

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

み せ だし
三 瀬 貞*
す 木 夫**
ず 田 優***
山 田

1. ま え が き

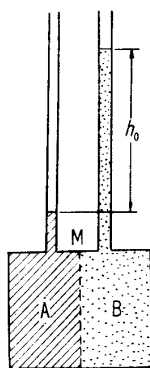
臨海埋立地が立地条件、後背地などの関係でやむなく微細粒土でしゅんせつ造成された場合、造成地は粘土質軟弱地盤、いわゆるヘドロ層となり、造成後数年を経ても表層（30 cm 位）のみ自然乾燥により硬化する程度で、その下は依然としてヘドロ層のままなので、全体としての地盤支持力はきわめて低い。この対策として、いろいろの工法が用いられているが、超軟弱粘土質地盤に対しては施工のための機械および装置の搬入すら容易でなく、盛土も困難であり、いずれも施工性、経済性を考慮すると実際の施工は困難な状態である。かかる現状に対して浸透圧により排水を行なう工法（MAIS 工法）を考案し、小規模の試験を数回行った結果良好であり、大規模の機械化施工についての目安を得たので、ここに試験施工を行ない、その効果を比較検討した。すなわち、施工は排水用管を軟弱地盤に打設すればよいのであって、この作業車として泥上走行車コリティマーシュを使用すれば、きわめて超軟弱地盤の場合でも容易に施工ができる。

また、本工法に使用する溶液はパルプ工業の排液であり、これを利用し得ることは未利用資源の開発にもなるので喜ばしい次第である。

2. 浸透圧について

2.1 浸透圧の理論

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、二つの毛管の半径が全く等しく、溶液と溶媒の密度



図—1
浸透圧の説明

(ρ) が等しいと仮定すると、浸透圧 π は、

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

としてただちに与えられる。この浸透圧の大きさについては、低分子物質の溶液は異常に高く、Frayer によれば、数百気圧を示し、砂糖のような比較的分子量の大きいものでもその浸透圧はかなり高压で Berkeley, Hartley によれば、100 気圧の値を得ている。

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が、一般に液面差 h での溶媒の透過速度 $d\nu/dt$ は P を透過定数、 A を膜面積とすると、

$$d\nu/dt = PA(h - h_0) \rho \dots \dots \dots (2)$$

で表わされる。

今、透過速度の流量を大にするには、右辺の各項を大にすればよい。

P は使用した膜および溶媒についての定数であり、施工の状況を考慮すると、すなわち、溶媒が水であり、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 のみであり、しかも P のうち膜のみが選択し得るわけであるから、半透膜の選択が大切である。

また、浸透圧 π は一般に高分子濃度 C (容積濃度) の関数として次式で表わされる。

$$\pi = RT[A_1 C + A_2 C^2 + A_3 C^3 + \dots] \dots \dots \dots (3)$$

ここに、 $\pi = \text{atm}$, $A_1 = 1/M_2$, $R = 0.0821 \times 10^3 \text{ cc, atm/}^\circ\text{K}$, $T = \text{絶対温度}$, $M_2 = \text{高分子の分子量}$, $A_2 = \frac{f_1}{M_1 f_2^2} \left(\frac{1}{2} - \chi \right)$, $\chi = \text{高分子, 溶媒相互作用定数}$, $M_1 = \text{溶媒の分子量}$, $f_1, f_2 = \text{溶媒および高分子の密度}$

したがって、浸透圧 π を大にするには、溶液として分子量のなるべく少ないもの、濃度は大きいものがよい事がわかる。

2.2 半透膜

半透膜としては、理想的な膜といえ、すなわち溶質が完全に不透過であり、しかも溶媒に対する透過性は大であるという矛盾した要求を満たさねばならぬ。

半透膜の性質については、古くから多くの研究がある

* 大阪市立大学工学部教授 工博

** 広島工業大学工学部助教授

*** 大阪市立大学工学部助手

が、まず、膜は小さな穴を持ったふるいのような働きをするという考えがある。さらに近年では、このふるいの働きの外に、膜物質と溶媒および溶質の相互作用、あるいは膜への吸着の影響が大きな役割を果たしていることが明らかになって来た。

現在使用されている浸透圧用半透膜を簡単に次に説明する。

i) コロジオン膜

コロジオン溶液を乾燥させて膜を作るから、その乾燥条件によっていちじるしく広い範囲に透過性および膜の粗密(膜穴の大きさ)を調節できる利点がある。

ii) 脱硝コロジオン膜

コロジオン膜は多くの有機溶媒に溶解するので、それらの溶媒とする時は、硝酸セルロースを脱硝し、再生セルロースとして用いる。

iii) セロハン膜

セロハンをいろいろの膨潤剤で処理し、その膨潤の履歴を利用して、溶媒中での膨潤度、したがって透過度を調節して使用する。

iv) ポリビニールアルコール膜

ポリビニールアルコール膜は非常にちゅう密な膜を作ることができるので低分子量の高分子の浸透圧用に好適である。その透過速度(および膜構造)は溶媒に接触する前の膜中の水分含量により広範囲に変わる。

v) バクテリアセルロース膜

六糖類を含む媒体中である種の菌(*Acetobacter Xylinum*)を培養し精製すると非常に純粋なセルロースが得られる。これを圧縮して膜となし、水、エタノール混合物で膨潤させ透過度を調節する。

2.3 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、この他に建設現場で使用するためには溶液が扱いやすい事、毒性がない事、および経済的な事が要求される。これら条件に合致するものは、食塩、硫酸バンド、水ガラス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。

一方各種産業が発達するにつれて、それらより捨てられるいろいろの廃物、廃水は年々増加している。これらの廃物、廃水が、河川、港湾に捨てられ放流されると、水の汚染問題を起こし、住民に対し直接、間接に被害を与える。

かかる廃物、廃水の中にも本工法の溶液としての条件を具備しているものが存在する。廃物、廃水を本工法の溶液として用いることは未利用資源の利用であり、建設工事からすれば、安価な材料の提供であり、広く国家的見地よりすれば、一石二鳥の方法といえる。

3. 排水用管の構成材料

施工において、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、土圧に抵抗し半透膜の破損を防護する保護部が必要である。

本工法においては、保護部に紙および布を使用したのであるが、これらについては順次説明する。

3.1 半 透 膜

半透膜にはポリビニールアルコールフィルムを使用した。このフィルムは、半透膜としての性質を有し、加工性も良好であり、経済性も比較的低廉でありかつ大量の需要に応じられるので、本工法においては、最適と認められるので使用した。

本フィルムは、非常に強く、弾力のあるフィルムであり、袋にしたものに相当の重量物を詰めて、高所から投下しても破れる心配がない。

機械的性質は、温度 20°C、相対湿度 65% において、抗張力は 680~820 kg/cm²、伸度 400~540%、引裂強度 80~120 kg/mm である。

また、加工については、ヒートシールおよび接着剤使用により容易に加工できるので有利である。

3.2 半透膜保護部

半透膜の保護部であるが、初期には、鋼管、金網、塩化ビニール製パイプ、および合成樹脂製網などを半透膜の内外に巻き、円筒状に仕上げて施工した。

この型式であると、地盤安定後に構造物を建設するとき、地中にある保護部が、障害になる恐れがあるので、撤去する必要がある。

そこで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した。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んだ。

とくに半透膜は、完全な袋状とするために、接着部は注意して仕上げる必要がある。

3.3 溶 液

溶液は、パルプ工業の亜硫酸パルプ排液を使用した。この排液は、木材を高圧蒸気のもとで重亜硫酸石灰でパルプ化する際に生ずるもので、木材の重量の約半分が溶存液あるいは非常に微細な懸濁液として含有されている。

この液は、毒物、劇物を含まないで、pH は、3.2 であり、成分として(対固形物表示)リグニンスルホン酸 50%、還元性糖類 20%、Ca 塩 5%、炭水化物誘導体、有機酸など 25% が含まれている。この液の性状としては、濃度 50%、比重は 1.27 (20°C) で粘性高く、黒かっ色を呈している。この液の特長としては、半透膜

にピンホールがあいていて、溶質の食塩などが透過してしまう場合でも、粘性が高いのでピンホールより透過する事が少なく、良好な浸透圧を示すことである。

排出された液は着色しているの、穴を掘って外へ流出しないようにためる必要がある。また、この排出された液は防じん（塵）材として効果を有するので、付近の砂利道に散布することが望ましい。

3.4 排水機構

これらの半透膜、保護部よりなるパイプをヘドロ中に打設し、溶液を注入した状況は図-2の通りである。排水の機構としては、ヘドロ中の間ゲキ水が半透膜を透過して溶液部に至り、ついには溶液部の上部より排出する。

溶液はヘドロ中の間ゲキ水により段々に希釈せられて、溶液と間ゲキ水の濃度が、同じになったとき水の浸透はなくなる。

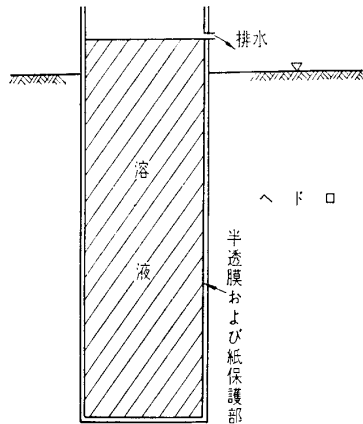


図-2 排水用紙管の排水機構

4. 半透膜による粘土の脱水過程の理論的考察

図-2 において、理論的に考察するため次のように仮定する。

- i) 土は等方均質である。
- ii) 浸透圧は、土中に均等に加わり常に一定である。
- iii) 脱水量は浸透圧に比例する。
- iv) 脱水速度は、浸透圧傾度に比例する。

いま、試料断面積を A 、間ゲキ率を P とし、半透膜側の試料端を対称原点とすると、一次元の脱水量と考えて、原点から x なる距離にある断面を流れる水の量 Δw は、脱水速度を V_x とすると dt 時間内に次式で示される。

$$\Delta w = P \cdot A \cdot V_x \cdot dt \quad (4)$$

仮定 (iv) より

$$V_x = -k_i \partial \pi / \partial x \quad (5)$$

ここに k_i は浸透圧 π による逆浸透透水係数とする。

(4), (5) 式より

$$\Delta w = -k_i \cdot P \cdot A \cdot \partial \pi / \partial x \cdot dt \quad (6)$$

(6) 式より

$$d \cdot (\Delta w) = -k_i \cdot P \cdot A \cdot \partial^2 \pi / \partial x^2 \cdot dx \cdot dt \quad (7)$$

$d \cdot (\Delta w)$ は x と $x+dx$ における垂直断面で囲まれた微小 element よりの脱水量に等しい。ゆえに次式で示される。

$$d(\Delta w) = AC_1 \partial w / \partial t \cdot dx \cdot dt \quad (8)$$

ここに C_1 は単位体積重量に関する定数

(7), (8) 式より

$$\partial w / \partial t = -\frac{P \cdot k_i}{C_1} \cdot \partial^2 \pi / \partial x^2 \quad (9)$$

一方仮定 iii) より

$$\partial w / \partial t = -\alpha \cdot \partial \pi / \partial t \quad \text{とおけば}$$

(9) 式は

$$\partial \pi / \partial t = \beta \cdot \partial^2 \pi / \partial x^2 \quad (10)$$

ここに $\beta = \frac{P \cdot k_i}{\alpha \cdot C_1}$: 浸透係数と呼ぶ。

式 (10) は熱伝導型の方程式である。

今、これを円筒座標に書きなおし、鉛直方向の流れを無視すると、軸対称の関係より (10) 式は次式となる。

$$\partial \pi / \partial t = \beta \left(\partial^2 \pi / \partial r^2 + \frac{1}{r} \cdot \partial \pi / \partial r \right) \quad (11)$$

π を求めるために R を r のみの関数、 T を t のみの関数とすれば、

$$\pi = R \cdot T \quad (12)$$

とおける。

したがって (11) 式は

$$\frac{1}{\beta T} \cdot dT/dt = \frac{1}{R} \cdot d^2 R/dr^2 + \frac{1}{r \cdot R} \cdot dR/dr \quad (13)$$

(13) 式の両辺を常数 $-K^2$ に等しくおくと

$$\frac{1}{\beta T} \cdot dT/dt = -K^2 \quad (14)$$

(14) 式を解くと

$$T = C_2 e^{-K^2 \beta \cdot t} \quad (15)$$

$$\frac{1}{R} \cdot d^2 R/dr^2 + \frac{1}{r \cdot R} \cdot dR/dr = -K^2 \quad (16)$$

(16) 式を解くと

$$R = AJ_0(Kr) + BY_0(Kr) \quad (17)$$

J_0 は 0 次の第 1 種 Bessel 関数

Y_0 は 0 次の第 2 種 Bessel 関数

A, B, C_2 は積分常数、ゆえに (12) 式は

$$\pi = \{AJ_0(Kr) + BY_0(Kr)\} e^{-K^2 \beta \cdot t} \quad (18)$$

となる。

(18) 式に境界条件を代入することにより、浸透圧 π による粘土の脱水機構が明らかになる。この場合、水の

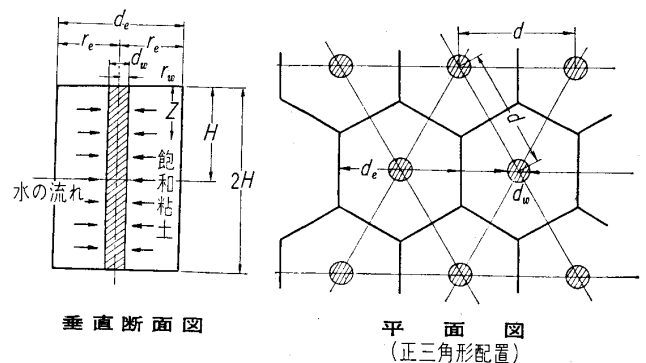


図-3 配置図・垂直断面図

補充がないときは、時により、脱水によって不飽和状態となる。実際に、この工法を現場において実施する場合には、正三角形または正四角形に半透膜によって囲まれた脱水円筒を、土中に配列するため Barron 流に次のように考察することができる。図-3 を一例とする。

ここで圧密の方程式 $\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$ を浸透圧 π ならびに平面座標 x, y に適用すると

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = C_v \cdot \left(\frac{\partial^2 \pi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \pi}{\partial y^2} \right) \quad \dots\dots\dots (19)$$

となる。この (19) 式を円筒座標に書きかえると

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = C_v \cdot \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \pi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \pi}{\partial r^2} \right) \quad \dots\dots\dots (20)$$

となる。(20) 式に次の初期条件、境界条件を与えて解く。

i) $t=0$ においては π_i は一定とし、 $\pi = \pi_i = \pi_0$ (一定) とする。

ii) $0 \leq t \leq \infty$ で $r=r_w$ において $\pi=0$

iii) $0 \leq t \leq \infty$ で $r=r_e$ において $\partial \pi / \partial r = 0$

$$\pi = \sum_k A_k \left[J_0(kr) - \frac{J_1(kr_e)}{Y_1(kr_e)} \cdot Y_0(kr) \right] \exp(-k^2 C_v t) \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$\therefore A_k = \frac{2 \pi_0 \cdot Y_w / k \cdot V_1(k \cdot r_w)}{Y_w^2 \cdot V_1^2(kr_w) - r_e^2 V_0^2(kr_e)}$$

ただし、 J_0, Y_0, V_0 は 0 次の Bessel 関数

J_1, Y_1, V_1 は 1 次の Bessel 関数、 k は常数

$r_w \rightarrow r_e$ に至る間の平均値を $\bar{\pi}$ とすれば

$$\begin{aligned} \bar{\pi} &= \int_{r_w}^{r_e} \frac{2 \pi r \cdot \pi}{\pi(r_e^2 - r_w^2)} dr \\ &= -\frac{2 r_w}{(r_e^2 - r_w^2)} \sum_k \frac{A_k}{k} \left[J_1(kr_w) - \frac{J_1(kr_e)}{Y_1(kr_e)} \cdot Y_1(kr_w) \right] \exp(-k^2 \cdot C_v \cdot t) \quad \dots\dots\dots (22) \end{aligned}$$

初期間ゲキ水圧 π_0 が一定であるとして、平均過剰水 $\bar{\pi}$ と時間との関係を (22) 式より求め、 r_e/r_w の値に応じて図に示すこともできる。

5. 施 工

5.1 施工計画

排水用紙管は内径 25 cm 長さ 3 m であり、これを前章の理論に基づくと共に安全を期して $n=5$ の正三角形配置で打設し、総数は 1,030 本とした。排水用紙管を打設し溶液を注入して、全紙管の施工を終了した後、排出してくる水の流路を掘削し、一ヶ所に集める。排水用紙管は 615 本と 415 本にわけて 2 社に製作を依頼し、1 日に 100~150 本の打設を目標とした。

溶液は機帆船の着岸位置に液を入れるプールを作り、これより現場近くの 16 m³ 入りタンクまでトラックで運び、現場のタンクから注入ポンプと約 100 m のホー

スにより排水用紙管に注入を行なう。施工後、1 月ごとに現場の土質調査を行ない、かつ直接の排水量を代表的紙管により測定する。約 3 ケ月経過すれば相当の土質安定の効果が期待される。

5.2 施工地域の選定

現場の選定に当たっては、砂層をかねていない均一なヘドロ地盤であること、液を注入するので、タンク、ポンプの位置からホースの届く範囲内 (約 100 m) であること、近くの他のヘドロ処理工法であるみぞ切りや敷砂施工に影響ないことなどを考慮して選定した。

試験範囲として良好と思われる広い地域についてコーンペネトロメーターを約 20 ケ所貫入せしめて、簡単なサウンディングを行ないほぼ試験目的に適当と思われる地点を堺埋立地第 7 区内に決定した。

排水用紙管の配置を正三角形としたので図-4 のように全体としてほぼ正六角形となった。この試験区域について施工前の原地盤調査を行なった。土質試料を採取しての物理試験 20 ケ所コーンペネトロメーター 20 ケ所および粘土層厚 6 ケ所を測定した。土質試験の概要は粘土分 30~50%, シルト分 47~62% であり、LL は 49~84%, PL は 24~48%, 含水比は 70~127% であった。

5.3 施 工

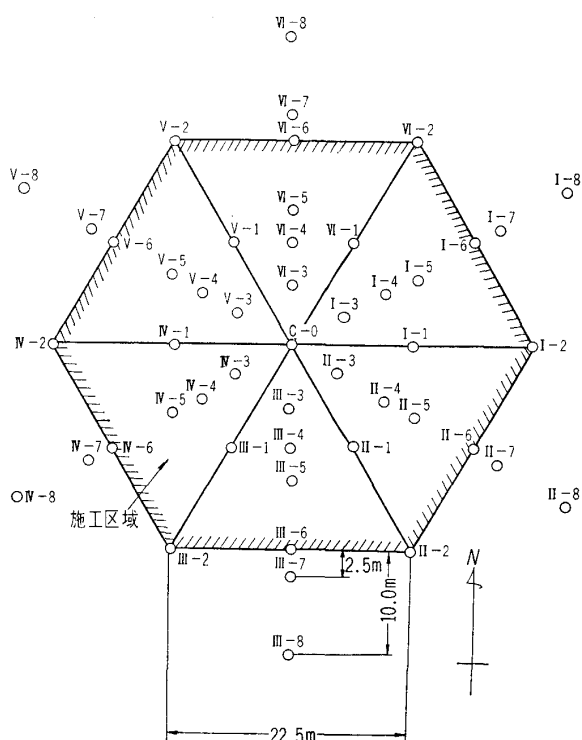


図-4 各種試験位置説明図

表-1 粘土層厚測定結果

位 置	層 厚 (m)	位 置	層 厚 (m)
I-4	16.50	IV-4	15.00
II-4	16.50	V-4	13.50
III-4	16.50	VI-4	10.00

内径 28.8 cm, 長さ 320 cm の 2 ケの外管を 10 馬力のパイプロによりまず打設した。これらは、コリティマーシュにより釣り下げられて次々に移動させた。外管打設後排水用紙管を差し込み、溶液を注入ポンプにより注入した。この注入時間が外管の打設引抜きに比較して長い時間を要した。注入後外管のシュをあけて、排水用紙管を地盤内に残すように外管を引き抜いた。かくして次々に所定の位置に施工した。施工の実績は表-2 の通りであって、初めは注入がポンプの不調により遅れ、中程は排水用紙管の製作が遅れて施工実績が低下したが、これらが順調の時は予定通り 100 本/日以上 の施工が可能であった。施工後排出した水の流路を作るために小さなみぞを掘り、最後に一つの大きな池に導いた。

表-2 施 工 工 程

月 日	打 設 本 数 (本)	月 日	打 設 本 数 (本)
10 月 11 日	14	10 月 20 日	—
12	30	21	—
13	58	22	114
14	雨	23	100
15	82	24	110
16	112	25	94
17	94	26	84
18	96		
19	42		計 1,030

5.4 泥上走行車コリティマーシュ

本車輛はアリゾナの沼沢地における作業用に開発されたもので、日本の埋立地の軟弱地盤用に輸入された。両側に 2 個の浮舟を有し、特殊形状履帯により水中、ヘドロ、陸上のいずれの走行も可能である。軟弱地盤の表面に水があれば走行は容易であるが、水がない重粘土質の地盤では作業性は低下する。

使用した本車輛 (10×T-HB-59 M) の仕様は、

全重量 12.2 t, 全長 7.3 m, 全高 3.6 m, 接地圧
0.087 t/m², 原動機 60 馬力, 釣上力 9.0 t (陸上) 2.5 t (水上)

6. 施工後の効果および考察

6.1 排水量および溶液の比重

本工法では、安定効果の目安となる排水量の測定が可能であるので、施工後の排水量を計測した。すなわち、適当な間隔で代表的な排水用紙管 10 本を選んで、その排出口にホースをつけてバケツに導き、時々メスシリンダーにより計量した。排水量は施工直後が最大であり、時日の経過と共に溶液が希釈されるにつれ排水量は漸減する。これらの結果は図-5 であり、これまでの総排水量はこの値に初め溶液を紙管の上端より約 25 l 少なく

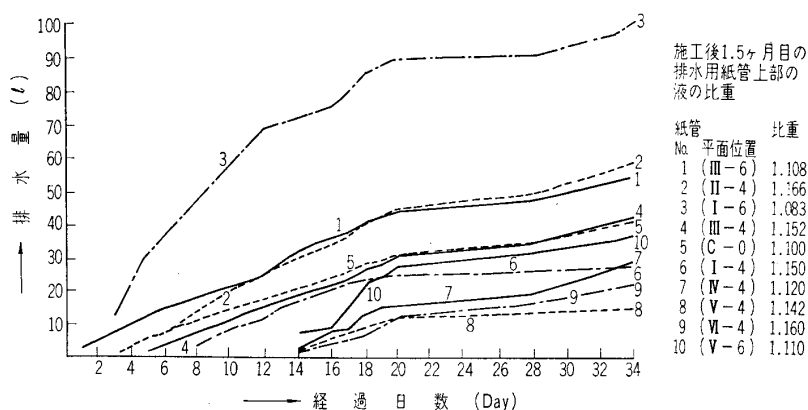


図-5 排水量の測定

入れた量と、施工後排水用のホースをとりつけるまでの 3~4 日間の排水量を加算した値になる。

排出口に金属板のジョイント部を設けたが、紙であるので次第にジョイント部が弱くなり、バケツに入らないで漏水するようになった。

そこで排水量の把握が困難になったので排水量の計測は 1.5 ケ月までで中止した。この間の最大排水量は約 160 l とみられる。

なお、1.5 ケ月間の溶液の比重は初め 1.27 有したのが、図-5 の値のように減少した。また 3 ケ月後の溶液の比重は表-3 である。この場合紙管内の溶液は表層と底部で濃淡の差が生じている恐れがあるので、紙管内の底部の溶液を採取して測定した結果が表-4 である。

表-3 3 ケ月後における溶液の比重

位 置	比 重	位 置	比 重
I-1	1.064	IV-1	1.065
2	1.085	2	1.119
3	1.071	3	1.070
4	1.106	4	1.102
5	1.085	5	1.072
6	1.056	6	1.091
II-1	1.069	V-1	1.138
2	1.062	2	1.079
3	1.101	3	1.131
4	1.088	4	1.103
5	1.071	5	1.084
6	1.106	6	1.081
III-1	1.075	VI-1	1.082
2	1.078	2	1.079
3	1.056	3	1.097
4	1.122	4	1.103
5	1.065	5	1.114
6	1.086	6	1.168

表-4 3 ケ月後における排水紙管中の溶液の深度別比重

位 置	深 度	表 層	1.5 m	2.5 m
I-5		1.076	1.076	1.076
I-6		1.085	1.085	1.088
II-4		1.140	1.140	1.140
V-2		1.062	1.066	1.066
VI-6		1.064	1.070	1.072

表—5 施工前後の平均減少含水比の比較値

経過月 深度 (m)	施 工 1 ケ 月 後			施 工 1.5 ケ 月 後			施 工 3 ケ 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 ~0.5	4.4	12.2	7.8	9.9	11.6	1.7	12.5	18.3	5.8
0.5~1.0	6.9	14.4	7.5	12.0	20.5	8.5	6.5	19.0	12.5
1.0~1.5	3.3	7.2	3.9	9.6	10.2	0.6	-0.9	8.3	9.2
1.5~2.0	1.9	6.9	5.0	-3.7	5.7	9.4	-1.1	9.1	10.2
2.0~2.5	1.1	5.3	4.2	2.8	7.6	4.8	-3.1	4.4	7.5
2.5~3.0	4.8	4.1	-0.7	4.3	6.6	2.3	-7.9	-2.4	5.5
3.0~3.5	-1.5	3.6	5.1	—	—	—	-18.6	-3.1	15.5
3.5~4.0	2.2	-2.7	-4.9	—	—	—	-19.0	-10.2	8.8

その結果紙管内の溶液は上から下までほとんど比重が変わらないことが判明した。

そこで比重より排水量を概算すると、比重 1.12 の場合で溶液と等量の 125 l、比重 1.086 で 2 倍の 250 l、比重 1.064 で 3 倍の 375 l が排水されたことになる。

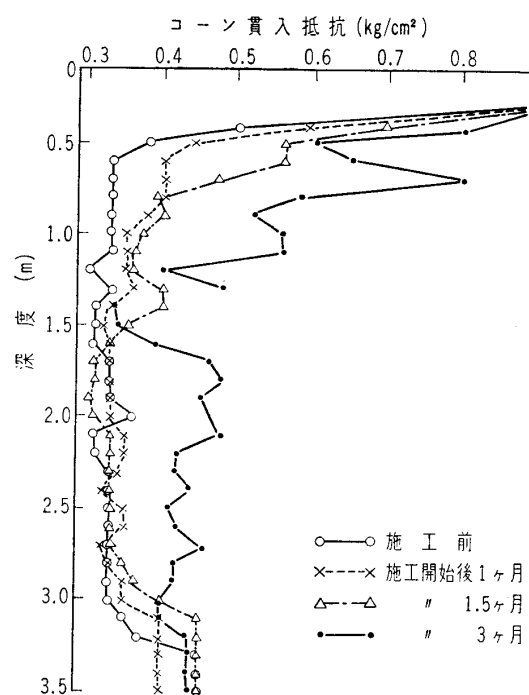
6.2 含 水 比

排水用紙管は近くから徐々に遠くの土に対して排水作用を行なうので、それにつれ地盤の含水比は減少する。施工後 1 ケ月、1.5 ケ月および 3 ケ月に地盤の試料を排水用紙管間の midpoint より採取して含水比を測定した。人工の地盤であり、一部に砂層をかねていたり、また試料採取器と排水用紙管との距離に差異を生じたりして、同一地点でも含水比の変動が大きかった。特に -3~4 m の含水比が 3 ケ月のデータで増加したのは、この試験施工区域から 20 m 以上離れて周囲に盛土を 1 m 行なった影響とも考えられる。この含水比のデータを深度および期間別に比較した平均値が表—5 であり、—は含水比が反対に増加した負の効果を示している。しかし未処理区と比較した場合、未処理の深部でも含水比の増加が大になるので、総合的には 0~-4 m まで効果を示すとみられる。

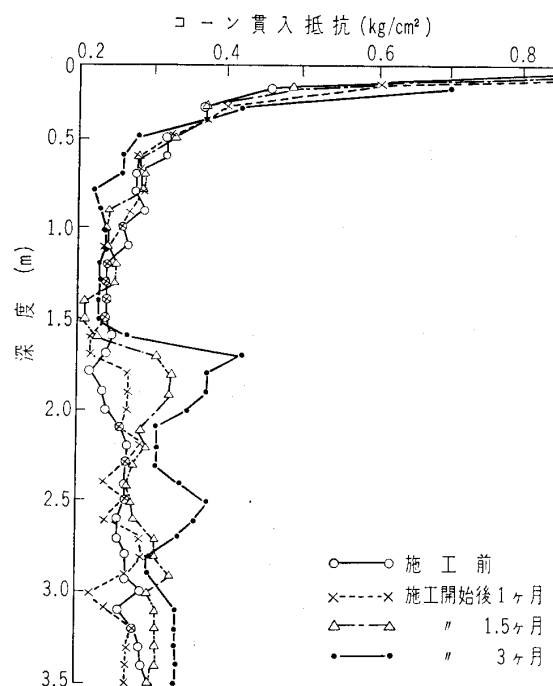
6.3 貫入抵抗

地盤から脱水されるにしたがい、土は間ゲキ水が減少するので貫入抵抗は増加し、支持力を示すようになる。この貫入抵抗を施工前、施工後 1 ケ月、1.5 ケ月および 3 ケ月に測定した。処理部、未処理部の 1 例をあげると図—6, 7 であり、貫入抵抗の増加は浅部では最大 0.4~0.5 kg/cm² 増加し、深部では 0.1 kg/cm² 増加した。

この貫入抵抗は含水比とある関係を有するもので、その関係を堺の -2 m までの粘土により示したのが図—8 である。この図より含水比が 90% 以上であると貫入抵抗は約 0.3 kg/cm² の一定値であって、含水比が 90% より減少してはじめて貫入抵抗は増加する。本施工において、施工前に約 100% の含水比が 3 ケ月後 80~90% 位に減少したので、貫入抵抗はいちじるしくは増加しなかったが、さらに 3 ケ月経過すれば、含水比が 60~70% に達するので貫入抵抗も 0.9~1.4 kg/cm² になると思われる。



図—6 処理部 I-5 の貫入抵抗増加状況



図—7 未処理部 III-8 の貫入抵抗測定

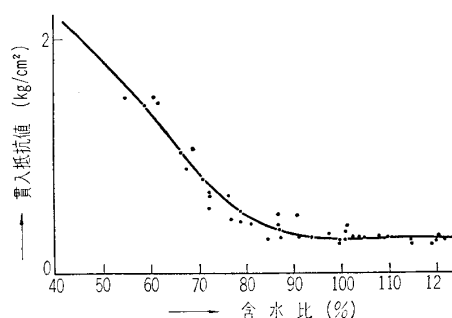


図-8 含水比と貫入抵抗値の関係

6.4 沈下量

地盤から排水されるにつれて、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、未処理部に4点の測点を設けた。

各測点は二重管よりなり、その深度は地表より0, -2, -4mである。経過日数による沈下量は図-9であり、-4mでは処理区および未処理区は等しい沈下量を示すが、-2mでは、やや処理区の沈下量が大きく表面では沈下量の差は大きい。沈下量のてんから排水効果は0~-2mに対して影響したと見られる。

6.5 一軸圧縮強さ

施工前は軟弱でとても一軸圧縮試験はできかねたが、3ヶ月後になると、やや強度を示めすようになったの

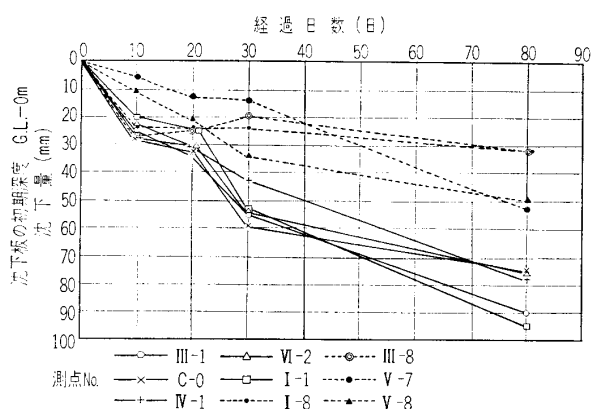


図-9 (a) 各測定点の沈下量

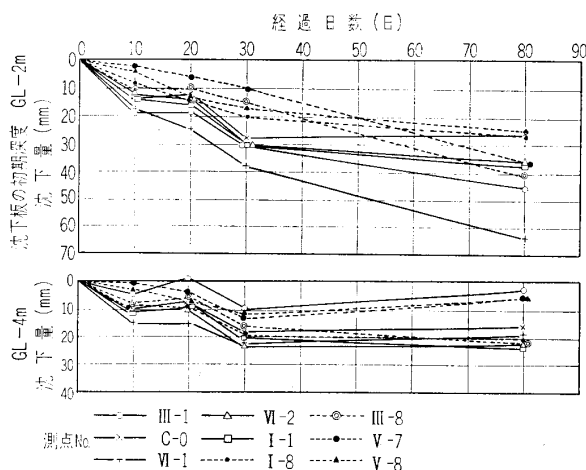


図-9 (b) 各測定点の沈下量

で、各地区の5の位置において表層より-30cm付近の試料を採取して図-10のように圧縮試験を行なった。

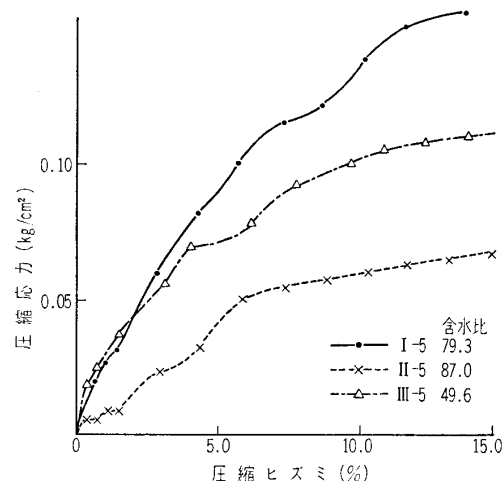


図-10 3ヶ月後の一軸圧縮強さ

7. む す び

浸透工法(MAIS工法)の試験施工に際して、コリティマーシュを使用した超軟弱地盤上で、人は板の上を往来して作業しながらも、排水用紙管を1日に100本以上打設できたので、この施工様式により軟弱地盤の大規模処理が可能になったといえよう。

本工法の効果に関しては、排水量、溶液の比重、含水比、貫入抵抗、沈下量および一軸圧縮試験よりみて施工前後において相当の差があったので、地盤安定の効果があつたと認められた。さらに支持力をいちじるしく増加させるには、なお3ヶ月の工期の追加が望ましい。

以上により軟弱地盤の安定処理方法の一つとして浸透工法(MAIS工法)が有力になったわけで、さらに今後鋭意研究を継続し、施工方法、脱水効果および経済性の改善などに努力したい。

終りに臨み本試験施工にいろいろご便宜をはかっていただいた大阪府企業局臨海開発部および佐伯建設工業KKに深謝する。また日本合成化学工業KK、山陽パルプ工業KK、積水化学工業KK、日本紙管KKおよび日本フリージングKKに協力を得たことを付記し感謝する。

参 考 文 献

- 1) 三瀬 貞: 超軟弱粘土の新しい脱水工法について, 土木学会年次講演会 III-84, 昭和40年5月
- 2) 三瀬 貞, 柳 大夏, 山田 優: MAIS工法による超軟弱粘土の脱水について, 土木学会年次講演会 III-86, 昭和40年5月
- 3) 三瀬 貞, 鈴木健夫, 三上 恒, 米津欽一: MAIS工法によるヘドロの安定処理に関する試験施工, 土木学会年次講演会 III-85, 昭和40年5月
- 4) 三瀬 貞, 鈴木健夫, 吉川 弘, 森泉竜之介: MAIS工法による軟弱粘土層の表層安定処理について, 土木学会年次講演会 III-8, 昭和41年5月

(原稿受理, 1970.11.26)