

佐賀大学 理工学部 正員 ○鬼塚克忠
吉武茂樹

1. はじめに 圧密試験を行い、沈下量を求めるような地盤の土は必ずしも細粒土（粘土、シルト）とは限らない。一般には、図-1の例のようにかなり粗粒土（砂、レキ）を含んでいる場合が多い。圧密特性は細粒土・粗粒土の混合の比率や各々の物理的特性値によってかなり異なるものと考えられる。著者は細粒土、粘土として有明粘土と市販のカスリンを用い、これらに粗粒土の豊浦砂を加えた混合土の圧密特性について報告した。今回は、上記の粘土に石粉（炭酸カルシウム）を加え、圧密特性を調べた。本報告は、これらも含め、混合土の圧密降伏応力、圧縮指数、膨張指数、二次圧密係数、体積圧縮係数、圧密係数、透水性係数などについて述べる。

2. 試料と試験方法 粘土として有明粘土と市販のカスリン、砂として豊浦砂、石粉を用いた。表-1に示すように、カスリンは有明粘土に比べ粒径はかなり小さいが、活性土は有明粘土の約10分の1である。石粉は粒度的にはシルトに属するが、物理的・力学的には砂である。両者の粒径加積曲線は相似している。石粉を砂として扱う。

粘土の有明粘土、カスリンに豊浦砂、石粉を全乾燥重量の0, 20, 40, 60, 80, 100%になるように加えた。粘土2種類、砂2種類で計4種類の組合せである。有明粘土は自然含水比の湿潤試料、カスリンは液性限界以上の含水状態の試料に砂を混合した。これらの試料を高さ5cmのカレーを取付けた直径6cm、高さ2cmの圧密リングの中にゆき詰め、0.1, 0.2, 0.4, 0.8 kgf/cm²の圧密荷重を各段階1日追加した。最終段階の沈下量が安定した後、上部カラーを取除き試料の上部を切取って供試体とした。この $P_0 = 0.8 \text{ kgf/cm}^2$ の圧密先行応力を受けた供試体について標準圧密試験を実施した。

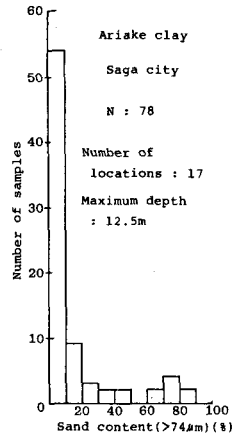


図-1. 有明粘土の砂含有量

表-1 試料の性質

Sample	G_s	Distribution			w_L (%)	w_P (%)	I_p (%)	A_c	U_c
		sand	silt	clay					
Ariake clay	2.61	11	57	32	136	50	86	5.1	—
Kaolin	2.71	0	24	76	61	35	26	0.5	—
Toyoure sand	2.64	100	0	0	—	—	—	—	1.4
Stone powder	2.65	0	99	1	—	—	—	—	2.0

3. $e-\log P$ 曲線 3.1 圧密降伏応力 図-2は、有明粘土、カスリンに豊浦砂を加えた混合土の $e-\log P$ 曲線である。砂の混合率が大きくなるにつれて全体がフラットになり、明確な変曲点が見られなくなる。三笠の方法で求めた圧密降伏応力

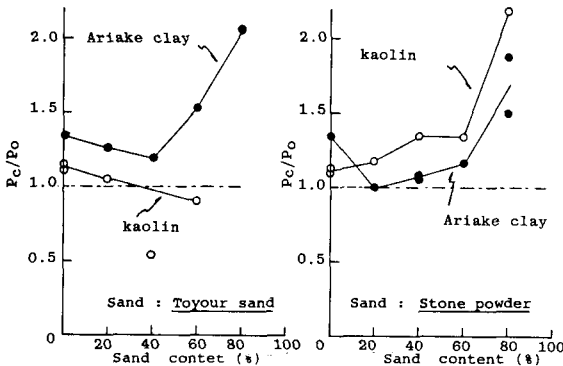


図-3. 圧密降伏応力・圧密先行応力比と砂混合率

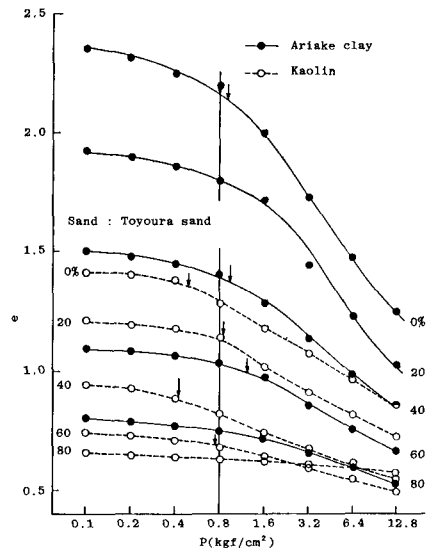


図-2. 混合土の $e-\log P$ 曲線

e_p と圧密先行応力 p_0 ($=0.8 \text{ kgf/cm}^2$) の比を砂の混合率に対してプロットしたのが図-3である。 e_p と p_0 の間にはかなりの差がある。特に砂の混合率が60%を越えると e_p は大きく求まり、正確な値は得られにくい。作図法による圧密降伏応力算定の適用限界は砂の混合率60%と言える。

3.2 圧縮指数と膨張指数 $e-\log p$ 曲線の傾きを示す圧縮指数 C_c は砂の混合率が増えると直線的に減少する。カスリンの C_c は有明粘土の約半分である。砂が豊浦砂、石粉であれ、混合土の C_c の値は変らない。これらの C_c と塑性指数 I_p に対してプロットすると、図-4のように I_p の減少とともに小さくなる。およそ1本の直線で表せる。 $C_c = 0.10 + 0.80(\frac{I_p}{100})$ 。

次に圧縮指数と圧密先行応力 ($p_0 = 0.80 \text{ kgf/cm}^2$) と等しい圧密荷重時の間隙比に対して整理すると、試料の建いにかかわらず図-5のように1本の直線に集る。 $C_c = 0.49(e_{p0} - 0.41)$ 。著者らは別に乱さない有明粘土の C_c と自然間隙比 e_n の関係も数多いデータより統計的に求めているが、上式と完全に一致している。 $e_p - \log p$ 曲線は土の種類に因らず、圧密先行応力とそのときの間隙比で決まると言える。

$e-\log p$ 曲線の除荷曲線の傾き C_s は砂の混合率の増加とともに小さくなる。混合土の種類にかかわらず C_s は C_c の10分の1である。 $C_s = 0.10 \cdot C_c$ 。これらの膨張指数 C_s と塑性指数の関係を示すと、図-6のように $C_s = 0.01 + 0.08(\frac{I_p}{100})$ となる。

4. 圧缩量と時間 砂の混合率が60%を越えると、載荷後僅か数秒で一次圧密が終了する。それ故、砂の混合率が60%以上の混合土について、Terzaghiの圧密理論と適用することはできない。次に各試料の各荷重段階における圧密沈下量 d と $\log t$ のデータより二次圧密係数 C_α を求めた。 $C_\alpha = \frac{\Delta e}{\Delta \log t}$
 $= \frac{1}{h_0} (1 + e_0) \frac{\Delta d}{\Delta \log t}$ で定義される。正規圧密傾の平均値を採ると図-7のように、有明粘土で $C_\alpha = 0 \sim 0.08$ 、カスリンで $C_\alpha = 0 \sim 0.005$ の値を有し、粒径は大きいが活性度の高い有明粘土の方がカスリンより1オーダー大きい。

5. 体積圧縮係数 両粘土とも砂の混合率が大きくなると体積圧縮係数は小さくなる。有明粘土で80%、カスリンで60%の混合率を越えると、その圧縮特性は砂自体のそれと類似してくる。 m_v と平均間隙比 e の関係や m_v の値は混合土中の砂が豊浦砂、石粉の建いに因らず同一である。

6. 圧密係数、透水性係数 砂の混合率0~60%の混合土について、圧法で C_v' 、 K を求めた。有明粘土の混合土で $C_v' = 2 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-4} (\text{cm}^2/\text{s})$ 、カスリンの場合 $C_v' = 2 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-3} (\text{cm}^2/\text{s})$ と10~40倍大きい。透水性係数もカスリンの方が5~7倍大きい。これらは活性度の違いによる。圧密係数、透水性係数ともに、砂が豊浦砂、石粉であれその建いの影響は受けない。

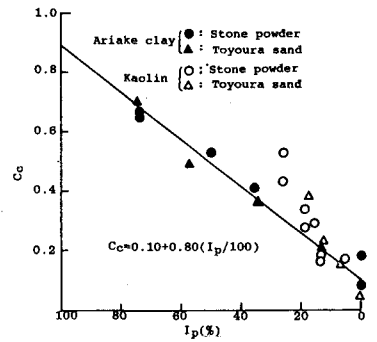


図-4. 圧縮指数と塑性指数の関係

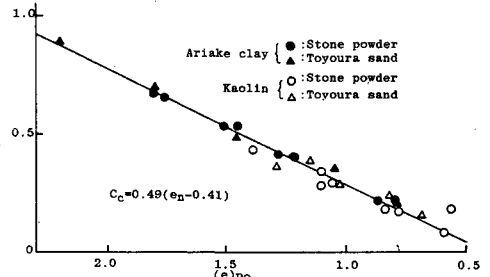


図-5. 圧縮指数と圧密先行応力時の間隙比

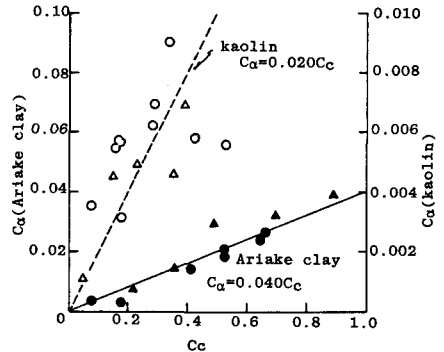


図-7. 二次圧密係数と圧縮指数

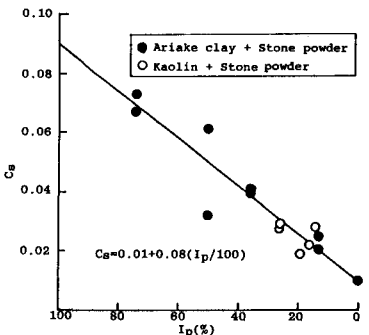


図-6. 膨張指数と塑性指数の関係

参考文献 1) 泉塚・吉武：砂粘土混合土の圧縮特性，昭和52年度西部支部研究発表会講演集，1977, PP. 93-94. 2) 泉塚・吉武：有明粘土の圧縮指数と物理的性質の相関，土と基礎，Vol. 33, No. 4, 1985, PP. 67-69. 3) 中瀬・中・望地：混合土の圧密特性，第13回国土工学研究発表会，1978, PP. 213-216.