

大林組技術研究所

正員 齋藤二郎

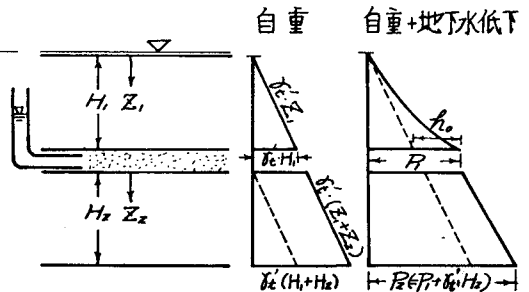
正員 西林清茂

1. まえがき

ウェルポイント工法、デープウェル工法を使用した地下水低下工法は、古くからこれらを単独で用いるか、サンド・ドレーン工法などの圧密促進工法と併用して荷重増加の補助的な役割を果たしてその効果をあげている。著者らはこの地下水低下工法を軟弱地盤下に分布する砂、砂レキなどの透水層を利用して軟弱地盤深層部分の改良に適用すれば、かなりの効果をあげ得るとの観点にたつて研究を始めたものである。地盤改良工法として、現在最も多用されているサンド・ドレーン工法、ペーパードレーン工法などは荷重を併用するが、改良層厚が大であつたり、深い地層の改良を主目的とする場合には、一般に深い部分への荷重伝達が分散作用によつて減少し、改良効果が思わしくない場合が多い。この際、高盛土を計画しても盛土安定の面から制限を受ける。このような深層部分の改良に地下水低下工法を適用する基本的考え方は次の通りである。

埋立地盤あるいは旧海底下の沖積粘性土層には、大抵の場合、中間あるいは粘性土層下に透水層（砂層、砂レキ層など）が分布する。そこで、この透水層の地下水を揚水し、水圧を低下させれば、図-1に示すように透水層の上面（深さ H_1 ）では

$P_1 = \gamma' \cdot H_1 + h_0$ の荷重が働き、水圧の低下分 h_0 だけ荷重増加となつて作用する。透水層の上にある粘性土内も透水層の地下水圧低下の影響が及び、圧密終了時点では後述するような分布形状となつて、深層部分の地盤改良に寄与する。中間透水層の地下水圧を低下させた場合には、透水層下の



粘性土に対して $P_2 = P_1 + \gamma' \cdot Z_2$ の荷重が作用する 図-1 地下水低下 h_0 による有効応力分布

ことになり、水圧低下分 h_0 がより効果的になる。圧密時間に関しては、透水層の地下水圧を低下させることによつて、粘性土層内に下向きの浸透流が発生し、圧密を促進させるが、それでも改良層厚が大のときには他の圧密促進工法に比較して長時間となるので、期間的問題のある場合には他の圧密促進工法を併用すべきである。

このような基本的考え方に立つて、研究の第一段階として、地下水低下が上層粘性土の改良効果に及ぼす基礎的実験を行なつた。この実験は現在も継続中であるが、今回は第一報として実験結果の中間報告を行なう。

2. 実験装置と実験方法

横 5.00×10^{-1} m 巾 0.75×10^{-1} m 深さ 2.50 m のコンクリート実験槽内に粘性土地盤を作成し、（実験-1）では両側に砂壁（巾 25 cm）のみ（図-2のサンド・マットなしの場合）を（実験-2）では両側の砂壁と粘性土層下に厚さ 15 cm のサンド・マットを設けた。両側の砂壁には径 50 mm のドレーンパイプを各2本設置した。砂壁と粘性土間にはスリットのある合板に透水性シートを張つたものを、粘性土とサンド・マ

ツトの境界にも透水性シートを用いた。
 砂壁およびサンド・マットに用いた砂は
 $D_{80}=1.5\text{mm}$ $D_{10}=0.39\text{mm}$ 均等係数 3.8、透水
 係数 $k=1.2\times 10^{-2}\text{cm/sec}$ である。

使用した粘性土は羽田産のものを一旦、水道水を加え、ソイルミキサーで調整したものであり、含水比は 73～80% である。物理特性を表-1 に示す。なお、圧密特性は粘性土地盤作成一週間後（実験開始時）、表面に近い試料を採取して試験した結果、図-3 の体積比 f - 荷重 P の関係を得た。圧密係数 C_v 値は $C_v=1.3\times 10^{-3}\text{cm/sec}$ である。

実験の方法は上記のドレーンパイプを真空ポンプに接続して 2 4 時間連続揚水（貯水タンクの排水時のみ中断）し、砂壁とサンドマット内の地下水圧を低下させた。真空度は貯水タンク段階で 400～500mmHg (0.53～0.66 ㏄) である。実験中は粘性土表面に常時給水して粘性土表面の蒸発による乾燥と、砂壁内のドレーンパイプ付近の真空度を一定に保つた。

地下水低下に伴う粘性土の挙動は表面沈下板（20cm×20cmの板に 5cm×5cm の木杭をとりつけた構造）、間隙水圧計（坂田式；P D 型 0.5 ㏄）、土圧計（坂田式；P D 型 0.5 ㏄）を設置して観測し、粘性土の強度変化をサウンディングテスト（コーン・ペネトロメーター）で測定した。

3. 実験結果と考察

（実験-1）はドレーン壁で粘性土を完全に囲み、砂壁の地下水位を低下させる工法^{注)}を想定して砂壁付近の改良効果を確認する目的のためのものであつた。容易に予想されるように、地下水位低下の改良効果は砂壁に近い部分に集中する。粘性土の表面沈下量測定結果（図-4）を見ると、沈下量は砂壁に近いほど大で中央は小となる。30 日経過時点の中央 S-5 の沈下量は 17.3cm で砂壁に最も近い S-1 (9.2cm) の約 $1/2$ であり、相当の差が見られる。図-5 の粘性土層最下端に設置した間隙水圧の変化も同様の傾向を示した。したがつて、粘性土の両側のみを水圧低下させただけでは砂壁^(注) 軟弱地盤を 15～20m ピッチ程度の垂直ドレーン壁（砂壁など）で格子状に囲み、各格子点にディープウェルを設置して ドレーン壁内の水位を下げ地盤改良しようとする工法。中央にエヤブ

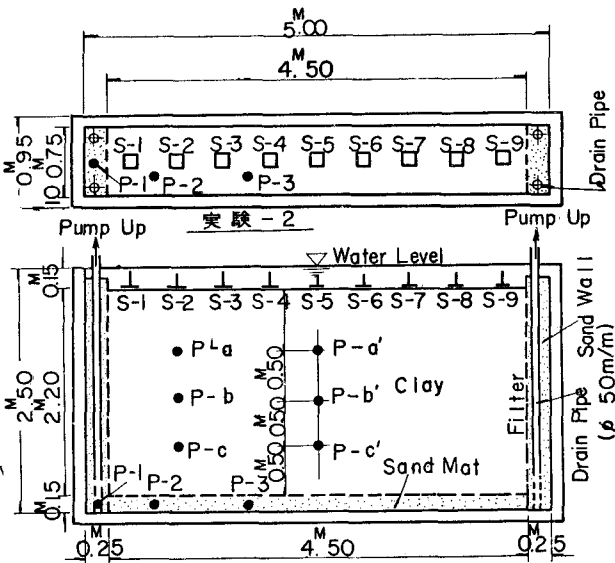


図-2 実験装置と観測計器

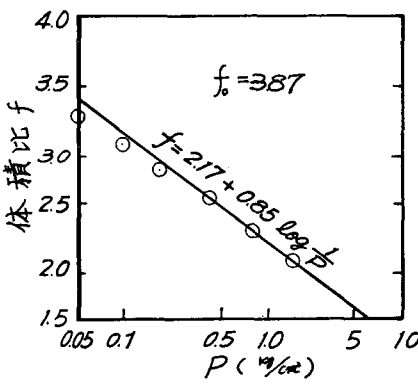


図-3 使用した粘性土の $f-P$

土の組成	砂	24
	シルト	68
粒径	$D_{60}(\text{mm})$	0.047
	$D_{10}(\text{mm})$	0.006
均等係数		7.833
含水比 (%)		73~80
真比重		2.492
湿潤密度 (g/cm^3)		1.53
飽和度 (%)		93~98

表-2 物理特性

ロー装置も設置する。) 近い部分は地下水圧低下の影響が大きいであるが、全体的圧密効果は小さくあまり期待できないようである。

そこで、粘性土層下の透水層を利用して全体的圧密効果を

を期待したのが、図-2のサンド・マットを用いた(実験-2)である。この場合にはサンド・マットの両側で地下水を揚水すれば、サンド・マット内の水圧も低下する。間隙水圧計の測定結果によるとサンド・マット内の間隙水圧は0.02~0.03 ㍻であつて同位置の自 水圧0.23 ㍻(水位差230cm)に比較して約0.20 ㍻(水位差200cm)の水圧低下であつた。

このときの各位置の沈下量は図-6に示すように(実験-1)と同様、砂壁に近い部分で大の傾向を示しているが

各位置の沈下量の差は小さく

40日経過時点の砂壁に近いS-1(18.3cm)と最も離れたS-5(13.5cm)との差は4.8cmで、S-5の沈下量はS-1の74%に達している。この沈下量の差は砂壁

の影響と見ることができ、この結果からもサンド・マット内の水圧低下の効果がわかる。図-7は粘性土内の間隙水圧変化状態であるが、これによると、サンド・マットに近いP-C, C'の値はかなり急速な間隙水圧低下を示し、P-b, P-a, a'とサンド・マットから離れた表面に近づくほど低下は援慢である。これは過剰間隙水圧の相対量と、排水距離のためである。表-3は40日経過時の間隙水圧の低下量を示したもので()内の数字は実験開始時、圧密度 $U=0$ とした場合の計算値であ

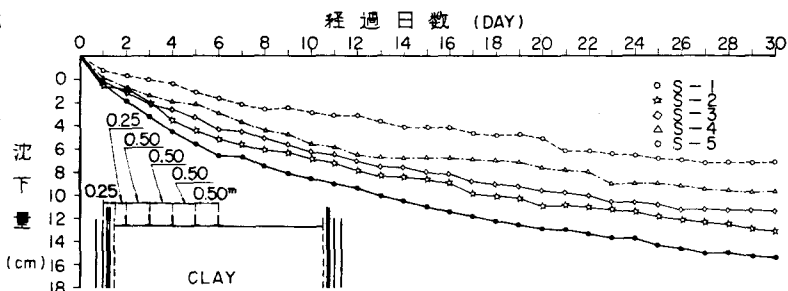


図-4 両側のみ水圧低下させた場合の沈下量測定結果

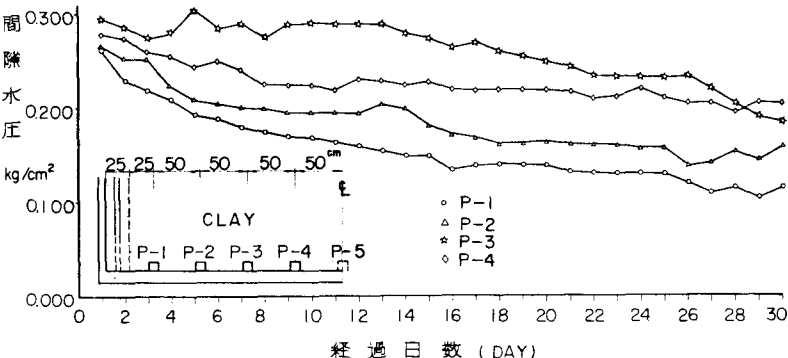


図-5 両側のみ水圧低下させた場合の間隙水圧測定結果

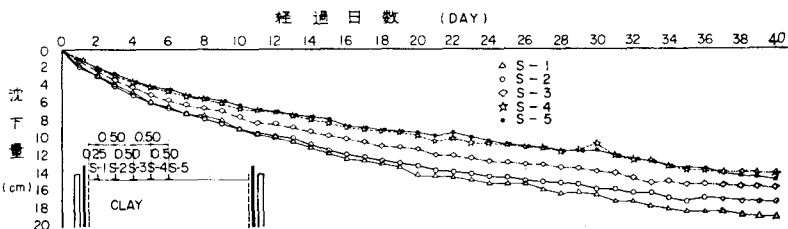


図-6 サンド・マット内を水圧低下させた場合の沈下量測定結果

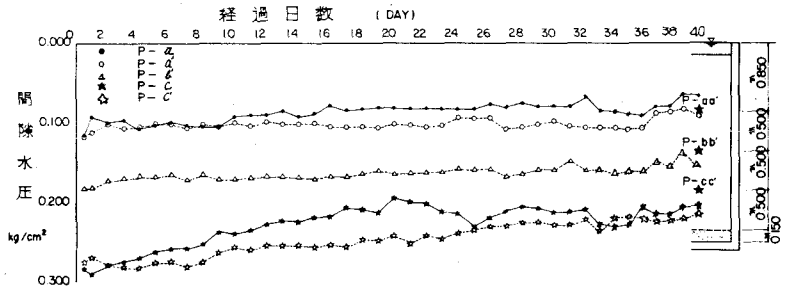


図-7 サンド・マット内を水圧低下させた場合の間隙水圧変化

位置	初期値	40日経過時	間隙水低下量
P-a	0.110 (0.122)	0.076	0.034
P-a'	0.110	0.095	0.015
P-b'	0.180 (0.198)	0.156	0.024
P-C	0.280 (0.275)	0.215	0.075
P-C'	0.275	0.223	0.052

表-3 間隙水圧の低下量

る。図-8は三笠氏の理論によつて求めた自重および地下水圧低下 h_0 による粘性土各深さの有効応力 P の分布である(図-9は Z_0-P を求めるために使用した Z_0-f の関係)。この図は圧密

終了時点の有効応力分布を示しているが、有効応力 P は自重のみでは深さ Z_0 に比例して増加するのに対し、地下水圧低下

0.2%が発生すると深くなるにしたがつて急増するのがわかる。たとえば、土質条件を今回の粘性土と同一とし、(1)粘性土層厚 $H_0=10$ m、水圧低下量 $h_0=5$ m (0.5%)と仮定して粘性土層内の有効応力分布を求めてみたのが図-10である。これからも、地下水圧低下が圧密荷重に寄与する大きさは深層ほど大であり、深層改良に有効なことがわかる。図-11は(実験-2)における強度分布をコーン支持力 q_c で表わしたものであるが、間隙水圧分布、および Z_0-P 関係から推測されるようにサンド・マツトに近い深層部分の強度増加が著しい。

4. あとがき

軟弱地盤の深層改良は東京湾沿岸の実際工事に見られるように強度増加、残留沈下防止のために必要となつてはいるが、載荷圧密促進工法では効果が思わしくない場合がある。自然地盤の透水層の水圧を低下させ圧密荷重に利用する

方法は基礎実験段階であるので確言は出来ないが効果あるものとする。今回は中間報告であるが、次回には圧密進工における解析についても報告したい。

参考文献

三笠正人；軟弱粘土の圧密，
鹿島研究所出版会

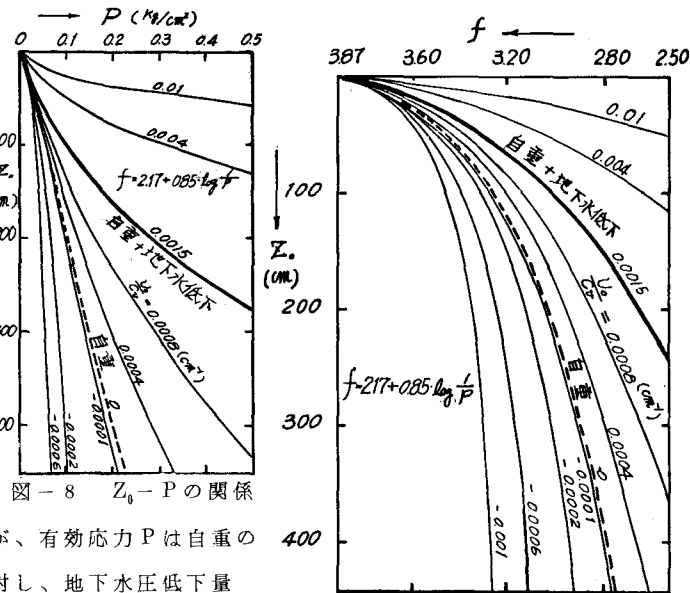


図-9 Z_0-f (圧密終了時点)

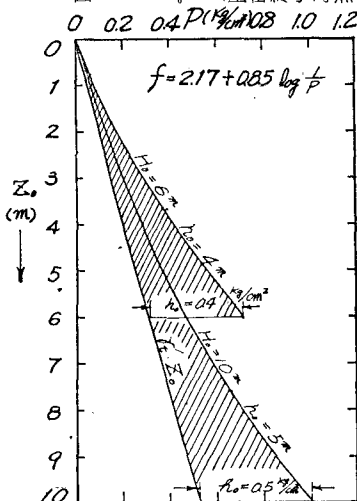


図-10 水圧低下 h_0 の分布(例)

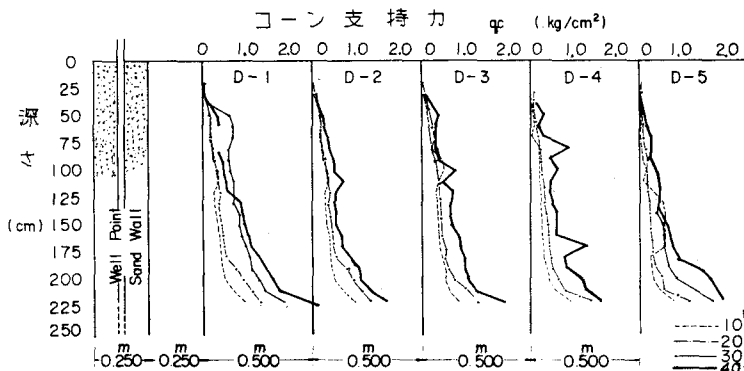


図-11 サンド・マツト内を水圧低下させた場合の強度変化