

Ⅲ-111 極めて軟弱な地盤の改良における2, 3の施工管理法について

鹿島建設技術研究所 正会員 木島詩郎

〃 山本毅史

〃 ○野村幸一

I. まえがき

軟弱な粘性土の地盤改良方法として、サンドドレーン工法およびベーパードレーン工法が一般的である。これらの工法ではパイルの確実な形成、パイルからの排水を長期間持続させることが工事の成果につながるが、地盤が軟弱なほど、またパイルが長尺なほどパイルの形成および排水効果の持続性が問題となる。一方、地盤改良効果を確認するための管理方法として、地盤の強度、沈下量、間ゲキ水圧などの測定が行なわれている。このうち沈下の測定は、地盤が軟弱なほど難しい。

本報文は、ベーパードレーン工法およびサンドドレーン工法による極めて軟弱な粘性土の地盤改良工事に際して、施工管理に採用し、新しい方法として行なったもののうち、

(1)、ケミカルトレーサによる長尺カードボードパイル、サンドパイルの排水効果、サンドパイルの連続性の調査

(2)、R I 計器を利用した沈下計による圧密沈下量の測定

の結果について報告する。

Ⅱ 管理方法

1. ケミカルトレーサ

ケミカルトレーサは化学薬品をトレーサとして使用するものであり、その薬品の種類としては、種々考えられるが、地下水中に含まれていない成分の薬品および地下水の作用により変質しない薬品を使用しなければならぬ。このため一般に使用できる薬品には、表-1のようなものがある。

サンドパイル、カードボードパイルの排水効果の調査、サンドパイルの連続性の調査は次の方法で行なう。

トレーサ用薬品	検出用薬品
硫酸ニッケル($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	ジメチルグリオキシム
クロム酸カリウム(K_2CrO_4)	ジエニルカルバジド
塩化オズ酸($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	滴石酸

表-1 トレーサとして使用する薬品の例

(1) カードボードパイル、サンドパイルの排水効果の調査

カードボードパイル、サンドパイルの打設の際、パイル下端あるいは任意の深さの地盤中に一定量の薬品を装着する。パイル打設後、排出されてくる水を時間をきめて採水し、この水を定量分析することにより、パイルの排水効果、排水効果の持続性、パイル1本当たりの排水量を算出することができる。

(2) サンドパイルの連続性の調査

打設するサンドパイルに、前述の方法と同様にパイルの深度方向に、種類の違った薬品を必要な間隔にセット、パイルからの排出水を定性、定量分析をすることによりパイルの連続性および切断箇所を調べることができる。これらの調査で定量分析をする場合は、パイルからの排出水が直接サンドバットなどに浸透しないようにしなければならない。

2. RI計器(中性子水分計)を利用した流下計

現在、一般に使用されている地中流下計は、ほとんどが内管と外管からなっている二重管式のもので、この形式のものは地盤が軟弱な場合、流下桿が変形し内管と外管が接触したり、内外管の間に軟弱土が流入し、内外管が一体となって流下することがあり、正しい測定値を示さない欠点がある。RI計器を利用した流下計は、これらの欠点を取り除くために開発したものである。RI計器を利用した流下計の構造は、図-1のように流下リングとして塩化ビニール製の容器を使用し、この内部に熱中性子の吸収率の大きいホウ素の化合物を填充してある。このリングの中央にパイプを据

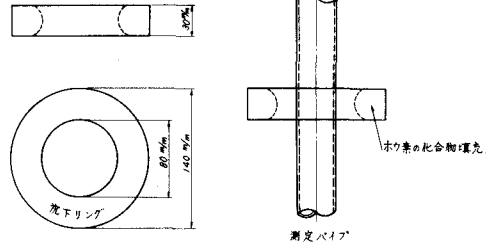


図-1 流下リング及び測定パイプ(塩化ビニール製)

え付け、パイプ内に中性子水分計を挿入し、流下リングの位置を正確に測定することができるといえる。

この流下計の原理については報文番号Ⅲ-88を参照していただきたい。

(1). RI計器を利用した流下計の性能試験

試験に使用した流下リングは外径14cm、内径8cm、厚さ3、5、10cmの三種類のもので、これを径80cm、高さ100cmのステンレス製円筒容器に標準砂を詰め、流下リングの中央に挿込んだパイプ内に中性子水分計を挿入し、カウント数の変化により、流下リングの位置を測定した。その結果、三種とも良い傾向を示したが図-2に5cmの測定結果を示す。測定精度は±1cm程度である。

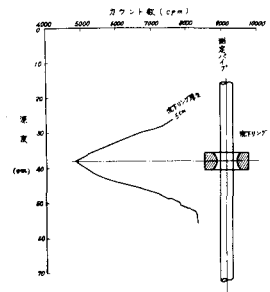


図-2 RIを利用した流下計の性能試験

Ⅲ. 実施例

この管理方法を採用したのは、クランク基礎地盤の改良工事で、埋立層が $C \approx 0.2 \text{ t/m}^2$ (圧密度 $u = 20\%$)と極めて軟弱なために、この状態では地盤改良の際の重機の走行ならびにサンドパイルの形成が困難と判断されたので、ペーパードレーン工法で自重圧密により地盤改良を行ない、粘着力 $C = 0.5 \sim 1 \text{ t/m}^2$ まで改良した後、サンドドレーン工法により改良することにした。工事の概要は次の通りである。

一次改良工事(ペーパードレーン工法)

二次改良工事(サンドドレーン工法)

埋立層($H=10\text{m}$)の改良

埋立、沖積粘性土層($H=18\text{m}$)の改良

ペーパー配置: 1辺0.75~1.0mの正方形配置 パイル配置: 1辺2.5mの正三角形配置

1. カードボードパイルの排水効果の調査

設計では長さ10mのカードボードパイルを打設する計画であるが、パイルが10mとかなり長尺であるため、パイル全長にわたる排水効果を調査する必要がある、本工事に先立ち試験区域を選定してこの調査を実施した。調査は紙に包んだ重クロム酸ナトリウム(20g)をカードボードの先端に装着して打設し、カードボードからの排出水の定量分析を行なった。この時の溶液濃度と経過時間の関係をプロットすると図-3のようになる。この結果では、打設後1時間以内に全てのパイルからの重クロム酸ナトリウム溶液が検出された。なお、この検出結果に影響していると考えられる次の2点について検討する

(1). トレーサ(重クロム酸ナトリウム)の拡散

拡散濃度についてはFickの拡散方程式に基づいて計算した。

Fick の 2 法則は
$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

両端に広がった自由拡散で薬の供給量が無限にあるものとするとき
溶液の濃度は

$$1 - \frac{C}{C_0} = \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right)$$

C_0 : トレーサ装着位置の溶液濃度 (モル濃度)

C : トレーサ装着位置より x cm 離れた所の溶液濃度 (ppm)

t : x cm 離れた所の溶液濃度が C になるのに必要な時間 (sec)

D : 拡散係数 (cm²/sec) 重クロム酸ナトリウム $D = 1 \times 10^{-5}$ cm²/sec

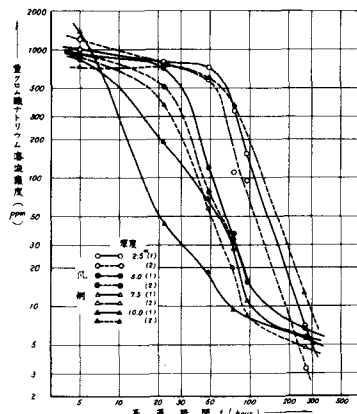


図-3 重クロム酸ナトリウムの溶液濃度の時間的変化

となる。濃度計の検出精度は1 ppmであるので、 $C = 1$ ppmとすると装着位置から1 m離れた位置の溶液濃度が1 ppmとなるのに約300日も要する事から、拡散が検出濃度に及ぼす影響は全然ない。

(2). トレーサ (重クロム酸ナトリウム) の供給量

図-3 では、打設後20~30時間には重クロム酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) の濃度が111000PPMを示しているが、100~150 時間後ではほとんど10ppm以下になっている。

この濃度低下の原因は種々考えられるが、現場で長さ10 mおよび7.5mのカードボードの先端にトレーサを装着し、打設した後これらのカードボードからの排水量を測定したところ長さ10mのカードボードでは1110.4 L/hr、長さ7.5mのカードボードでは103 L/hrであった。この排水量と図-3に示したトレーサ濃度と経過時間からトレーサの流出量について概略計算するとほぼ装着量に近い値となる。このことからトレーサの濃度低下の原因は装着したトレーサの全量が溶解して流出されたことによるものと考えられる。

以上のことから、トレーサの装着量が少なかったため長時間の排水効果については調査できなかつたが地盤内に通割間ゲキ水圧が存在する場合は、カードボード長10mと長尺であっても全長にわたって排水効果があるものと考えられたので、計算どおりカードボード長10mで施工することにした。

2. トレーサによるサンドパイルの連続性の調査

1次改良後においても $C = 0.5 \sim 1.0 \text{ g/m}^2$ と軟弱であり、且つ、サンドパイルが18 mと長尺であるため、サンドパイルの連続性を調査するため、最初、従来一般に行なわれているコーン貫入試験による調査を実施した。この結果を図-4に示した。コーン貫入はパイル中心および円周上の2~4点で行なったが、この方法ではパイルが曲っているのか、切断されているのか、判定できないので新しくケミカルトレーサによりパイルの連続性を調査した。方法は重クロム酸ナトリウムをトレーサとし、サンドパイルの最下端に袋詰めにして投入し、パイルからの排出水の定性分析を行なった。最初に行なった試験パイルは7本で、このうちトレーサによる連続性が認められたのは4本であった。

このためパイルの切断ヶ所およびその原因について種々検討し、打設機械の改良および施工の際の空気圧、砂の投入方法、ケーシングの引抜速度 (10 m/sec) などを規定し、新たに12本のパイルの連続

性を調査した。この結果12本のパイルの全てについて連続性が確認されたので、打設機械、打設方法を改良することにより $C=0.5 \sim 1.0$ の地盤中にも長さ18mのサンドパイルを打設できることが判明した。

3. RIを利用した沈下計による圧密沈下量の測定

(1). 一次改良工事における沈下測定

この沈下計は、1次改良工事において試験的に使用した。

まず、一次改良では、各タンクを中心位置において深度5m

10mの鉛直方向二個所に埋設した。この際、従来の二重管式の沈下計と比較するために、スクリー型の二重管式沈下計を同一地点、同一深度に各1個ずつ埋設した。これら2種の沈下計の測定結果を図-5に示した。

この結果からみると、スクリー型とRI型では沈下傾向はほとんど同じであるが、測定値はRI型の方が安定している。

この結果と両者の構造の違い等から考えて、二次改良工事の層別沈下の測定にはRI計器を利用した沈下計を使用することになった。

(2). 二次改良工事における沈下測定

一次改良工事の場合と同様、各タンクを中心位置およびタンクの周辺に地表面沈下計(平板沈下計)と層別沈下計(RI型沈下計)を設置した。設置深さは地表面(±0m) 下部埋立層の天端(-6m)、沖積層の天端(-10m)とした。

これらの沈下計の測定結果の一例として604 Tankの測定値を図-6に示した。この結果によると、地表面沈下と層別沈下はその沈下の傾向が非常に似ている。地表面沈下において、計算沈下と実測沈下と比較すると両者は沈下傾向も沈下量もほぼ近い値を示している。この結果からRI計器を利用した沈下計は軟弱な地盤の層別沈下量の測定に十分使用できるものと考えられる。なお、沈下計算は大阪市大の三笠博士の圧縮ヒズミによる方法によった。

IV. あとがき

極めて軟弱な地盤の改良における施工管理法として今回採用したケミカルトレーサによるカートボードの排水効果、サンドパイルの連続性の確認方法および中性水計を利用した沈下計による層別沈下量の測定方法は有効な方法であることが判ったが、これらの管理方法を確立するには、さらに検討しなければならない問題点が残されているが、今後これらの問題点を解決し施工管理に十分使用できる方向に進めていきたい。

終りに、今回の施工管理法の開発に、終始、御指導、御協力いただいた鹿島建設KK、有泉昌博士、田中豊氏に厚く感謝いたします。

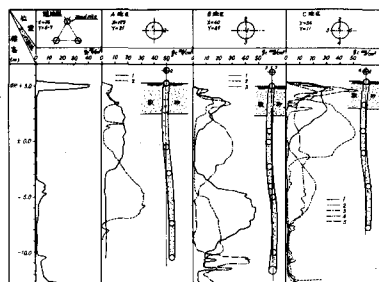


図-4 コーン貫入試験によるサンドパイルの調査

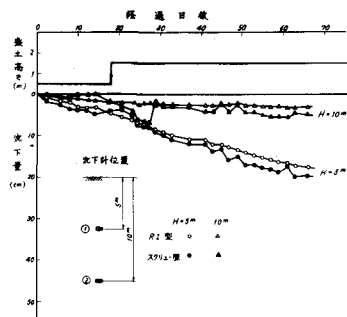


図-5 一次改良工事におけるRI型沈下計とスクリー型沈下計の比較

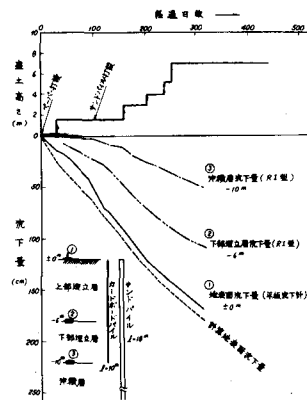


図-6 二次改良工事における沈下量測定結果