

川崎市役所 正 松川 一貴
東海大学 正 赤石 勝

1. 緒言

道路工事に伴う盛土あるいは臨海工業地帯の開発に伴う構造物の建設が、地盤条件の悪いところに実施される例が非常に多くなっている。このような軟弱地盤の改良工法として、サンドドレーン工法やサンドコンパクションパイル工法が採用されている。これらの砂柱を用いた改良地盤の設計上の問題点の一つに、載荷重の砂柱への応力集中の評価が困難なことがあげられる。

本研究は、砂柱と柔らかい粘土の変形特性の相違に着目し、サンドドレーン工法及びサンドコンパクションパイル工法の一次元圧密中における応力集中効果に関し、室内実験を通じ検討を加えたものである。

2. 試料および実験方法

実験には、2種類 (A, B) の粘土を用いた。またドレーン材としては、豊浦標準砂 (S_1) と相模川産の川砂 (S_2) を用いた。これらの試料の物理的性質は表-Iに示す通りである。

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、十分練り返した粘土を用いた。

予備圧密荷重 $p_0 = 0.17 \text{ kg/cm}^2$ で圧密終了後、肉厚の薄い金属円筒で穿孔し砂柱を設置した。

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・間隙比を表-IIのように変化する。

圧密終了後、砂柱から約2cm離れた部分から粘土試料を取り出して径3.5cm、高さ約7cmの供試体を作り一軸圧縮試験を実施し、強度増加率を調べた。また実験 II では砂柱の間隙比の変化を観察した。

表-1

試料 記号	比重	粒 度 特 性 %			圧密前 含水比 w_0 %
		砂 分	泥分	粘土分	
A	2.79	23	60	17	50.3
B	2.68	18	43	39	63.5
S_1	2.65	100	0	0	—
S_2	2.71	100	0	0	—

表-2

実験	試料	砂柱間隙比	砂柱直径 d_w (cm)
I	A	0.75	2.41, 3.04
		0.47	4.00, 5.19
II	B	0.02	3.80
		0.43	5.27
		0.62	7.50
		1.65	13.21

3. 実験結果と考察

図-1, 図-2は時間-ひずみ、図-2は砂柱直径を変えた場合の応力-ひずみ曲線である。砂柱を設置した試料の圧密速度は無処理試料よりもかなり遅れ、沈下の阻止効果の結果として最終ひずみ量の低減が認められる。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_w の比 $n = d_e/d_w$ に対して比較したものである。砂柱径が小さくなるにしたがって、圧密による含水比の低減の度合いが大きくなって、一軸圧縮強度も上昇していることが認められる。

$\phi = 0$ とみなし得る粘土について強度増加率を m とすれば、粘土の圧密後における応力分担比 R は次式で示される。

$$R = \frac{2n^2\sigma_m}{q_u} - n^2 + 1 \quad (1)$$

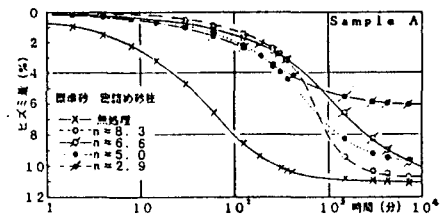


図-1. 1

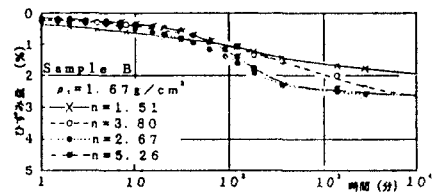


図-1. 2

いま試料Aの場合のmを用いて σ 、 q_u およびnに対するRを(1)式から求めて図-3にあらはめると、ゆる詰めの場合 $R=2\sim6$ 、密詰めの場合 $R=6\sim10$ 程度の値が得られる。 $R=2\sim10$ の範囲は、軟弱地盤処理のため施工したサンドコンパクションパイルについて、現場において測定された多くの結果とも対応している。なお応力分担比Rを適切に推定できれば、処理地盤に期待される圧密後の一軸圧縮強さ q_u を求めることができる。

ところで、応力が集中し無処理の場合に比べて体積圧縮ひずみが減少する場合の沈下阻止率を β で表すと次のようになる。

$$\beta = \frac{\epsilon_f}{\epsilon_n} = \frac{1}{m_{vc} \sigma} \frac{m_{vc} \sigma n^2}{R + n^2 - 1} = \frac{n^2}{R + n^2 - 1} = \frac{\sigma_c}{\sigma} \quad (2)$$

ここに、 m_{vc} は、粘土の体積圧縮係数である。すなわち $R=1$ の場合、 $\beta=1$ 、 $\epsilon_f=\epsilon_n$ となって阻止効果はみられない。

図-4は試料Aの圧密実験から得られた無処理の場合の最終ひずみ ϵ_n とドレーン処理した場合の最終ひずみ ϵ_f を、nに対してプロットしたものである。これに対し(2)式を適用すると図のように $R=2\sim10$ となり図-3で得られたRと一致する。なお、(2)式で $R=2\sim10$ 、 $n=3\sim10$ とおくと、 $\beta=0.5\sim1.0$ が得られる。

さて砂柱の間隙比の変化を表す指標として、砂柱密度の変化を表したものが図-5である。図-6は圧密による砂柱の直径の変化を示したものである。これらの図より圧密による砂柱への応力集中の結果、砂柱は変形し密度変化即ち間隙比の変化が生じていることがわかる。砂柱密度の変化は、軟弱地盤と砂柱との剛性により、ある一定の密度におさまろうとする傾向がみられる。しかしそれを明確に決める方法は、今後の課題である。

4. むすび

得られた結果を要約すると、次のようになる。

- ①ゆる詰めの場合でも応力集中の可能性はある。
- ②ドレーン周辺の粘土の強度に応力集中が影響する。
- ③砂柱への応力集中効果によって粘土の圧縮量は減少する。
- ④粘土中に設置した砂柱の間隙比によって、砂柱は圧密に伴い膨張・収縮を行う。

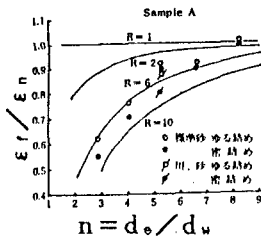


図-4

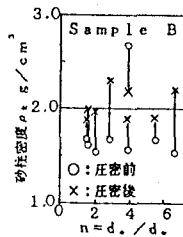


図-5

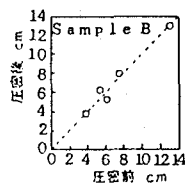


図-6

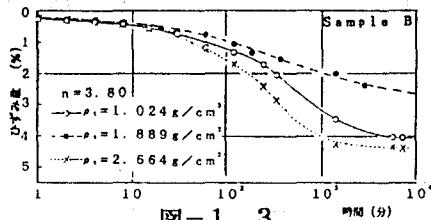


図-1.3

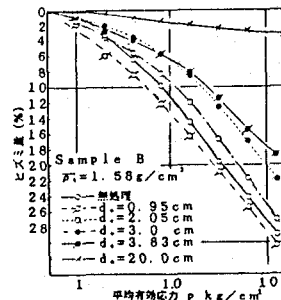


図-2.1

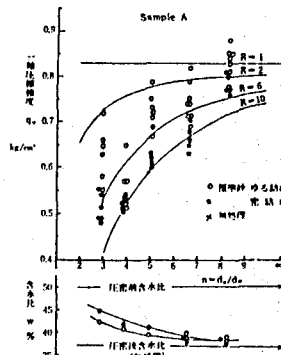


図-3

5. 参考文献

- (1) R.A. Barron: "Consolidation of Fine-Grained Soils by Drain Wells." Trans. A.S.C.E., Vol. 113, 1948
- (2) 稲田・赤石・太田: "サトドレーンの適応性について" 土木学会, 第29回学術講演会講演集, 1974
- (3) 網干: "サトドレーン工法による軟弱地盤の改良について" 土と基礎 Vol. 20, No. 8, 1972
- (4) 日本道路公団名古屋建設局: "名神高速道路大垣試験工事報告書" 1965
- (5) H. Yoshikuni: "A Study on the Consolidation Process Affected by well Resistance in the Vertical drain Method." Soil Foundation. Vol. 7, No. 4,