

1. まえがき

道路や滑走路の路床、路盤のような土は繰返し荷重の作用を受けるので、その変形量が問題となる。さらに、強度的には応力履歴による影響が粒子構造に変化を与えることは周知の通りであり、Seed⁽¹⁾、鈴木⁽²⁾、北郷⁽³⁾らは土質や荷重条件、載荷時間等と連えて実験を行なっているが、複雑な問題が多いことを示している。そこで我々は豊浦標準砂と市販カオリンの混合土を用い、粒度分布が静的および繰返し強度に対して如何なる関係を示すかを基礎的に検討した。なお、今回は強度的な結果だけに着目して報告する。

2. 材料と実験方法

使用材料は豊浦標準砂 ($G_s=2.645$) と市販カオリン ($G_s=2.707$, $w_L=46.7\%$, $w_p=33.6\%$) を重量比で混合したもので、カオリン含有量 (以下 K と記す) を 0, 10, 20, 40, 60, 80, 100% とした。ここで、 $K=20\%$ はカオリン 20%, 砂 80% の混合土を意味するものである。供試体寸法は直径 5cm, 高さ 12.5cm, 突固めは独自に考案したタンバードエネルギー一定にできるもので、標準突き (JIS A 1210) 相当の $E_c=5.6 \text{ kg/cm}^2$ とした。試験は静的、繰返しともに三軸圧縮試験機により非圧密非排水条件である。静的三軸圧縮試験はそれぞれの混合土に対し、含水比を変化させ締固め曲線上の密度としたが、繰返しの場合は最適含水比だけに限定した。さらに、繰返し試験装置は空気圧を用いシリンダーで繰返し応力が載荷できるように改良したものである。繰返し載荷時間は周期 2 秒 (載荷 1 秒, 除荷 1 秒) とし、繰返し回数は 10^3 回、側圧は $\sigma_3=1.0 \text{ kg/cm}^2$, 繰返し応力 σ_r は静的圧縮時の最大応力 $(\sigma_1-\sigma_3)_{\max}=\sigma_c$ の 25%, 50%, 75% を目標にした。

3. 試験結果と考察

3-1. 静的三軸圧縮特性

図-1, 2 は静的圧縮強度定数がカオリン含有量によって変化することを示したものである。飽和度 S_r をパラメーターにした場合、バラツキはあるが、見かけの粘着力 C_u は $K \leq 20\%$ で 0.1 kg/cm^2 前後, $20 < K \leq 40\%$ で急激な増大を示し, $K=40\%$ で C_u は最大値となる。しかし, $K > 40\%$ ではやや減少し横這状態であり, S_r が 70~90% では C_u に与える影響は少ないと考えられ、むしろ $S_r < 60\%$ と $S_r=100\%$ において C_u は変化が大きいと思われる。このことは鬼塚らの研究で明らかにされ, $S_r=60\%$ 位でピークとなることを示している。図-2 は内部摩擦角 ϕ_u-K の関係で, $K > 20\%$ においては飽和度に対して ϕ_u の変化が大きいことがわかる。特に, $S_r=90\%$ で ϕ_u が激減している。このことは $S_r \leq 80\%$ の状態と $S_r=100\%$ の挙動は間ゲキ圧の発生に差があるからと考えられる。さらに、図-1, 2 から大略して $K < 20\%$ と $K \geq 40\%$ においては強度定数に明瞭な変化があり、前者を力学的に砂質土とし, $K \geq 40\%$ を粘性土として分類できることが明らかである。

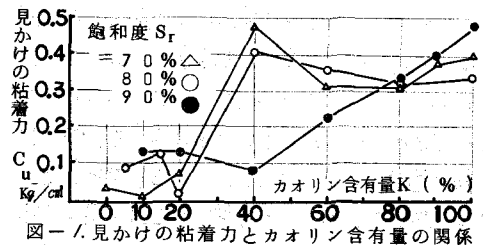


図-1. 見かけの粘着力とカオリン含有量の関係

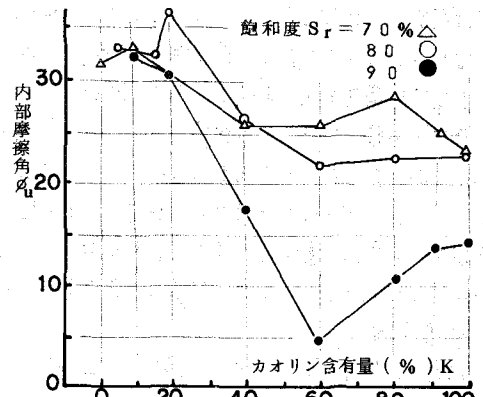


図-2. 内部摩擦角とカオリン含有量の関係

3-2. 繰返し三軸圧縮特性

図-3. は試料に予め 10^3 回の繰返し応力を与えた場合、粒度分布と繰返し応力が σ_r が応力履歴に及ぼす影響を調べたものの代表例である。図からわかるように、静的圧縮の最大軸差応力 σ_r の25%と0.5 σ_r :0.75 σ_r の応力-ひずみ曲線は明らかに異なる特性を示している。すなわち、 $\sigma_r=0.5\sigma_r$, 0.75 σ_r とした場合、繰返しによって土粒子構造が硬化現象を起し、全般せん断となるために、はきりしたピークが現われる。しかし、 $\sigma_r=0.25\sigma_r$ では繰返し効果はないと思われる。 σ_r の大きい、繰返し回数等種々条件は違いますがSeedらも同様な結果を示している。さらに、図-3. からカオリン含有量と静的圧縮 σ_r と繰返し最大軸差応力 $(\sigma_r-\sigma_3)_{rmax}$ の関係を図-4. に示した。これによると、静的強さに対し $K \leq 20\%$ で半分位の強さしか発揮していない。これは0.5 σ_r 以上の σ_r では粒状体の結合が急激に弱められ、繰返しによる粒状土の密度増加は期待されず、むしろ、 $\sigma_r < 0.25\sigma_r$ の条件では構造低位となることが予想される。このことは断面には記載していないが、応力-ひずみ曲線の型からも理解できる。また、 $K=100\%$ において $(\sigma_r-\sigma_3)_{rmax}/\sigma_r < 1.0$ であるのは繰返し応力が大きいことによって、弾性的挙動が発揮されないからと思われる。次に、図-5. は目標とする σ_r または静的な三軸圧縮を行なった状態で繰返しを 10^3 回かけた後、さらに静的圧縮試験をした結果を示したものである。これから、図-4. とは結果的に相反するが、次のように理解できる。すなわち、 $K \leq 40\%$ では応力硬化作用により σ_r よりかなり強度が増大する。この現象は粒状土が静的な力により安定な構造変化に移行する途中で繰返しを受けることによって弾固め効果が発揮されるからで、予め繰返しを受ける場合とは逆な応力履歴によるものと考えられる。また、 $K > 40\%$ においては繰返し効果はほとんどない。一般に知られている粘土成分のシキソトロピーによる強度増加等は我々の場合、繰返し周期、載荷回数、繰返し応力、試料の初期条件等から顕著でなかったと思われる。上述から、カオリン含有量の変化に伴う混合土の特性として静的、動的な立場からも $K < 40\%$ の土は砂的挙動を示し、 $K \geq 40\%$ では粘土的性質を示すことが結論づけられる。最後に、実験ご御尽力された本学学生の中島慶夫君と古市邦男君に深謝の意を表します。

参考文献

- (1) 最上武雄 著「土質力学」技報堂 (2) 鈴木 荒牧、北園：土木学会オ29回年次学術講演会(Ⅲ-197) p387-388.
(3) 北村、土岐、百瀬：オ8回土質工学研究発表会(p.315~318) (4) 内田花本、恩塚、田原、三浦：オ4回土質工学研究発表会(p.367-374)

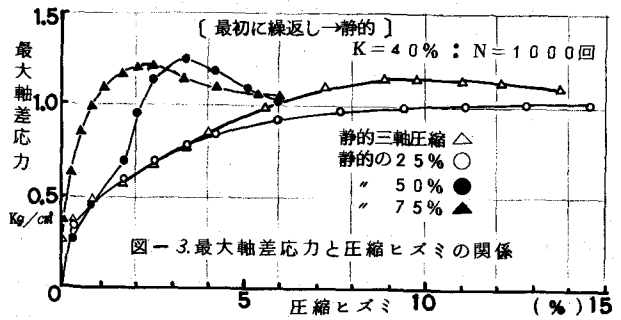


図-3. 最大軸差応力と圧縮ヒズミの関係

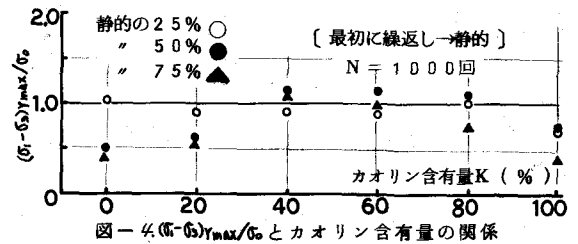


図-4. $(\sigma_r-\sigma_3)_{rmax}/\sigma_r$ とカオリン含有量の関係

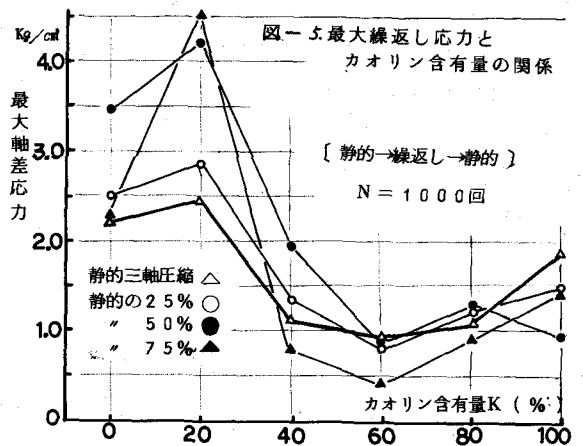


図-5. 最大繰返し応力とカオリン含有量の関係