

東海大学 正員 嶋田 倍徳 東海大学 正員 赤石 勝
東海大学 学員 深見 史郎 東急建設(株)技研〇正員 益子孝次

1. まえがき

サンドドレーン工法は、多くの施工実績があるにもかかわらず、近年その有効性について議論されることが多い。この工法の沉下に対する改良効果を支配する問題点として、水平方向圧密係数 C_h の決定法 サンドシームの存在とその排水能力 砂柱の連続性と水頭損失 サンドパイル打設に伴う周辺地盤のかくれおよび載荷重応力の砂柱への集中などが考えられる。しかしこれらの問題を一挙に解決することは、ほとんど不可能と思われるので単純化した実験条件のもとで逐次実情にあった解決の方向を見出すことが重要であろう。本研究は、このような複合地盤の力学的諸特性を解明するためのオー段階として、砂紙綿を使用したドレーン材と軟かい粘土の変形特性の相違に着目し、バーチカルドレーン工法の応力集中効果に関し室内実験を通じ種々の検討を加えたものである。

2. 試料と実験方法

2.1) 試料 実験には、2種類の粘土を用いた。またドレーン材の砂としては、豊浦標準砂 S_1 と富士川産のシルトまじり川砂 S_2 を用いた。表-1に試料の物理的性質を示す。

2.2) 実験方法 実験には、圧密リング直径20cm、高さ7cmの2連式大型圧密試験装置を使用した。含水比が液性限界に等しくなるよう加水調整し、十分に練り返した飽和粘土を用いた。予備圧密荷重 $P=0.17\text{kg/cm}^2$ で圧密終了後、肉厚の薄い金属円筒で穿孔しドレーン材を設置した後、載荷重を加えた。実験Iは、圧密に伴う応力集中効果を判定するため、サンドドレーンの直径・間ゲキ比を表-2のように変化させた。また実験IIでは、ドレーンの直径を一定として行なったが、そのうち試料Bでは応力集中が生じないよう粘土とはほぼ同じ圧縮性を示す円筒状の綿と紙のドレーン材を用いた。実験条件は、粘土の種類とドレーン材の条件を示す記号で表示する。たとえばA-aは、粘土Aに対する標準砂ゆる詰めサンドドレーン実験である。ドレーン材を設置した試料の圧密試験では、粘土内の間ゲキ水がドレーン材を通し水平方向にのみ排水されるように粘土試料の上下両端をビニールシートでシールした後載荷重を加えた。またドレーン材を設置しない無処理については、標準圧密試験と同じ方法で載荷した。圧密荷重 $P=1.34\text{kg/cm}^2$ (荷重増分 $\Delta P=1.17\text{kg/cm}^2$)による沉下量をダイヤルゲージを用い6日間測定した後、砂柱から約2cmはなれた部分から粘土試料をとり出して径3.5cm、高さ約7cmの供試体を作り一軸圧縮試験を実施した。なお無処理試料は、片面排水で実験を行なった。

表-1

試料記号	A(CH)	B(MH)	S_1 (SP)	S_2 (SM)
比重 G_s	2.79	2.69	2.65	2.76
粘土(%)	17	15	0	0
シルト(%)	60	73	0	6
砂(%)	23	12	100	91
WL(%)	72.6	80.8	$D_{50}=0.3\text{mm}$	$D_{50}=0.08\text{mm}$
Wp(%)	31.9	40.5	$D_{60}=0.27\text{mm}$	$D_{60}=0.08\text{mm}$
w_L (%)	50.3	59.6		

表-2

実験	試料	砂柱間隔 d	砂柱直径 d_w (cm)
I	A	a, 0.75	2.41, 3.04, 4.00
		b, 0.47	5.19, 6.88
II	A	a, 0.78	4.00
	B	b, 0.45	
		m, 0.84	
		n, 0.54	
ドレーン材の条件を示す記号			
標準砂ゆる詰め a. 川砂ゆる詰め m 密詰め b. 密詰め n ペーパードレーン X. コットドレーン Y 無処理 Z.			

3. 実験結果と考察

3.1 時間～ヒズミ量の関係

図-1は、突棒によって密詰め状態に突固めた砂柱の平均間ゲキ比 $\bar{e}=0.47$ の場合の時間～ヒズミ量曲線である。かなりのばらつきは認められるが、無処理試料の場合に比較して砂柱径が大きい程最終ヒズミ量が減少している。またドレーン材を設置した試料($n=5.0, 6.6, 8.3$)の圧密速度は、

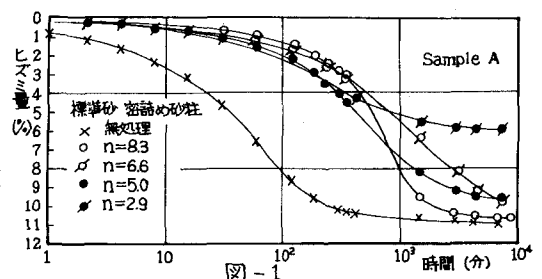
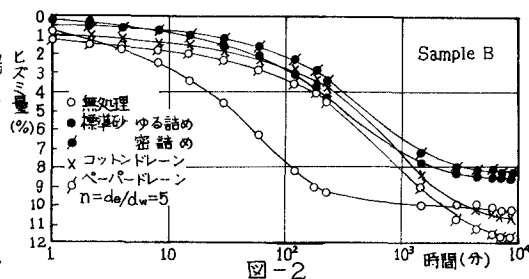


図-1

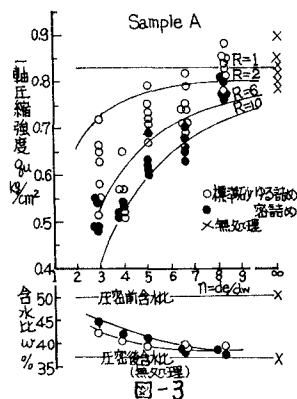
無処理試料の圧密速度よりかなりおくれることがわかる。

図～2は、試料Bを用いてドレーン材をa,b,x,yとした場合の時間～ヒズミ量曲線と無処理試料の時間～ヒズミ量曲線を比較したものである。図～2によれば $n=5$ のB-aおよびB-bについては、それぞれ $n=5$ のA-a、A-bの場合とはほぼ同じ傾向が示されている。これに対してB-xおよびB-yの場合の最終ヒズミは、いずれも無処理の場合の最終ヒズミ量よりも大きく、圧密に際してドレーン材の紙また綿が横方向にもかなり圧縮されたことを示している。



3.2 応力分担比と粘土の含水比および一軸圧縮強さ

図～3は、試料Aを用いた圧密後の粘土部分の含水比 w と一軸圧縮強さ q_u を有効径 d_e と本実験では一定と砂柱径 d_w の比 $n = d_e/d_w$ に対して比較して示したものである。図によれば n が大きくなるにしたがって、圧密による含水比の減少が大きくなって一軸圧縮強度も上昇している。また n が大きくなるほど圧密後の含水比および一軸圧縮強さは、無処理の場合に近づいている。いま応力分担比 R を次式で表わす。 $R = (2 \cdot n^2 \cdot \sigma \cdot m / q_u) - n^2 + 1$ (1) m は強度増加率、 σ は平均載荷応力である。応力分担比 R はゆる詰めの場合 $R=2 \sim 6$ 、密詰めの場合 $R=6 \sim 10$ 程度が得られる。図～4には、試料Bについて圧密後の含水比および一軸圧縮強さを比較したものである。この場合ペーパードレーンとコットンドレーンについては、含水比一軸圧縮強さともに無処理の場合とほとんど差異がないことがわかる。ゆる詰め、密詰めともに $R=3 \sim 6$ 、ペーパードレーンおよびコットンドレーンは、 $R=1 \sim 2$ が得られた。



3.3 応力分担比と沈下阻止率

図～5は、試料Aの圧密実験から得られた無処理の場合の最終ヒズミ ϵ_n とドレーン処理した場合の最終ヒズミ ϵ_f を n に対してプロットしたものである。沈下阻止率 β を次式で表わす。 $\beta = \epsilon_f / \epsilon_n = n^2 / (R + n^2 - 1) = \sigma_f / \sigma$ (2)

(2)式を適用すると図のように $R=2 \sim 10$ となり、図～3で得られた R と一致する。なお(2)式で $R=2 \sim 10$ 、 $n=3 \sim 10$ とおくと $\beta=0.5 \sim 1.0$ の値が得られる。

3.4 応力分担比と圧密速度

図～6は、圧密試験から求めた $U=50\%$ に対する無処理の場合の圧密に要する時間 t_n 、およびドレーン設置して処理した場合の時間 t_f を用い、 $C_v t_n$ を求め、 $n = d_e/d_w$ に対してプロットしたものである。図～6によるとゆる詰め、密詰めなどの差がわずかながら認められる。サンドドレーンの圧密速度は、無処理の場合と異なり応力集中効果が関係していると考えてよいだろう。

4. まとめ

得られた結果を要約すると次のとおりである。1)ゆる詰め時のサンドドレーンでも応力集中の可能性がある。2)ドレーン周辺の粘土の強度に応力集中が影響する。3)応力集中効果によってヒズミ量が減少する。また圧密速度も小さくなる。

5. 参考文献

梶田 赤石；「サンドドレーンの適応性について」オ29回学術講演会講演集，1974

