

## 半透膜を利用した土質安定工法の施工について

## THE WORK OF SOIL STABILIZATION WITH SEMI-PERMEABLE MEMBRANES

三 瀬 貞\*・鈴木 健夫\*\*  
By Tadashi Mise and Takeo Suzuki

## 1. ま え が き

軟弱地盤の安定処理工法として、いろいろの方法が開発されてきたが、現場条件、施工方法、経済性、処理効果などを勘案して工法を選択施工するとなると現状ではかなり困難な問題がある。

このような現況に対して筆者らは半透膜を用い、その浸透圧により脱水を行なう工法を考案し、さらに試験施工によりその結果を確認することができたので、それを大阪府堺埋立地内に生じた粘土質超軟弱地盤の安定処理に応用し、その基本的な設計方法について一応の指針を得ることができた。

本工法の施工は、半透膜を有する脱水用紙管中に溶質を入れ単に軟弱地盤中に打設すればよいのであって、その後の盛土による載荷や電気などのエネルギーの印加は不必要であり、したがって作業中に泥上走行車を使用すればきわめて軟弱な粘土質地盤の場合でも容易に施工することができる利点がある。

## 2. 設 計

## (1) 浸 透 圧

半透膜による浸透圧の基礎的原理を示すために図-1の模型について考えると、図中、半透膜 M を隔てて A は溶媒側、B は溶液側である。溶媒は半透膜 M を通過して B 室へ浸透するので、B 側の毛管中の液面は A 側の毛管の液面より高くなる。その差を  $h_0$  とし、2つの毛管の半径が全

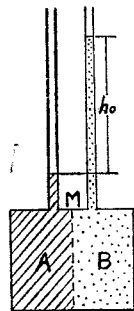


図-1  
浸透圧の説明

等しく、溶液と溶媒の密度 ( $\rho$ ) が等しいと仮定すると、浸透圧  $\pi$  は、

$$\pi = h_0 \rho (\text{cm} \cdot \text{H}_2\text{O}) \dots\dots\dots (1)$$

としてただちに与えられる。

この平衡圧  $h_0$  はもちろん膜を通しての溶媒の透過により達せられる。 $t$  を時間、 $v$  を透過量とすると一般に液面差  $h$  での溶媒の透過速度  $d v / d t$  は  $P$  を透過定数、 $A$  を膜面積として

$$d v / d t = P A (h - h_0) \rho \dots\dots\dots (2)$$

で表わされる。

したがって透過速度を大にするには、右辺の各項を大にすればよい。しかし、施工の状況を考慮すると、すなわち、溶媒が水であることや、現場条件および経済性を考慮すると、大きく変化し得るのは  $P$  のみである。 $P$  に影響する要因としては半透膜の種類や状態、溶液および溶媒の状態、あるいは排水孔の高さなどがあげられるが、半透膜の影響がもっとも大きく、したがってその選択が大切なことになる。

## (2) 脱水用紙管の構成

浸透圧を発生させ脱水を図るには、半透膜と溶液さえあればよいのであるが、土中で施工するには、土圧に抵抗し、かつ半透膜の破損を防護する保護部が必要となる。

## a) 半 透 膜

理想的な半透膜としては、溶質が完全に不透過で、しかも溶媒に対する透過性が大であるものがよい。現在使用されている浸透圧用半透膜には、ポリビニルアルコール膜、コロジオン膜、脱硝コロジオン膜、セロハン膜などがある。

## b) 溶 液

溶液としては、分子量の少ないもの、濃度の大きいものがよいが、このほかに建設現場で使用するためには溶液が扱いやすいこと、毒性がないこと、および経済的な

\* 正会員 工博 大阪市立大学教授 工学部土木工学科  
\*\* 正会員 広島工業大学助教授 土木工学科

ことが要求される。これらの条件に合致するものは、食塩、硫酸バンド、硝酸などの無機化合物および砂糖、亜硫酸パルプ排液などの有機化合物があり、非常に多種類が存在している。

c) 半透膜保護部

工事終了後、撤去する必要がないもので保護部を形成するために紙をスパイラル状に用いて円筒形に成形する。紙は5~6重とし、その間に補強および耐久性を増加させるための布および主要素である半透膜をはさむ。

(3) 設計理論

本工法を現場において実施する場合には、まず、その脱水過程をサンドドレーン工法やペーパードレーン工法におけるように正三角形、または正四角形に地盤中に配置された脱水円筒(図-2)について Barron の理論に準じて次のように考察する。図-3 を一

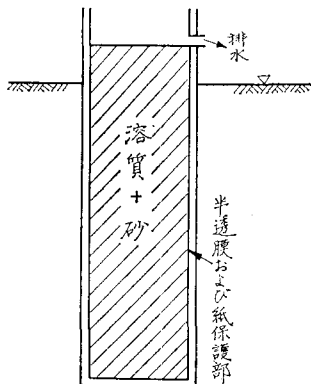


図-2 脱水用紙管の脱水機構

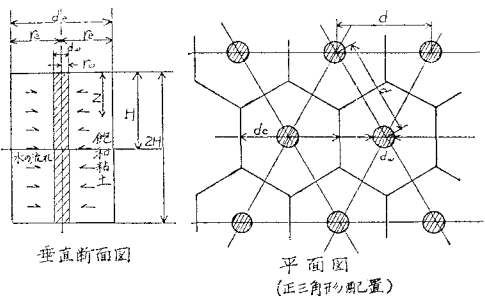


図-3 紙管の配置図およびその垂直断面図

例とする。

ここで時間を  $t$ 、間げき水圧を  $u$ 、 $C_h$  および  $C_v$  をそれぞれ水平および垂直の圧密係数、 $x, y, z$  を直角座標とした圧密の方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_h \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + C_v \left( \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \dots (3)$$

において、間げき水圧  $u$  を浸透圧  $\pi$  に、直角座標を円筒座標に書きかえ、かつ土層を、等方・均質とし、さらに鉛直方向の水の流れを無視すると

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = C_h \left( \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \pi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \pi}{\partial r^2} \right) \dots (4)$$

となる。式(4)の解  $\pi_r$  は(均等変形: equal strain の場合)<sup>1)</sup>

$$\pi_r = \frac{4\pi}{\lambda \cdot d_e^2} \left[ r_e^2 \log \left( \frac{r}{r_w} \right) - \frac{r^2 - r_w^2}{2} \right] \dots (5)$$

ここに、 $\bar{\pi} = \pi_0 e^{-T/\lambda}$ 、 $\pi_0$ : 初期浸透圧、 $T$ : 時間係数、 $d_e$ : 間隔  $d$  で打設した脱水用紙管の影響円の直径、 $d_w$ : 脱水用紙管の直径

$$T = \frac{C_v}{d_e^2} \cdot t$$

$$n = \frac{d_e}{d_w}$$

$$\lambda = \frac{n^2}{n^2 - 1} \log n - \frac{3n^2 - 1}{4n^2}$$

さらに平均圧密度を  $U$  の形で表わせば

$$U = 1 - e^{-8T/\lambda} \dots (6)$$

以上の理論を本工法の試験施工の測定結果<sup>2)</sup>に適用してみる。施工の前に区域内の6カ所より深さ50cmの土試料を採取して図-4の圧密試験を行なった。その結果より  $P = 0.1 \text{ kg/cm}^2$  における  $C_v$  の平均値を求めて  $n = 5, 6$  および  $7$  における T-U 曲線を求め、さらに施工の効果が判定しやすいように U-日数曲線に書きかえると図-5 が得られる。通常サンドドレーン工法やペーパードレーン工法では平均圧密度 80~90% を得る期間を施工期間としているが、本工法にそれを適用すると、図-5 より理論的には、平均  $C_v = 1.75 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$  に対して 20~38 日の日数が必要となる。実際にはこの現場に載荷を行なえば、地盤の流動をおこすので盛土による施工は適用できない。

次に施工による効果の測定を脱水量、溶液の比重、含水比、貫入抵抗、沈下量および一軸圧縮強さなどで行なったが、理論値と比較するために追求しやすい脱水量お

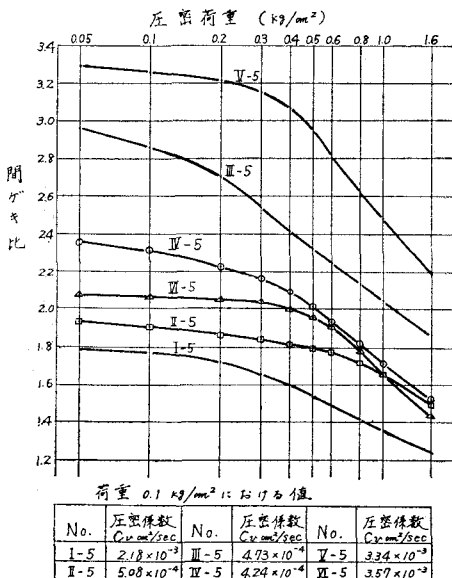


図-4 圧密試験結果

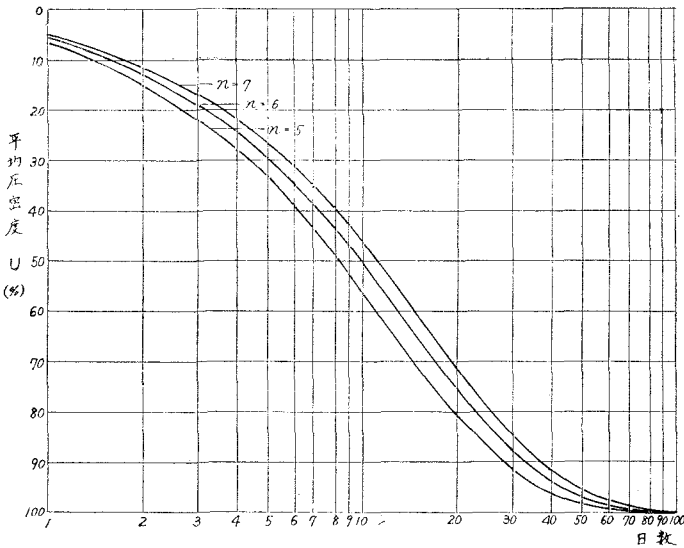


図-5 圧密試験の平均値より求めた理論的な U-日数曲線

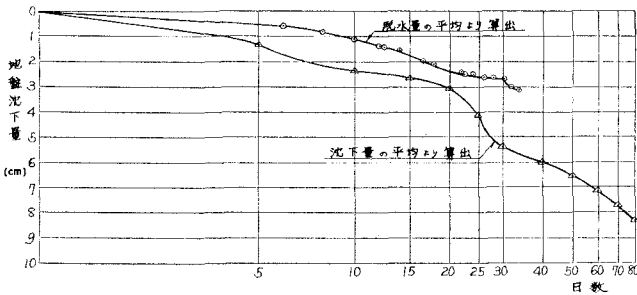


図-6 地盤沈下量の変化状況

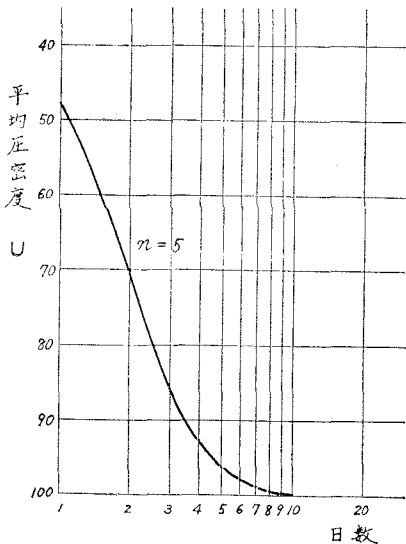


図-7 現場より求めた沈下量からの U の変化状態

および沈下量について計算してみた。脱水量の測定は適当な間隔で代表的な脱水用紙管として A 社製の 7 本を選

び、その排出口につけたホースによりバケツに導き、時々脱水量をメスシリンダーで計量した。時間の経過とともにこの脱水量は漸減するが、ホースのジョイント部も時間の経過とともに弱くなり漏水が多くなるので、この実測脱水量以上の水が実際には脱水されたと考えられる。この脱水量の平均値を 1 本当りの影響円の面積で除し、さらに脱水量と地盤沈下量を等しいとみた場合の経過時間に対する変動状況を図-6 に示す。地盤から脱水されるにつれて地盤は沈下する。この沈下量を測定するために施工区域内に 5 点の測点を設けたが、その平均値から求めた沈下量も図-6 にのせた。図-6 より  $C_v$  を求めると脱水量からは  $1.4 \times 10^{-2}$   $\text{cm}^2/\text{sec}$ 、沈下量からは  $1.4 \times 10^{-2}$   $\text{cm}^2/\text{sec}$

の値を得た。この実測した  $C_v$  の値より U と日数の関係を求めると図-7 になり、図-5 の理論的値と比較すると脱水用紙管の構造や現場条件が加味されて加速されたことがわかる。すなわち、圧密試験より求めた  $C_v$  に脱水用紙管の構造や現場条件によって変化する加速係数  $a$  を乗じて計算すれば理論式と一致することがわかる。設計にあたっては現場で採取した土試料による圧密試験の結果を用いればよく、その際の換算係数  $a$  は、まだ施工経験が少ないので判然としませんが使用する半透膜や溶質による予備試験の成績を利用すればよい。さきの試験施工では、 $a=8.0$  であった。

(4) 設計法

本工法の設計はドレーンの有効直径とドレーンの直径の比  $n$  を用いてサンドドレーン工法やペーパードレーン工法の設計に準じて行なえばよい。このとき、サンドパイルやドレーンペーパーの代りに半透膜を有する脱水管を打設しさえすればよく載荷盛土は不要である。

設計にあたってまず考慮すべき点は、土質条件と設計条件であることは他の一般構造物の場合と同様である。本工法の目的には支持力の増大と圧密沈下の促進の二つがあるが、脱水により両目的を達成するのでどちらも相関関係がある。ただ、最終的な地盤改良結果の評価を支持力の増加におくか、沈下量の減少におくかの相違である。

鉛直排水工法における圧密度を決定する要素は、地盤条件を同一とすればドレーン有効円直径とドレーン直径の比  $n$  によって定まる。このドレーン有効円直径は、半

透膜を有する脱水管の構造および設計条件によって異なる。

設計に直接必要な土質調査および試験結果のデータは次のようなものである。

- (a) 地盤の成層条件：軟弱層の厚さとその分布
- (b) 脱水に伴う強度の増加率

以上の土質条件に対して設計条件は

- (a) 必要な地盤強度
- (b) 改良面積
- (c) 工期

などである。

脱水管の長さは、安定計算により決めるが、あまり長いものは運搬や施工が困難になる。脱水管の直径は 5～50 cm の間でいくらでもよいが、軟弱地盤上での施工となると 25 cm くらいが能率の点で適当とみられる。その間隔は目的（要求される圧密度）と工期によって決められる。

また重要なのは、半透膜を有する脱水管であり、その構成、すなわち半透膜の種類・厚さ、溶質の種類・濃度・量、保護部の状況により脱水能率は異なる。鉛直排水工法における盛土に相当する圧力は、溶質の濃度であるが、この場合は脱水の進行につれて必要を生じても容易に濃厚な溶質を補充できるので問題はない。これらの脱水管の構成要素については、他分野における技術の進歩（たとえば、逆浸透法による海水の脱塩）を取入れたり脱水の効果および経済性は現場近くの有効で安価な材料を使用することなどで改善される。現場が定まれば脱水管が設計されて脱水量、支持力増加などの設計条件が整えられる。

### 3. 施 工

#### (1) 現場の状況

現場は堺臨海工業地帯内の図-8 であり、粘土質の軟弱地盤の上に 3 カ月前までポンプ船により砂質土を埋立した場所の周囲である。現場は依然として粘土質軟弱地盤で構成されているが、その下層には一部埋立による砂質土をかんでいる場合もある。

現場における施工前の調査および施工効果の測定のために種々の試験を実施したが、それらの配置図は図-9 である。施工区域およびその周辺について、含水比などの物理試験のための試料採取を 20 カ所、貫入試験を 20 カ所行なった。その 20 カ所の内訳は施工効果がより明確にわかるように未処理区域に 5 カ所、境界上に 2 カ所、施工区域内に 13 カ所である。

粘土層厚測定位置は全部で 10 カ所であり、経験によ

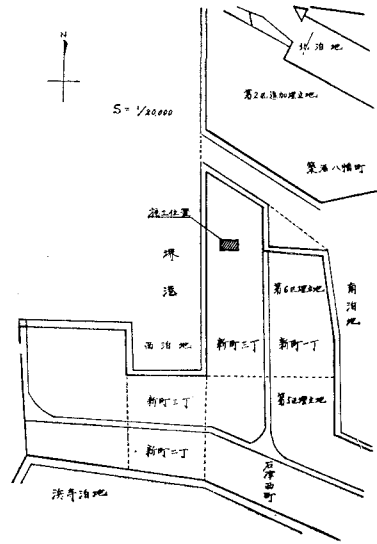


図-8 施工現場位置図

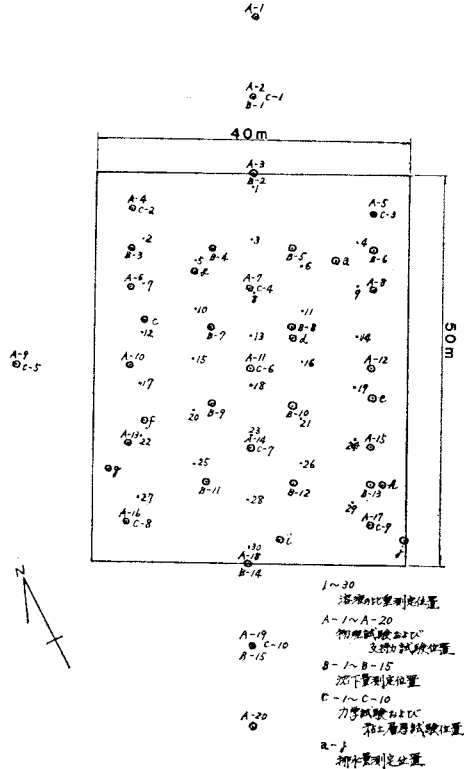


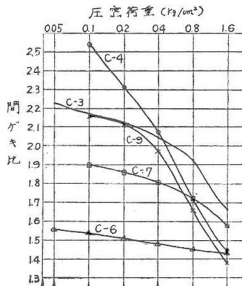
図-9 各種試験位置図

って確かめた調査方法に基づき、直径 25 mm の鋼管を 4 人で押込んで、押込み得た深さまでは少なくとも粘土層が続くとし、その状況を表-1 に示した。

圧密試料は、粘土層厚測定と全く同じ位置で 0.1～0.3 m の深度より採取し試験を行ない 図-10 の結果を得た。

表-1 粘土層厚測定結果

測定位置	層厚 (m)	測定位置	層厚 (m)
C-1	8.30	C-6	9.50
C-2	8.20	C-7	8.50
C-3	9.00	C-8	8.50
C-4	8.70	C-9	9.70
C-5	7.50	C-10	8.40



荷重 P(kg/cm²)	圧密係数 $C_p$ (cm²/sec)				
	C-3	C-4	C-6	C-7	C-9
0.1	$5.87 \times 10^{-4}$	$7.10 \times 10^{-4}$	$11.56 \times 10^{-3}$	$18.6 \times 10^{-3}$	$4.024 \times 10^{-3}$

図-10 圧密試験結果

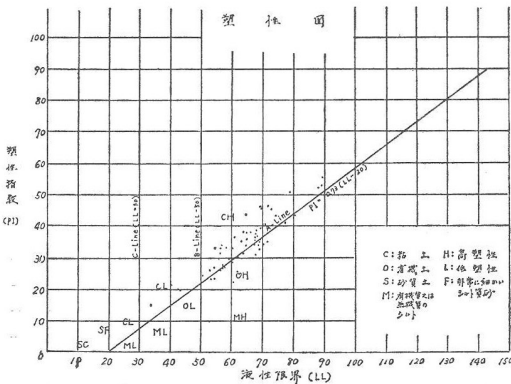


図-11 現場の土試料の塑性図

土質試験は、-4 m までの土試料を採取して試験した。土の組成は三角座標分類でみると大部分が粘土であり、一部に粘土質シルトをはさんでいる。図-11の塑性図よりみれば、おおむね高塑性の粘土、または有機土である。自然含水比は  $L.L.$  (約 60~70%) より高く、一部は 100% をこえる所もあるが、75~90% の部分が多い。

(2) 施工概要

土質試験により求めた  $C_p$  の値は、図-10 のように  $10^{-3}$  cm²/sec のオーダーで、この値は試験施工において得られた値に近く、かつ工期も 4 カ月が認められていたので、脱水用紙管の配置を図-5 および 7 より  $n=7$  と

してもよかったが、溶質を変えることを考慮に入れて  $n=5$  として施工することとした。

施工区域は 40×50 m の長方形で、そこに内径 25 cm, 長さ 3 m の半透膜を巻きこんだ脱水用紙管を千鳥配置に 1.25 m 間隔 ( $n=5$ ) に打設した。

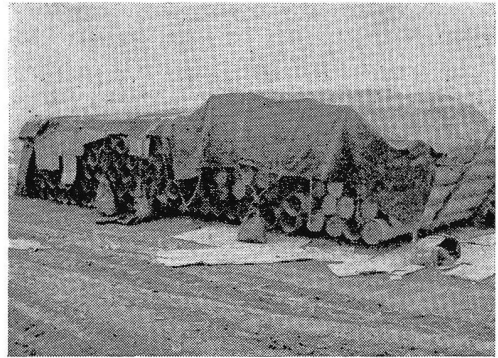


写真-1 脱水用紙管

脱水用紙管の総打設本数は 1482 本で、1 日に 100 本以上を目標とした。全紙管の打設終了後、溢出する水は溝を掘り既設の水路に連絡した。

溶質は、試験施工の際には亜硫酸パルプ排水をポンプで注入して使用したが、粘性が高いので注入に長時間を要した。そこで今回は固形の亡硝を使用することにした。亡硝 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) は、無色の大きな単斜晶系に属する柱状の結晶で、空气中に放置すれば結晶水を失ってすぐに風化し、32.38°C で融けて無水の液体となる。また水に易容で、過飽和の溶液になりやすく、したがって間引き水との濃度差を大きくとれるので本工法にとっては有利な材料であり、かつ人絹製造の際に排出物として多量に生ずるので経済的であり、運搬、集積などにも扱いやすい材料である。

亡硝は、地盤の安定した場所 1 箇所山積みし、ナイロンのシートでカバーし、この位置より現場近くまで袋に入れてトラックで小運搬し、そこから施工位置まで手押し車により運搬のうえ、ついで脱水用紙管内に投入した。



写真-2 小運搬のために袋につめられた芒硝

脱水用紙管を地盤に打設してそのまま放置すれば、約2～3カ月で相当の安定効果が期待されるわけである。

### (3) 施工状況

泥上走行車によって吊り下げられた内径28.8cm、長さ320cmの2個の外管を10HPの振動式管打設機によって地盤中に打ち込んだ。外管の打ち込み後、その中に脱水用紙管を差入れ、紙管中に紙管1本当たり溶質となる芒硝の5～7袋(1袋につき約20kg程度)と、砂3～4袋(芒硝と同じ袋)とを投入し、外管の底にあるシューを開いて紙管を地盤中に残すように外管をゆっくり引き抜いた。しかし、外管を引き抜く際に、外管底部よりのヘドロの浸入のため一部分ではあるが、紙管が1m以上も浮上したのでこれを2～3人によって押し込んだこともあった。

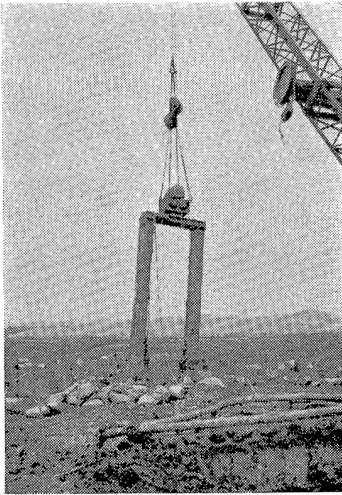


写真-3 泥上走行車によって吊り下げられたパイプロによる施工状況

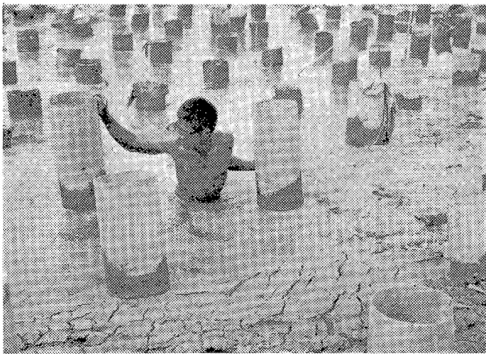


写真-4 脱水用紙管を打設した直後の状況

表-2のような日程表で施工したが、施工なかばに泥上走行車が故障したり、あるいは降雨があったりして、かなりの施工日数を延長しなければならなかった。また

表-2 施工工程

月 日	打設本数	月 日	打設本数
8月4日	38本	8月19日	40本
5	88	20	80
6	80	21	120
7	100	22	142
8	16	23	—
9	泥上走行車故障	24	106
10	～	25	94
11	～	26	110
12	～	27	98
13	120	28	—
14	—	29	—
15	—	30	—
16	雨	31	20
17	100	計	1482本
18	130		

1日の実際の施工時間は約4時間程度で、1時間につき最大30本の脱水用紙管の打ち込みが可能であった。脱水用紙管1日の最大打込み数は142本、総打込み数は1482本で、これを17稼働日数で施工したことになる。

## 4. 施工後の効果および考察

### (1) 脱水量および溶液の比重

適当な間隔で10本の脱水用紙管を選び、施工後まもなく溢出部にホースを取りつけて溢出した液をバケツに導き、メスシリンダーによって時々計量した。その結果を図-12に示した。

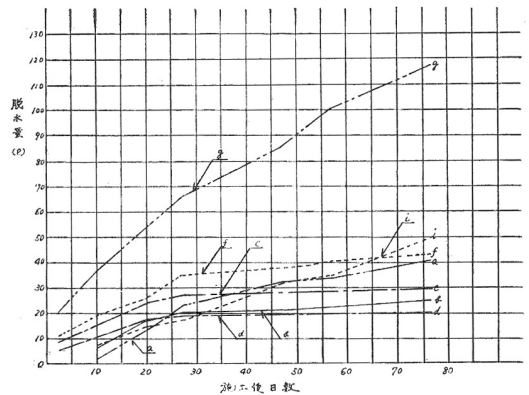


図-12 脱水量の測定

脱水量は施工直後が最大であり、溶液の濃度の低下に伴い漸次減少する。脱水量の最大は、同図のgの紙管で2カ月間に120lの脱水量がみられた。しかし経過日数とともに排出部のジョイントが弱まり、各紙管ともバケツに入らないで漏水する割合が増加したため、約2カ月目で中止した。そこで、全脱水量の把握はできなかったが、真の脱水量は図-12以上であると思われる。溶液



写真-5 施工 3 カ月後の沈下板および脱水量測定状況

表-3 溶液（亡硝）の比重

位置	1カ月後の比重	2カ月後の比重	4カ月後の比重
1	1.160	1.152	1.070
2	1.150	1.141	1.070
3	1.164	1.141	1.071
4	1.164	1.141	1.070
5	1.154	1.131	—
6	1.170	1.152	1.070
7	1.176	1.158	1.070
8	1.198	1.157	—
9	1.175	1.157	1.070
10	1.176	1.156	1.071
11	1.174	1.168	1.070
12	1.152	1.140	1.067
13	1.160	1.155	1.074
14	1.190	1.103	1.070
15	—	—	—
16	1.165	1.146	—
17	—	—	—
18	1.172	1.158	1.064
19	1.170	1.153	—
20	1.140	1.100	—
21	1.152	1.143	—
22	1.152	1.140	1.052
23	1.150	1.140	1.072
24	1.168	1.140	—
25	1.172	1.158	1.074
26	1.160	1.151	—
27	—	1.153	1.066
28	—	1.140	1.060
29	—	1.130	1.064
30	—	1.135	1.061

の比重は脱水用紙管 30 個について比重計により測定した。施工 1 カ月後の比重は、平均 1.170 程度であるが 4 カ月後には 1.065 に低下しているため、各脱水用紙管と

表-4 施工前および前測定時よりの含水比の平均減少率比較表

経過月 区分 深度 (m)	施工 1 カ月後			施工 1.5 カ月後			施工 3 カ月後		
	未処理区	処理区	差	未処理区	処理区	差	未処理区	処理区	差
0.5	-2.3	10.1	12.4	5.9	6.2	0.3	3.8	10.8	7.0
1.0	0.1	12.1	12.0	6.9	4.5	-2.4	4.5	6.5	2.0
1.5	4.0	18.4	14.4	0.5	2.9	2.4	-1.4	3.1	4.5
2.0	3.3	10.3	7.0	0.1	4.5	4.4	-2.0	3.1	5.1
2.5	6.0	15.8	9.8	0.3	4.8	5.1	-3.0	-1.8	1.2
3.0	1.6	11.0	9.4	1.5	3.0	1.5	-9.4	-0.7	8.7
3.5	0.9	6.5	5.6	1.5	5.7	4.2	2.0	-1.1	-3.1
4.0	-0.2	6.7	6.9	-2.0	4.8	6.8	2.8	-1.8	-4.6

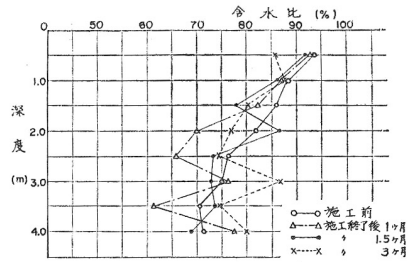


図-13 (a) 含水比の変化 測定位置 A-1 (未処理)

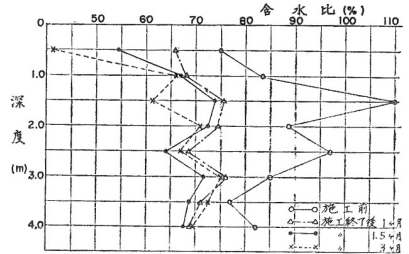


図-13 (b) 含水比の変化 測定位置 A-8

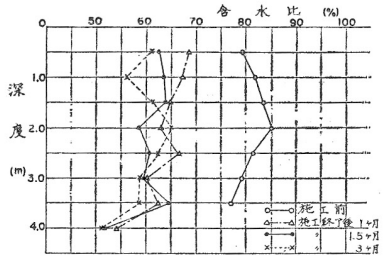


図-13 (c) 含水比の変化 測定位置 A-13

もかなりの脱水があったものと思われる。また、亡硝の比重測定結果は表-3 であり、おおむね同じような比重の値を示していることから、平均した脱水効果を示してきたと思われる。

(2) 含水比

脱水用紙管により、粘土中の間げき水が排出されるため含水比は漸次低下を示す。含水比の測定位置は、全部で 20 カ所であり、それぞれの位置で -0.5m, -1.0 m, ..., -4.0 m と 8 つの深度から試料を採取して測定し

た。その二、三の例が図-13 である。

未処理区域における含水比の低下は、ほとんど見られないが、施工区域においては含水比の低下は脱水用紙管の打ち込み深度である GL. -2.5 m 程度にとどまらず、GL. -4.0 m までかなりの深度におよび、施工効果が明確に理解できた。表層では自然乾燥と相まって含水比の低下は非常に大きい。なお、部分的に含水比の増加が見られるのは、試料採取位置が前回のそれと若干異なるためであると思われる。表-4 は含水比の減少状況をあらわしたものである。すなわち施工 1 カ月後は施工前との比較であり、施工 1.5 カ月後は施工 1 カ月後との比較である。この表によれば、施工初期ほど効果の良いことがわかる。

(3) 貫入試験

地盤の支持力を知るために貫入試験を行なった。これは直径 3.16 cm のコーンを表層から 5 cm ごとに 4.0 m まで貫入してブルーピングリングにより測定した。貫入抵抗は脱水用紙管から土中の間げき水が脱水される

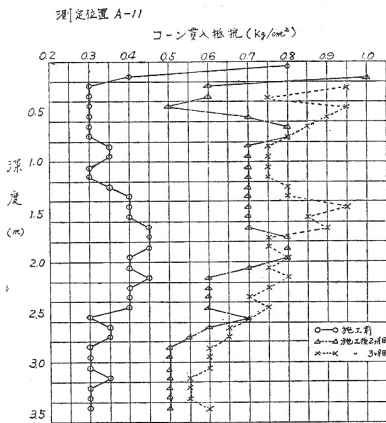


図-14 (a) コーン貫入抵抗の変化状況

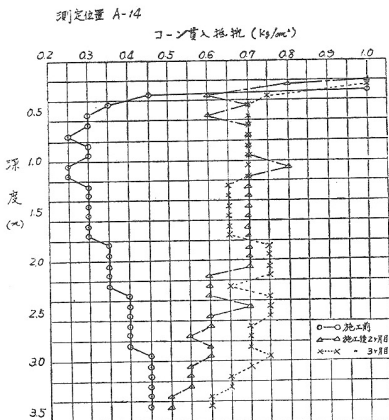


図-14 (b) コーン貫入抵抗の変化状況

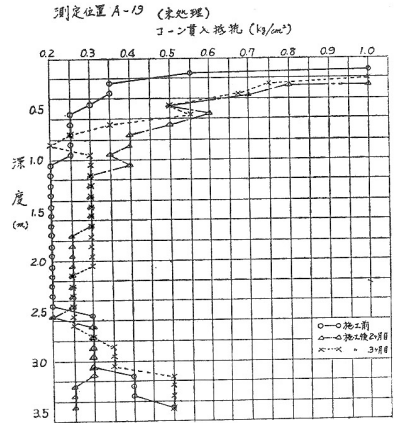


図-14 (c) コーン貫入抵抗の変化状況



写真-6 施工 3 カ月後の貫入抵抗測定状況

につれて、徐々に増加している。その測定例を図-14 に示す。施工後 1 カ月の測定は、試験機の故障によりできなかったが、3 カ月では未処理の地点の貫入抵抗の増加が 0.1 kg/cm<sup>2</sup> であるのに対し、施工区域は約 0.3 kg/cm<sup>2</sup> の増加であった。

(4) 沈下量

沈下量の測点は 15 カ所で、各測点の深度は GL. 0 m, -2 m, -4 m である。この沈下板は、2 重管よりなり内管は直径 10 cm の円板に接続されている。

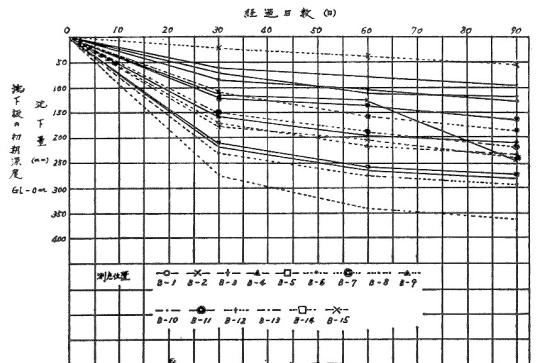
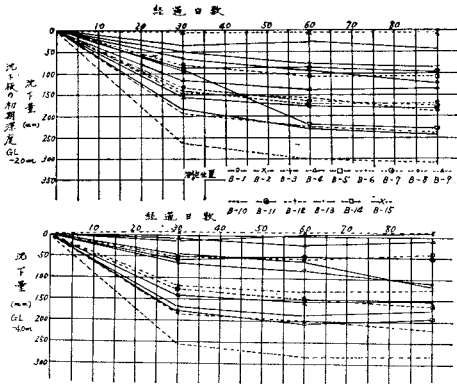


図-15 (a) 沈下板による沈下量測定





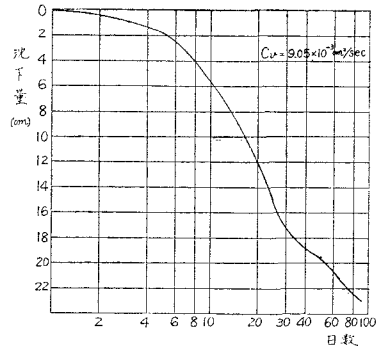
図一五 (b) 沈下板による沈下量測定

経過日数による沈下量は図一五に示される通り、施工初期ほど沈下量は大きい。これは紙管による脱水が溶液の濃度が高い初期に最も大きいからであろう。また、本工法は GL. 0.0m~-2.0m に対して最も効果があったものと思われる。なお、施工後2カ月目の測量においては、ベンチマークの除去などのために全沈下板が沈下せずに反対に浮き上がるという結果がでたが、最も沈下量の少ない GL. -4.0m 沈下板のうち、最も浮上しているものを前回と比べて沈下量がないとして計算した。

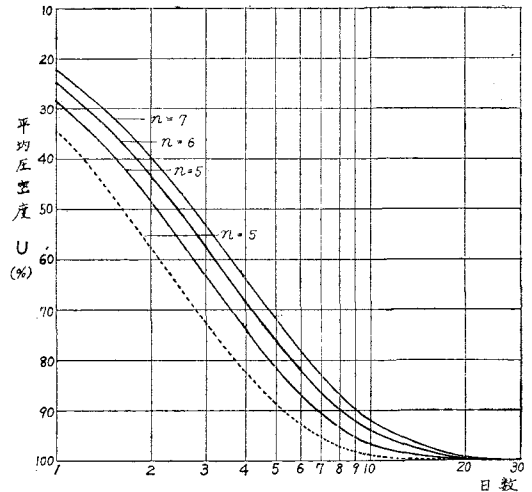
(5) 考 察

各紙管とも初期ほど脱水量が多く、経過日数とともに脱水量が減少するのがみられる。それにつれ溶液の比重にも低下が見られ、施工終了後1カ月目 1.170, 2カ月目 1.145, 3カ月目で 1.070 となっている。したがって各脱水用紙管とも相当脱水が進んだものと思われる。含水比は施工前後では大きな変化を示すが、施工3カ月後になるとその減少割合も少なくなる。貫入抵抗も施工前は約 0.3~0.4 kg/cm<sup>2</sup> のものが施工2カ月後には 0.6~0.7 kg/cm<sup>2</sup> とかなりの増加が見られた。しかし、施工後2カ月目および3カ月目の貫入試験の値には大差がなかった。また、周囲の未処理部分にも本工法の影響により沈下があったのではないかと見られるが、未処理および境界における沈下量との差を施工区域で求めると、GL. 0.0m~-2.0m の間における沈下量は施工後約1カ月目で約 25mm, 2カ月目で前回より 10mm, 3カ月後で前回より約 10mm 沈下した。GL. -2.0m~-4.0m の間では施工後1カ月目で約 10mm, 2, 3カ月目で前回の沈下量より、それぞれ約 5mm の沈下量であった。

以上、それぞれの試験結果より、施工前に比べて施工1, 2カ月後では大きな施工効果が見られたが、3カ月後ではそれほど大きくは認められなかった。これは溶液の濃度低下によるものであるから、途中で溶質を追加して



図一六 沈下量の変化



図一七 圧密試験の平均値より求めた  $n=5, 6, 7$  (実線) と現場沈下量より求めた  $n=5$  の  $U$ -日数曲線 (点線)

やればまたその脱水能力を回復するわけである。

前と同様に、経過時間に対する沈下量の変化を図一五 a の平均値にほぼ近い B-12 点の値を用いてプロットすると図一六が得られる。この曲線を圧密現象と同様に処理すると、 $C_v = 9.05 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$  の値が得られる。この値と圧密試験よりの  $C_v$  の平均値  $7.1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$  とを用いて得られた平均圧密度  $U$  と排水日数との関係を示すと図一七が得られる。この両者の値の近似していることより、本工法も圧密試験の試料を用いて計算できることが実証されたものといえる。本施工例の場合の換算係数  $a$  は 1.3 であるが、脱水用紙管内に全部亜硫酸パルプ排液を満たした場合は  $a$  の値 8.0 と比較すると、砂を溶質の芒硝とともに混入したことによる  $a$  の低下がみられたものといえる。

5. む す び

堺の埋立地において以前に実施した半透膜利用による

土質安定工法の試験施工のデータを解析した結果に基づいた設計により施工を行なった結果、期待通りの施工効果が認められた。

なお、施工に関して泥上走行車の使用により超軟弱地盤上でも1日につき、120本以上の脱水用紙管の打設が可能となった。

終りに臨み、本施工にいろいろご便宜をはかっていた大阪府企業局臨海開発部および佐伯建設工業(株)に深謝する。また日本合成化学工業(株)、積水化学工業

(株)、日本紙管(株)にご協力を得たこと、および大阪工大の岡講師に測定のご協力を得たことを付記し感謝する。

#### 参 考 文 献

- 1) 土質工学会編：土質工学ハンドブック。
- 2) 三瀬 貞・鈴木健夫・山田 優：半透膜利用による粘土地盤の安定処理試験施工について，土と基礎，Vol. 19, No. 6, p. 5~11.

(1971.9.6・受付)