にプロットし、泥水の有効性すなわち使用可否ならびにその良否の程度を量的に判定できるようにした。そして当社のOWS工法の施工現場に適用し成果をあげてきた。

しかし、この簡易判定法では泥水の有効性を判定するのに約90分の時間を費し、現場ではさらに迅速な判定法の確立が要望されていた。そこで、所要時間の短縮に重点をおいてこの欠点を改良するために、簡易判定法において提案し採用している3つの試験項目—懸濁状態、微細粒子濃度、塩類濃度—を基礎として、そ

の試験法の一部を省略して、その判定時間が約30分以内の迅速判定法を開発することができた。ここに第2報として発表する。

### 2. 迅速判定法の基礎と特長

第1報<sup>1,2)</sup>の簡易判定法において説明したように、ベントナイト泥水が地盤掘削に効果的に作用するためには、泥水中に適正濃度の微細粒子(主としてベントナイトの活性成分である2:1型膨張性結晶質粘土鉱物モンモリロナイト)を含有し、しかもこの微細粒子が分散状に懸濁していなければならない。

しかし、使用中に掘削土、とくにセメントから由来する塩類によって、微細粒子は凝集し、泥水の性質は劣化していく。そこで、泥水の懸濁状態の型を適当な塩類試薬を用いて検定し、分散型であれば使用可、凝集型であれば使用不可と判定する。

また、掘削中に泥水中の活性な微細粒子は泥壁(掘削壁面における泥膜および浸透沈積層)形成などによって消費され、その濃度は低下する。泥水がその機能を発揮するためには、この微細粒子濃度に当然最低限界がある。この最低限界濃度は掘削地盤の性状、掘削の機械と方法、泥水の循環方式、掘削孔の形状や深さ、ベントナイトの品質などを考慮してあらかじめ決めておく。そして適当な指示薬を用いて、この有効な微細粒子濃度が最低限界濃度以上かどうかを試験し、限界濃度以上であれば使用可、その濃度以下であれば使用不可と判定する。

以上の説明から明らかなように、この迅速判定法は次の2つの試験からなり、泥水の使用可否の判定は、これら2つの判定結果を総合して行なうようにしている。

試験1 懸濁状態の型の分類と判定

試験2 微細粒子濃度の測定と判定

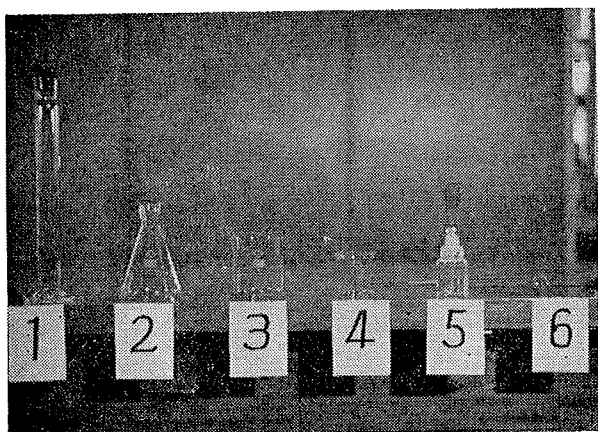
この迅速判定法は第1報の簡易判定法の3つの試

験項目一懸濁状態、微細粒子濃度、塩類濃度一を基礎として開発されたものであるが、迅速判定を目標としているため、簡易判定法の試験法の一部を省略している。そのため、簡易判定法では有効性判定用管理図を用いて泥水の使用可否ならびにその良否の程度を判定することができ

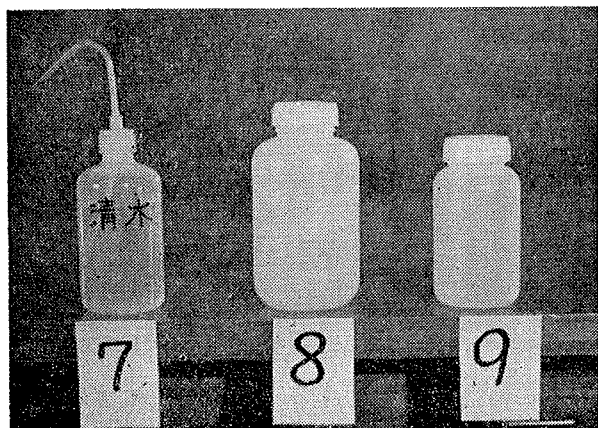
るのに反して、迅速判定法では泥水の使用可否のみを判定できるにすぎない。したがって、施工上泥水の良否の程度を量的に知る必要がある場合には、簡易判定法を採用するかまたは本法と併用しなければならない。

### 3. 迅速判定法

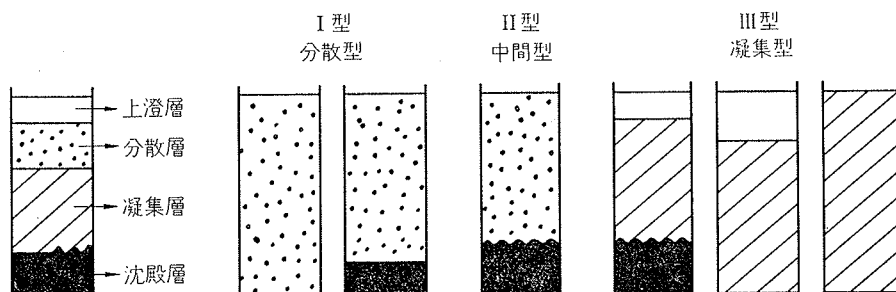
この判定法は、建設分野の泥水工法において、使用中のベントナイト泥水の有効性すなわち使用可否を迅速に（約30分以内）に判定する新しい方法である。本法では下記の2つの試験を行ない、それで泥水の使用可否を判定する。しかるのち両方の判定結果を総合し



写真一 用具の名称 1. 100ml 容有栓メスシリンダー  
2. 200ml 容三角フラスコ  
3. 200ml 容ビーカー  
4. 50ml 容ビーカー  
5. 滴ビン 6. 駒込ピペット



写真二 用具の名称 7. 500ml 容ポリ製洗浄ビン  
8. 1l 容ポリ製広口ビン  
9. 500ml 容ポリ製広口ビン



図一 懸濁状態の型の分類

て泥水の使用可否を診断し、適切に泥水を管理する。

試験1 懸濁状態の型の分類と判定

試験2 微細粒子濃度の測定と判定

なお、これらの試験に使用する用具の名称を写真一1～2に一括して示した。

#### 3. 1. 試験1 懸濁状態の型の分類と判定

(1) 試験用具および試薬 (写真一3)

有栓メスシリンダー (100ml)、ビーカー (200ml)、ポリ製広口ビン (500ml または 1l)、ポリ製洗浄ビン (500ml)、注射器 (無色の 2ml、青色の 5ml) など。

技研特製の試薬 No. 1, No. 2。

(2) 測定法

2.1. 泥水試料を泥水面から適当な容器 (たとえば 500ml または 1l 容ポリ製広口ビン) に約 500ml 採取する (注1)。

2.2. 容器中の試料をよくかく拌して、50ml づつ 3本の有栓メスシリンダーにとる (写真一4)。そして液量を清水で 100ml にする (注2) (写真一5)。

2.3. これら 3本の有栓メスシリンダー中の泥水に次のように試薬を添加する (写真一6)。

無添加

試薬 No. 1 添加 2ml 容注射器で 2ml 添加

試薬 No. 2 添加 5ml 容注射器で 5ml 添加

ただし、注射器には針をつけない。

2.4. これらメスシリンダーを手で50回激しく反転振トウし、静置する (写真一7)。

試薬無添加区	試薬No. 1添加区	試薬No. 2添加区	判定
I	I	I	使用可
I	I	II	使用可
I	II	II	使用可
I	I	III	使用可
I	II	III	使用不可
I	III	III	使用不可
II	II	III	使用不可
II	III	III	使用不可
III	III	III	使用不可

表一1

2.5. 静置後、約30分以内において、図一1および写真一8に基づいて、懸濁状態の型を分類する。その際メスシリンダー中の沈殿層の表面の凹凸および上澄液の生成有無に、とくに注目する（注3）。

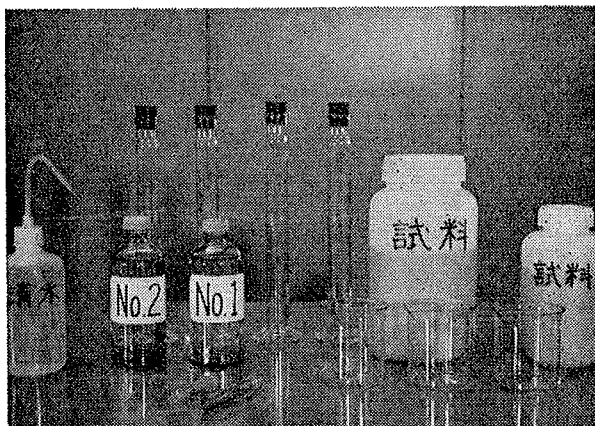
注1) 掘削孔内の試料は掘削機の駆動時に、またストレージタンクの試料は十分かく拌したのちに採取されなければならない。

注2) 清水は水道水あるいは泥水作製に使用する水でもよい。

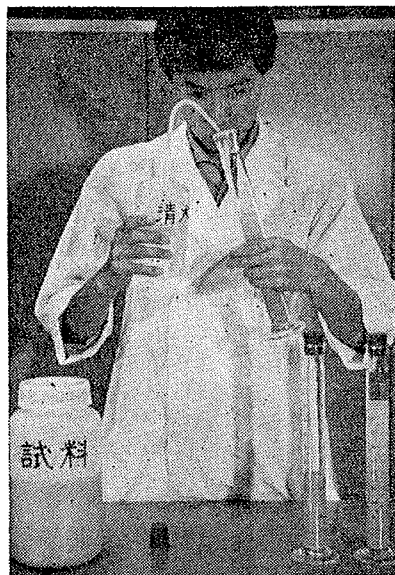
注3) 懸濁状態Ⅲ型を示す泥水は、振トウしたのち静置すると、メスシリンダー壁面に泥水の付着が認められ、短時間で型を判別できる場合が多い。

### (3) 判定法

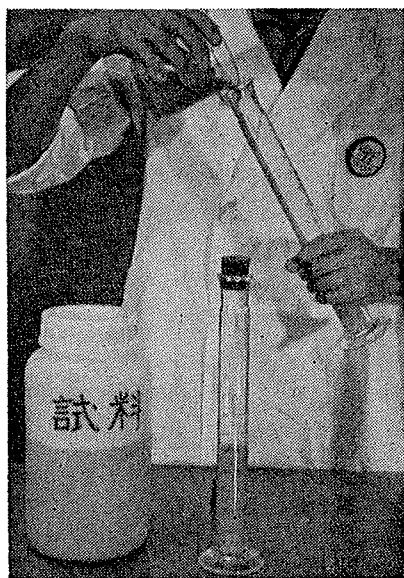
この試験では、表一1に示すような懸濁状態の型の組合せが観察される。そして、これら型の組合せに基づいて泥水の使用可否を判定する。



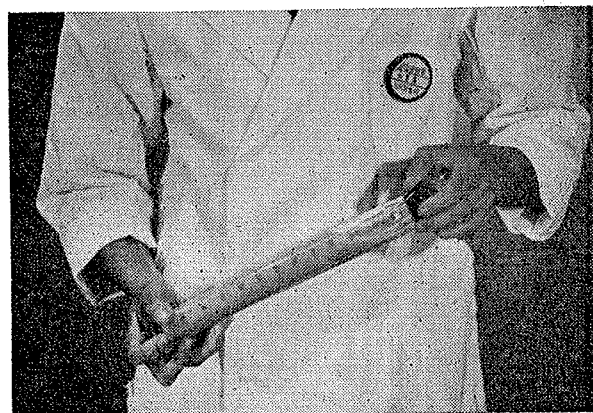
写真一3 試験1の用具と試薬



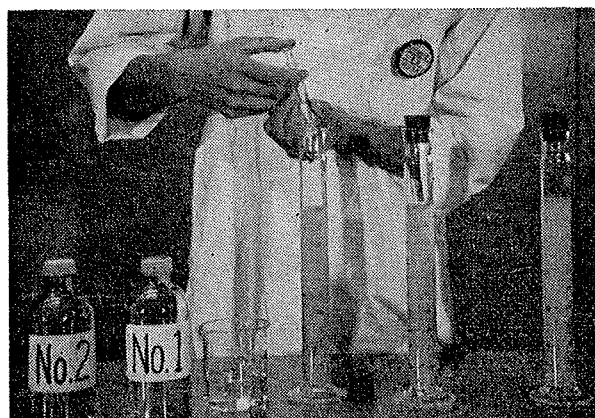
写真一5 水を所定量注ぐ（試験1, 2.2）



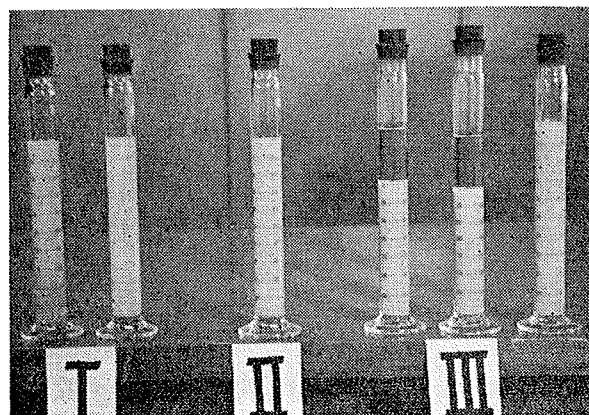
写真一4 試料を有栓メスシリンダーにとる（試験1, 2.3）



写真一7 激しく反転振トウする（試験1, 2.4）



写真一6 試薬 No. 1, No. 2 を注射器で入れる（試験1, 2.3）



写真一8 懸濁状態の各型（試験1, 2.5）

### 3. 2. 試験2 微細粒子濃度の測定と判定

#### (1) 試験用具および試薬 (写真-9)

三角フラスコ (200 ml), 駒込ピペット (10 ml), ビーカー (50ml), 注射器 (無色の 5 ml, 青色の 5 ml), ロ紙 (15×30cm<sup>2</sup>), ガラス棒 (技研特製), 加熱装置 (ガスコンロ, 電熱器) など。

技研特製の試薬 No. 3, No. 4, No. 5。

#### (2) 測定法

2.1. 泥水試料を 50ml 容ビーカーに移し, よくかく拌して注射針のない 5 ml 容注射器 (青色) で, 泥水 5 ml を採取し, 200 ml 容三角フラスコに入れる (注 1) (写真-10)。

2.2. 試薬 No. 3 を駒込ピペットで約 10 ml 入れる (写真-11)。

2.3. 試薬 No. 4 を滴ビン付属のスポイドで10滴入れる (写真-12)。

2.4. 加熱装置によって約 1 分間沸トウさせたのち加熱を止めて約 2 分間以上放置する (写真-13)。

2.5. しかるのち, 清水で全量を約 60 ml とする (注 2) (写真-14)。

2.6. 試薬 No. 5 を注射針のない 5 ml 容注射器 (無色) で 5 ml 添加し, 30秒以上よくふる (写真-15)。

2.7. ガラス棒でフラスコ内から泥水を 1 滴とりだ

し, ロ紙上にたらし。そして空色に着色した微細粒子のまわりに広がっていく水の色を観察する (写真-16)。

注 1) 泥水がフラスコの内壁面にくっつかないように注意して入れる。

注 2) 沸トウ時に三角フラスコ壁面に付いた泥水を清水で洗いおとす。

#### (3) 判定法

空色に着色した微細粒子のまわりに広がっていく水の色が無色の場合, すなわち微細粒子濃度が最低限界濃度以上の場合には, その泥水は使用可能である。しかし空色に着色した場合, すなわち微細粒子濃度が最低限界濃度以下の場合には, その泥水は使用不可と判定する。

### 3. 3. 総合判定

試験 1 と試験 2 との判定結果のいずれか, または両方が使用不可と判定された場合には, その泥水は使用不可と判定し, 廃棄する。ただし事情によって廃棄できない場合には適切な処置をしなければならない。その処置は技研より別に指示する。

### 4. 泥水の有効性の判定例

某現場において, 使用時のベントナイト泥水すなわち良液槽の泥水および掘削開始直前・コンクリート打設途中・コンクリート打設終了の各時期のトレンチ中の泥水の有効性を第 1 報の簡易判定法 (以下簡易法と略する) と本報の迅速判定法 (以下迅速法と略する) とを用いて判定した。

図-2 に簡易法の各試験項目の測定結果を管理図上にプロットし, 泥水の有効性すなわち使用可否ならびにその良否の程度を判定した。また表-2 には, これと同一試料について迅速法を適用して判定した結果を示し, 両法を比較した。なお迅速法の試験 2 における最低限界濃度は 2.5% と定めた。



写真-9 試験2の用具と試薬

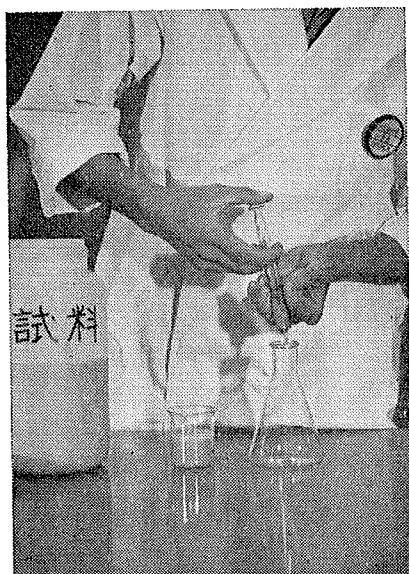


写真-10 試料を注射器でとる (試験2, 2.1)

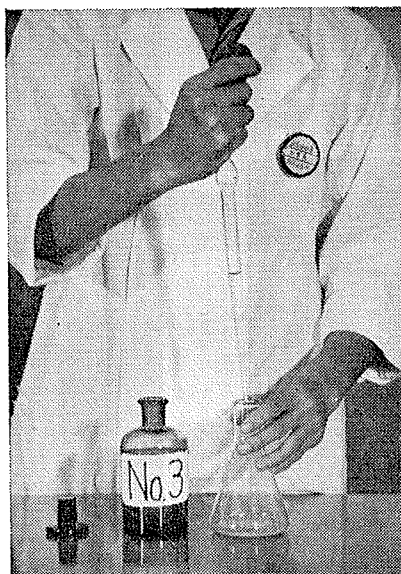


写真-11 試薬 No. 3 を駒込ピペットで入れる (試験2, 2.2)

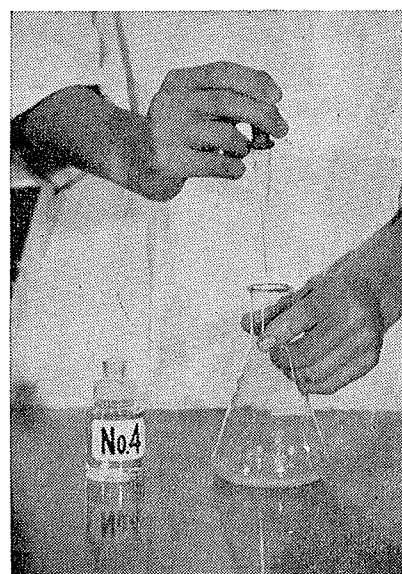
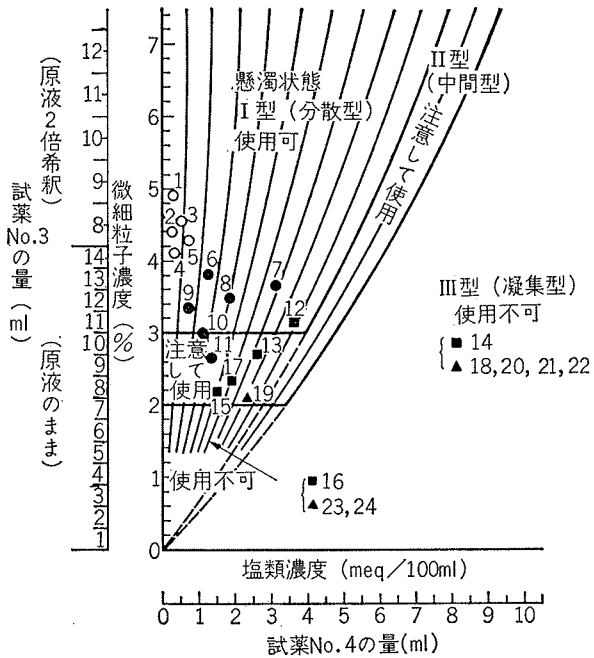


写真-12 試薬 No. 4 をスポイドで滴下する (試験2, 2.3)



さて、図一2の判定図において、微細粒子濃度が高く、塩類濃度が薄くて分散状に懸濁している泥水ほど好ましい。いかえれば、使用中に微細粒子濃度は低くなり、また塩類濃度は濃くなって泥水は劣化して



○ 良液槽, ミキサー ● 掘削開始直前  
 ■ コンクリート打設途中 ▲ コンクリート打設終了  
 図一2 簡易判定法による泥水の有効性判定図

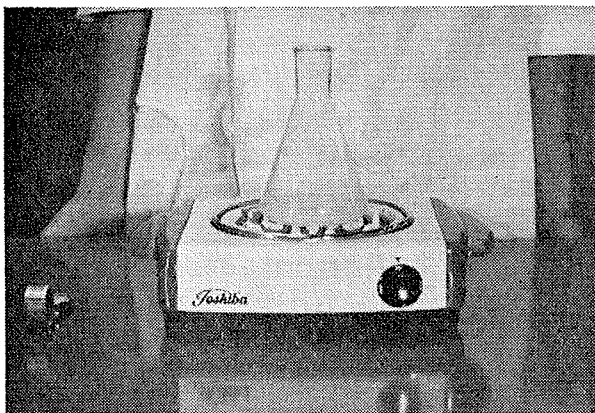
いく。そして、簡易法では泥水の使用可否だけでなく使用可および注意して使用の泥水の劣化の程度を有効性判定用管理図上で容易に診断することができる。

他方、迅速法では、泥水の使用可否のみを判定する。そして、表一2に示すように、簡易法で使用不可と判定された泥水は迅速法でいづれも不可と判定された。また、簡易法で注意して使用と判定された泥水の大部分は迅速法で使用不可と判定された。他方、簡易法で使用可と判定された泥水および注意して使用と判定された泥水の一部は迅速法で使用可と判定された。このように、簡易法で使用可および使用不可と判定される泥水は迅速法でも同様の結果に判定される。だが迅速法には簡易法の「注意して使用」の判定を設けていないため、安全性を考慮して、これに属する泥水は迅速法でなるべく使用不可と判定されるようにしている。かくして、迅速法では短時間に泥水の使用可否を判定することができる。

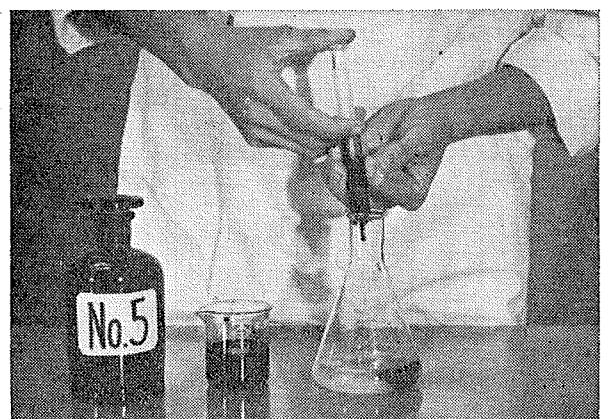
しかし、迅速法で使用可と判定されても、図一2に示す簡易法の測定結果のように、その劣化の程度を定量することができない。したがって、泥水の良否の程度を量的に判定するためには、簡易法を採用するか、または本法と併用することが望ましい。

## 5. まとめ

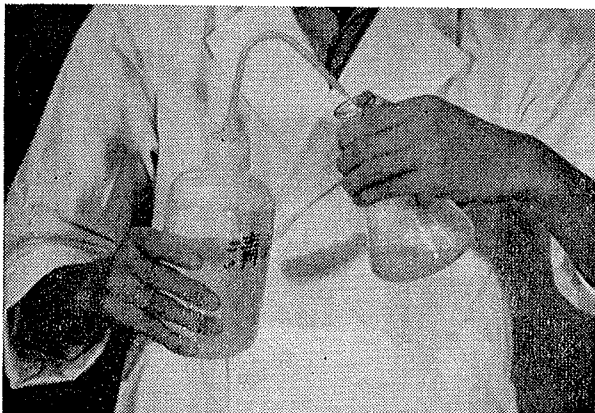
泥水工法の施工現場においては、使用時の泥水の有



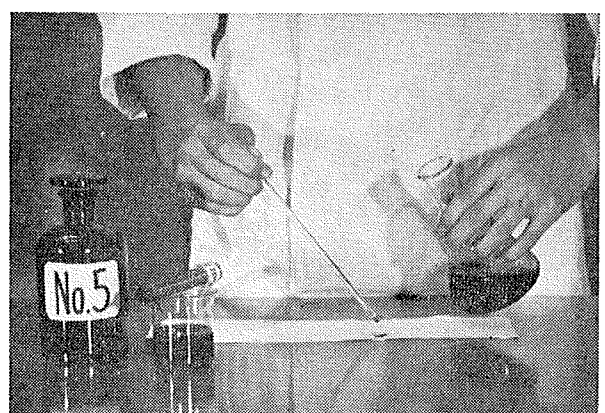
写真一13 煮沸する (試験2, 2.4)



写真一15 試薬 No. 5 を注射器で入れる (試験2, 2.6)



写真一14 水を加える (試験2, 2.5)



写真一16 口紙上に一滴とり、水の色を観察する (試験2, 2.7)

採取場所	試料番号	迅速判定法						簡易判定法判定
		試験1				試験2判定	総合判定	
		試薬無添加区	試薬No.1添加区	試薬No.2添加区	判定			
良液槽・ミキサ	1	I	I	I	○	○	○	○
	2	I	I	I	○	○	○	○
	3	I	I	I	○	○	○	○
	4	I	I	I	○	○	○	○
	5	I	I	I	○	○	○	○
掘削開始直前のトレンチ	6	I	I	I	○	○	○	○
	7	I	I	III	○	○	○	○
	8	I	I	II	○	○	○	○
	9	I	I	I	○	○	○	○
	10	I	I	II	○	○	○	○
	11	I	I	II	○	○	○	△
コンクリート打設途中のトレンチ	12	I	II	III	×	○	×	○
	13	I	II	III	×	○	×	△
	14	III	III	III	×	×	×	×
	15	I	I	III	○	×	×	△
	16	I	II	III	×	×	×	×
	17	I	II	III	×	×	×	△
コンクリート打設終了時のトレンチ	18	III	III	III	×	×	×	×
	19	I	II	III	×	×	×	△
	20	III	III	III	×	×	×	×
	21	III	III	III	×	×	×	×
	22	III	III	III	×	○	×	×
	23	II	III	III	×	×	×	×
	24	II	III	III	×	×	×	×

表一 簡易判定法と迅速判定法との判定結果  
 (注) I, II, III: 図一1の懸濁状態の型を示す。  
 ○: 使用可, △: 注意して使用, ×: 使用不可

効性すなわち使用可否ならびにその良否の程度を常に管理する必要がある。とくに泥水の使用可否を早急に知り、その都度適切な処置をほどこし、工事を安全に正確に、そして経済的に行なわなければならない。

そこで、さきに開発した簡易判定法を基礎として、その試験法の一部を省略し、泥水の有効性をより迅速に判定する方法を開発した。この迅速判定法は、簡易判定法のように有効性判定用管理図を用いることなく泥水の使用可否のみを約30分以内に判定することができる。

すでに、この迅速判定法を当社のOWS工法の施工現場に適用し、成果をあげている。

謝 辞

本研究の実験は扇孝三朗職員によって行なわれた。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 喜田大三: 泥水工法における泥水管理に関する研究(第1報)第1回土質工学研究発表会講演集, 昭和41年11月
- 2) 喜田大三: 泥水工法における泥水管理に関する研究(第1報)本所報73頁~80頁