

# OWS・SOLETANCHE 工法の泥水の造壁性の現場調査と管理

——泥水工法における泥水管理に関する研究（第7報）——

喜田大三  
中田礼嘉

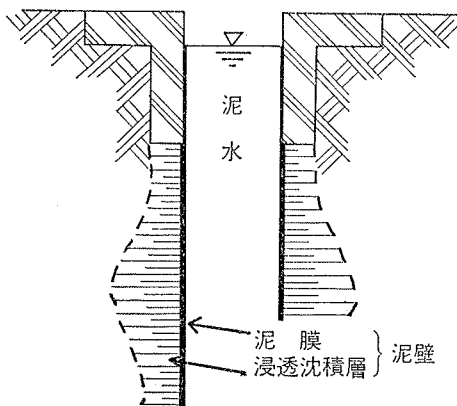
## 概 要

OWS・SOLETANCHE 工法における地盤掘さく時に、泥水によって掘さく壁面に泥壁が形成される。かかる泥水の泥壁形成性すなわち造壁性は掘さく壁面の崩壊防止のために重要な性質である。

そこで、数現場の泥壁（泥膜と浸透沈積層）を調査した結果、粘性土および砂質土のいずれの地盤でも掘さく壁面に厚さ1~20mm、含水比60~90%、ベントナイト含有量20~30%の泥膜が形成され、砂地盤では泥水は数10cm~数mにも浸透することが判明した。さらに、泥水の造壁性は泥水の諸性質（懸濁分散度、微細粒子濃度、粘度、比重、砂分濃度、pH）のうち、主に懸濁分散度と微細粒子濃度に影響され、この2項目を試験する大林式泥水試験法の妥当性を裏付けることができた。

## 1. まえがき

泥水工法では、ベントナイト、CMC、分散剤などで作製した泥水を用いて地盤を崩壊させることなく掘さくできる。その際、泥水によって掘さく壁面に泥壁が形成される。かかる泥水の泥壁形成性すなわち造壁性は掘さく壁面の崩壊防止に関与するもっとも重要な性質の1つである。たとえば、掘さく壁面の安定問題を論じた多くの研究を総合する<sup>8)</sup>と、基本的には泥水圧と土圧（静水圧も含む）との釣合いを考えているが、その前提として泥水と土との境界面に不透水性の泥壁が形成されることを挙げている。



図一1 掘さく孔内の泥壁

さて泥壁は、図一1に示すように、泥膜と浸透沈積層の2つの部分から構成されている。

泥膜は掘さく壁面にベントナイトおよび掘さく土中の微細粒子がろ過作用による沈積あるいは化学作用による付着などで形成される。泥膜は水密性であり、そのため泥水圧が掘さく面に作用を及ぼすことが可能であるばかりでなく、膜自体の強度も  $1\text{ t/m}^2$  にも達する<sup>10)</sup>といわれ、掘さく壁面の崩壊防止に大きく関与する。一方、浸透沈積層は泥水が土中に浸透し、泥水のチキソトロピー性によって土の間ゲキ中でゲル化して形成される。その結果、それ以上の泥水の浸透を防ぎ、また浸透部分の地盤を改良し、そして掘さく面の安定が保たれる。

以上のように、泥壁は重要な機能を有しているにもかかわらず、泥壁に関する現場調査は全く行なわれていない。そこで本報では、まず泥壁の実態を現場調査した。つぎに泥水の諸性質が造壁性に及ぼす影響、および良好な泥壁を形成するための泥水管理法などについて、現場泥水の実態調査から検討した。

なお、本報文の内容を1969年6月に開催された第4回土質工学研究発表会にも報告した<sup>7)</sup>。

さらに筆者の一人である喜田は<sup>1~3)</sup>、先に建設分野の泥水工法における泥水の有効性を管理する試験法すなわち大林式泥水試験法を提案し、その適用結果について報告した。また現場泥水の実態調査から、従来より推奨されている泥水比重および粘度などの測定で泥水を管理することは適切でないことを明らかにした<sup>4,5)</sup>。特に、比重に関しては、壁面安定に必要な比重を算出するための経験式を提案した<sup>4,5)</sup>。

## 2. 現場における泥壁の実態

前述のように泥壁（泥膜、浸透沈積層）は掘さく壁面の崩壊防止のために非常に重要なものであるが、現場における泥壁の実態に関する報告はほとんどみられない。そこで当社の泥水工法(OWS, SOLETANCHE工法)の数現場において、鉄筋コンクリートの地中連続壁構築後の内部掘さく時に、泥壁の実態を調査した。

### 2.1. 泥膜について

調査に際しては、OWS・SOLETANCHEのコンクリート壁面に付着している粘土質の膜を泥膜とみなした。それは隣接する土（浸透沈積層を含む）と明瞭に区分できた。そして泥膜の厚さ測定は面積 30cm×30cm 当り10点を選んで行なった。

さて、表-1に4現場(A, B, C, D)における泥膜の厚さの測定結果を示す。なお、表示しないが、これらの泥膜の含水比は一般に60~90%の範囲にあった。

現場	場所	地下水位(m)	深度(m)	土性	泥膜の厚さ(mm)	
					平均	$\sigma$
A	東京	2.2	11	シルト質粘土	4.8	1.9
B	"	1.5	5	砂	13.0	4.4
C	横浜	1.5	2	細砂	1.8	0.4
			2	シルト	5.2	1.0
			11	細砂	14.3	3.6
D	大阪	2.5	4	粘土質中砂	5.7	2.4
			7	粗中砂	6.2	2.1
			10	砂質シルト	3.4	2.0
			15	中砂混砂礫	6.7	2.7

表-1 泥膜の厚さ(測定例)

従来、泥膜はろ過作用によってのみ形成され、不透水性の粘性土地盤では泥膜はできない<sup>9)</sup>といわれている。ところが、表-1に示したように、粘性土地盤においても、厚さ数mmの泥膜が形成した。この事象は、泥膜が単なるろ過作用だけでなく、化学作用によっても形成されることを示唆している。そして、砂質土地盤では主としてろ過作用により、一方粘性土地盤では主として化学作用によって、泥膜が形成されると推察される。

今回の調査では、泥膜の厚さは土質と無関係であった。泥膜の厚さには土質以外に泥水の性状、泥水と土との接触時間、泥水圧(掘さく深度)、さらにコンクリート打設による離と圧縮などが影響すると思われるので、これについては今後調査する予定である。

泥膜の粒度組成は掘さく土の混入したベントナイト泥水のそれと類似しており、参考までにその代表例を図-2に示す。なお、泥膜中のベントナイト含有量に

ついては2.3に後述する。

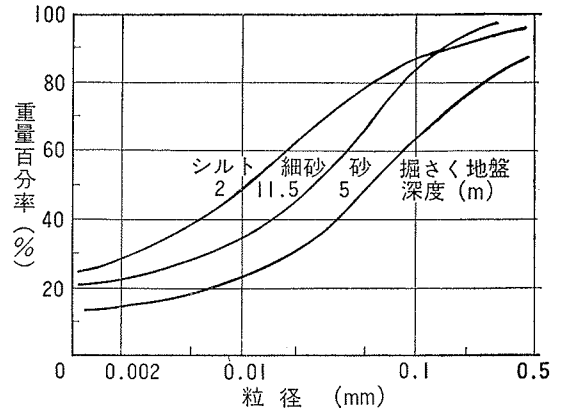


図-2 泥膜の粒径分布

### 2.2. 浸透沈積層について

OWS・SOLETANCHEのコンクリート壁(OWS壁と称する)からの距離を異にする土を採取し、この土をX線分析して泥水の浸透範囲を調査した。X線分析では、ベントナイト泥水の主成分である2:1型膨脹性粘土鉱物モンモリロナイトが土中に含まれているか否かを微量まで定性的に判定できる。もっとも、掘さく地盤中にベントナイト泥水に由来しないモンモリロナイトが存在すれば、この分析手段を用いることはできない。しかし、今回調査した現場ではそのようなことがなかった。

さて、表-2に泥水の浸透範囲の測定結果を、また図-3にX線回折曲線図の一例を示す。

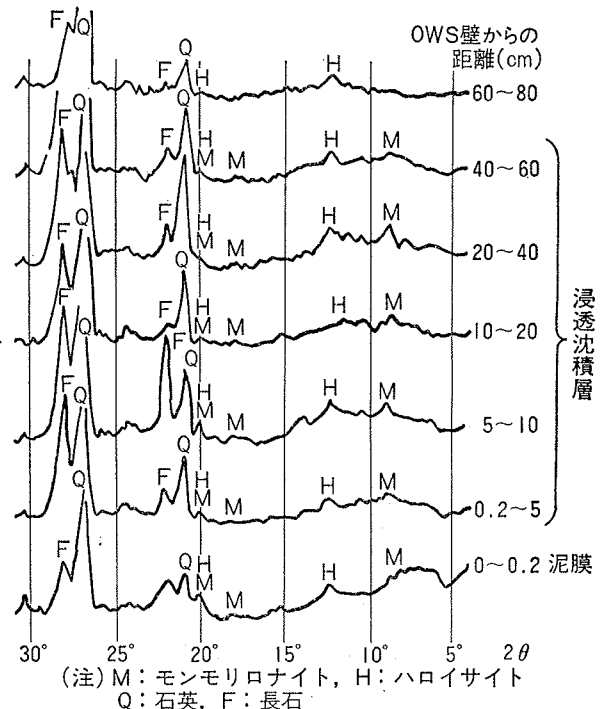


図-3 泥水の浸透範囲の測定(X線回折曲線図, 現場A, 深度20m)

表-2から砂質地盤における泥水の浸透範囲は30cm~2mであることが判明した。いうまでもなく粘性土地盤では泥水の浸透は認められなかった。

現場	深度(m)	土性	OVS壁からの距離(m)	
			調査範囲	浸透範囲
A	11	シルト質粘土	0.5	—
	16	シルト質中砂	0.7	0.7
	20	シルト混砂礫	2.0	0.6
B	5	砂	0.33	0.33
C	11.5	細砂	5.0	2.0

表-2 X線分析による泥水の浸透範囲の測定例

地盤中への泥水の浸透は、泥水の性状、地盤の性状、掘さく深度などに影響されると考えられ、今後このような泥水の浸透範囲の詳細な調査を行なう予定である。

2.3. 泥壁中のベントナイト含有量

ベントナイト泥水によって形成された泥壁(泥膜、浸透沈積層)中のベントナイト含有量を化学分析によって測定した。この分析法は大林式泥水試験法における微細粒子濃度の測定法<sup>1)</sup>に準じている。

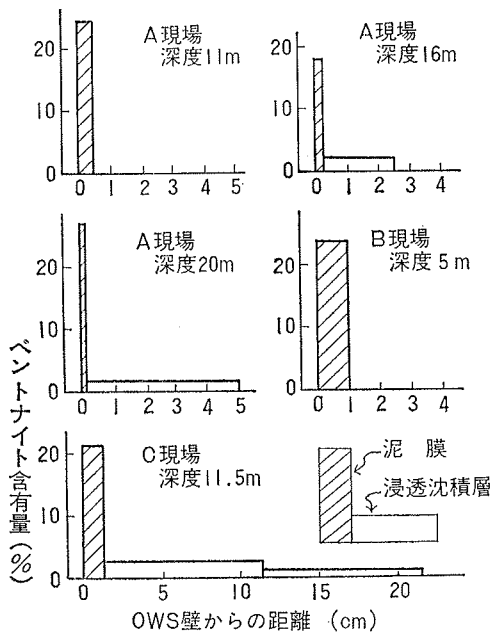


図-4 化学分析による泥壁中のベントナイト含有量の測定例

さて、その結果を図-4に示す。試料は表-2の現場と同一のものを用いた。

図-4に示したように、化学分析による泥水の浸透範囲は前述のX線分析の場合と比較すればきわめて小さく、現場A, Bでは数cm以内、また現場Cでも約20cm以内である。これは分析の精度に原因している。すなわち、X線分析法ではベントナイトの有無を微量まで定性的に検出できるのに反して、化学分析法ではベントナイト含有量を0.16%までしか定量的に検出することができない。

また当然ながら、ベントナイト含有量は浸透沈積層よりも泥膜中において著しく大きく、約20~30%の含有量であった。この値は泥水的全濃度に対するベントナイト濃度との比に近似していた。

なお、上述の分析方法を用いて、各種地盤の泥壁形成に消費されるベントナイト量の算出を、現在、行なっている。

2.4. その他

上述のように、粘性土および砂質土のいずれの地盤においても、泥壁は形成されることが判明した。したがって、造壁性の有無を泥水管理上測定する必要がない。しかし、有効な(良質の)泥壁を形成するためには泥水管理を行なう必要があり、これに関しては次章で述べることにする。

なお、レキ地盤では普通のベントナイト泥水を用いて泥壁を形成することは困難であるので、逸泥防止剤あるいは泥壁形成を促進する添加剤を混入している。

3. 造壁性に及ぼす泥水諸性質と管理

本章では、現場泥水の実態調査から、泥壁の質に及ぼす泥水の諸性質とその管理法について検討した。

3.1. 泥水試料と試験法

試料を採取した現場(E, F, G, H)の概要を表-3に示す。これらの現場から、掘さく孔内の泥水を少なくとも1現場あたり40個以上採取して、下記の諸性質を試験した。

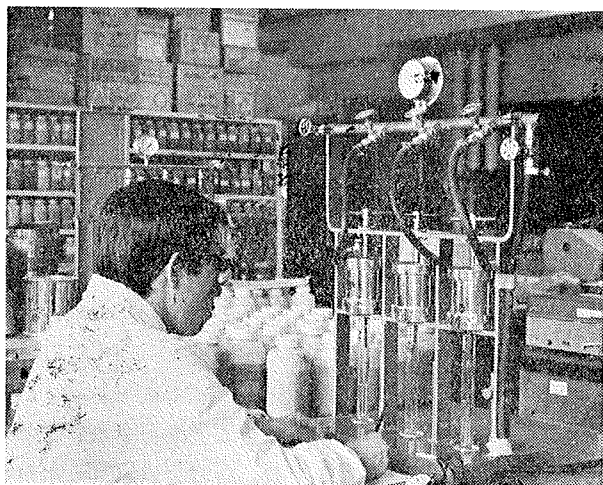
現場	場所	掘さく深度	土性	地下水位
E	東京	26m	0~18m粘土 18~砂礫	1.7m
F	大阪	27.5	0~20シルト・粘土 20~中砂・砂礫	1.0
G	東京	20	0~12細砂 12~18粘土 18~砂礫	2.1
H	"	14	0~8シルト 8~砂	4.5

表-3 現場概要

造壁性(泥壁の脱水量 ml, 厚さ cm, 透水係数 cm/sec): 図-5に示すような API (アメリカ石油協会)規格のろ過試験器により、3kg/cm<sup>2</sup>で30分間加圧後の脱水量と泥壁の厚さを測定した。さらに加圧後10~30分間の泥壁の透水係数を算出した。

懸濁分散度 (Sm): 泥水有効性の迅速判定法の試験<sup>1)</sup>に準じて行なった。懸濁分散度は泥水作製時に6とし、掘さく土やセメントで泥水が劣化するにつれてこの値は小さくなり、最低を0とした。

微細粒子濃度(C<sub>M2</sub>, 乾土・内割重量%): 泥水有効



図—5 造壁性の測定

性の簡易判定法の実験<sup>2)</sup>に準じて測定した。

ファンネル粘度 (FV, sec/500ml/500ml) : API 規格のファンネル粘度計を用いて測定した。

泥水比重 ( $\gamma_m$ , g/cm<sup>3</sup>) : API 規格のマッドバランスを用いて測定した。

砂分濃度 (Cs, 乾土・内割重量%) : まず API 規格の砂分測定器を用いて粒径 74 $\mu$  以上の砂分の容量 (Vs, %) を測定した。次に、この値を次式で砂分濃度に換算した。 Cs=1.4Vs

水素イオン濃度 (pH) : ガラス電極法で測定した。

### 3.2. 結果と考察

造壁性試験の測定結果は表示しないが、この試験において孔内泥水が形成した泥壁の厚さは 0.1~2.5cm その脱水量は 10~70ml であり、そして泥壁の透水係数の大部分は 10<sup>-7</sup>~10<sup>-8</sup>cm/sec の範囲にあることが判明した。そして現場間では明らかな差異は認められなかった。

ところで、まえがきにおいても説明したように、泥水の造壁性は掘さく壁面の安定上重要な性質である。したがって、現場において泥水を適切に管理するためには、泥水の造壁性の良否を試験する必要がある。しかし、その試験法は面倒であり、また時間を要するので、現場で容易に測定できる他の諸性質から間接的に造壁性の良否を判定できないかと考えた。

そこで、まず泥水の造壁性試験における脱水量および透水係数におよぼす泥水の諸性質 (懸濁分散度、微細粒子濃度、粘度、比重、砂分濃度、pH) の寄与率を回帰分析法にて算出した。そして、それらの結果を表—4、表—5 に示した。

現場	懸濁分散度	微細粒子濃度	粘度	比重	砂分濃度	pH	寄与率の合計
E	0.718	0.016	0.030	0.040	0.002	0.059	0.855
F	0.770	0.049	0.020	0.010	0.005	0.001	0.855
G	0.538	0.132	0.000	0.006	0.005	0.030	0.711
H	0.644	0.101	0.030	0.000	0.001	0.005	0.781

表—4 泥壁の脱水量に及ぼす泥水諸性質の寄与率

さて、表—4 に示したように、脱水量には泥水の諸性質のうち、懸濁分散度および微細粒子濃度の寄与率が他のものよりもはるかに大きいことが明らかになった。このことは造壁性の管理に懸濁分散度および微細粒子濃度などの試験が重要であることを示している。そして、これらを試験項目として採用している大林式泥水試験法では、間接的に泥水の造壁性の良否を試験していることになり、この試験法の妥当性を確認することができた。

現場	懸濁分散度	微細粒子濃度	粘度	比重	砂分濃度	pH	寄与率の合計
E	0.500	0.007	0.200	0.031	0.000	0.148	0.876
F	0.574	0.001	0.033	0.032	0.001	0.050	0.691
G	0.770	0.000	0.052	0.002	0.022	0.012	0.858
H	0.449	0.001	0.177	0.025	0.003	0.051	0.709

表—5 泥壁の透水係数に及ぼす泥水諸性質の寄与率

また表—5 に示したように、透水係数には各種試験項目のうち特に懸濁分散度が著しく寄与していることが判明した。これに反して微細粒子濃度の寄与率がきわめて小さいのは、泥壁形成が完成した時点での透水係数の値を計算に用いたこと、および調査した孔内泥水が良く管理されており、微細粒子濃度が最低限界濃度以下にならなかったことなどに原因していると考えられる。

ここで、参考までに懸濁分散度と脱水量および透水係数との関係の一例を図—6 に示す。同図において懸濁分散度は、懸濁分散状態がもっとも良好な泥水の場合を 6 とし、掘さく土やセメントなどで懸濁分散度が劣化するにつれて小さくなり、もっとも劣化した泥水の場合を 0 として表示した。

さて図—6 から懸濁分散度と脱水量および透水係数との間に明瞭な関係が認められる。すなわち、泥水の懸濁分散状態の劣化とともに脱水量および透水係数は大きくなり、泥壁の質が悪くなっている。また、図示しないが、微細粒子濃度の低下とともに脱水量も大きくなり、泥壁の質が悪くなっている。前述のように、大林式泥水試験法では泥水の懸濁分散度および微細粒子濃度を測定しているので、間接的に泥壁の良否を判定することができるのである。

一方、従来から泥水管理上粘度測定は重要であるとされているが、図—7 に示すように、粘度と脱水量および透水係数との間には明瞭な関係が認められない。したがって、逸泥しやすい砂レキ地盤以外では、粘度測定で泥壁の良否を判定することができない。

そして注目すべきことに、表—4 に示したように、脱水量に及ぼす微細粒子濃度の寄与率は砂質地盤ほど大きくなっている。すなわち、脱水量の小さい良好な泥壁を形成するためには、いかにすれば、砂質地盤で逸泥量を小さくするためには微細粒子濃度の管理が重

図-6 懸濁分散度と脱水量および  
透水係数との関係の一例(現場H)

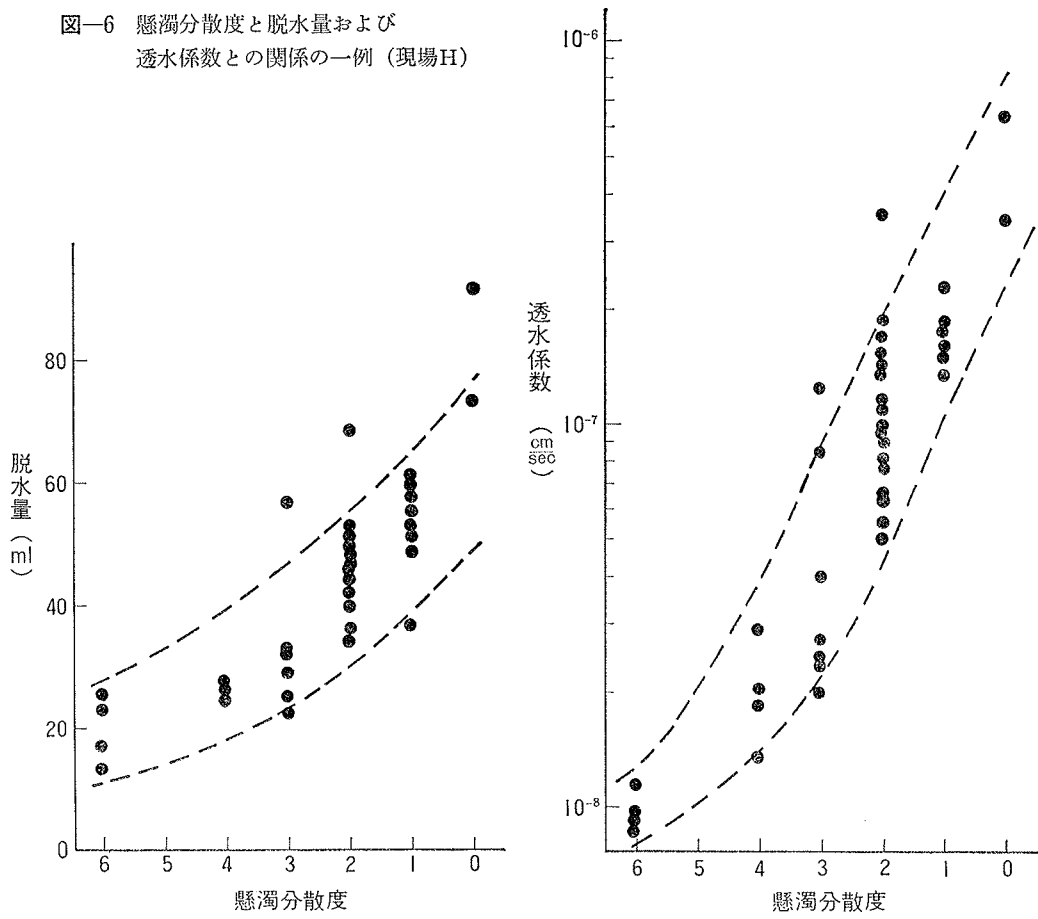
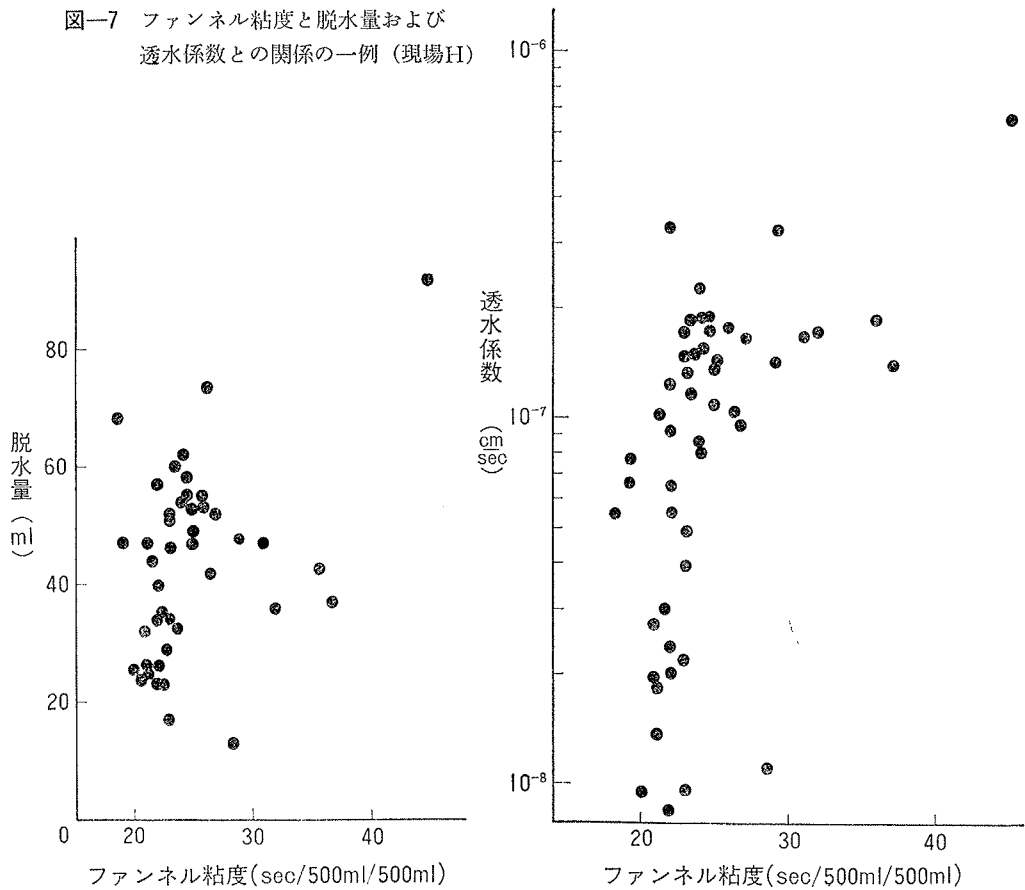


図-7 ファンネル粘度と脱水量および  
透水係数との関係の一例(現場H)



要であるといえる。

#### 4. まとめ

OWS・SOLETANCHE 工法における掘さく壁面の崩壊防止のために、泥水の造壁性（泥壁形成性）は重要な性質である。そこで数現場の泥壁（泥膜と浸透沈積層）を実態調査して、以下のことが判明した。

(1) 泥壁は粘性土および砂質土のいずれの地盤においても形成されている。

(2) コンクリート打設後の泥膜の厚さは 2~15mm であり、その含水比は一般に 60~90% である。また、泥膜の粒度組成は掘さく土の混入した泥水の組成と類似し、そのベントナイト含有量は約 20~30% である。

(3) 砂質地盤では、ベントナイト泥水は数 10cm~数 m にも浸透している。

つぎに、数現場の孔内泥水を採取して造壁性試験を行ない、以下のことが判明した。

(1) 泥壁の良否を表わす脱水量は 10~70ml、その透水係数は  $10^{-7}$ ~ $10^{-8}$ cm/sec の範囲である。

(2) 泥壁の脱水量および透水係数は、泥水の諸性質のうち、主として懸濁分散度と微細粒子濃度に影響される。このことは、この両性質を試験項目として採用している大林式泥水試験法が間接的に造壁性を測定していることになり、この試験法の妥当性を裏付けている。

(3) 泥壁の脱水量に及ぼす微細粒子濃度の影響は砂質地盤ほど大きい。

#### 参考文献

1) 喜田：泥水工法における泥水管理に関する研究（第 1 報）簡易有効性判定法，大林組技研報，No. 1, 73,

(1966)，第 1 回土質工学研究発表会講演集，33，(1966)

2) 喜田：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，大林組技研報，No. 1, 81, (1966)，第 2 回土質工学研究発表会講演集，335, (1967)

3) 喜田：OWS 工法および SOLETANCHE 工法における泥水有効性の改良迅速判定法，社内資料，(1968)

4) 喜田：地中連続壁工法の工事現場における泥水の管理——主として泥水（安定液）の有効性判定——，建設資料，1, (1969)

5) 喜田・中田・扇：泥水工法における泥水管理に関する研究（第 5 報）現場泥水の比重の実態調査と管理，第 3 回土質工学研究発表会講演集，487, (1968)，大林組技研報，No. 3, 114, (1969)

6) 喜田・中田・扇：泥水工法における泥水管理に関する研究（第 6 報）現場泥水の粘度の実態調査と管理，第 3 回土質工学研究発表会講演集，493, (1968)，大林組技研報，No. 3, 121, (1969)

7) 喜田・中田：泥水工法における泥水管理に関する研究（第 7 報）現場泥水の造壁性の実態調査と管理，第 4 回土質工学研究発表会講演集，287, (1969)

8) 佐藤・吉田：泥水掘削壁面の安定に関する一考察，大林組技研報，No. 2, 133, (1968)

9) 藤井：基礎工における地盤の安定，理工図書，(1966)

10) Veder, C.: Die Bedeutung natürlicher elektischer Felder für Elektroosmose und Elektrokathodose im Grundbau, Der Bauingenieur. 38, Heft 10, 50, (1968)