

1. まえがき

非粘着土の内部マサツ角 ϕ に影響するものは種々考えられる。例えば、砂の相対密度 D_r 、物理マサツ角 ϕ_u 、粒径と粒形、構造異方性、応カリレキ、試験法 … などである。このうち、物理マサツ角 ϕ_u の影響を考慮したのはカコー¹⁾ であり、 $\tan \phi = \frac{\pi}{2} \tan \phi_u$ で表現されている。この式は ϕ が ϕ_u のみの関数であることになっているが、 ϕ が密度(たとえば初期間隙比 e)によっても大きな影響を受けることは明らかである。一方、 e の影響を考慮したものに最上²⁾ の式がある。これは例えば平面応力の場合 $\sin \phi = \frac{e_0}{1+e}$ であり、平面ひずみの場合 e の値が違ふが、いずれにせよ e が試験法が同じならば一定の値であるとするものである。しかして後述の実験の示すところによると、グリズなども砂に混せて ϕ_u を減少させると e の値も大きく減少している。

上述の両方の式は夫々自分の理論的背景をもっているが、実験的な検討は比較的少ないようである。そこで本報告は、 ϕ に影響する状態量は無数にあると考えられるが、第1に密度(相対密度 D_r ないしは間隙比 e)、第2に物理マサツ角 ϕ_u が重要であると見なし、その他の因子は仮に無視して実験を行なったものである。

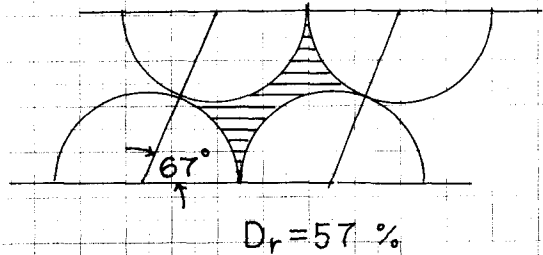


図-1, 物理マサツ角を推定する状態

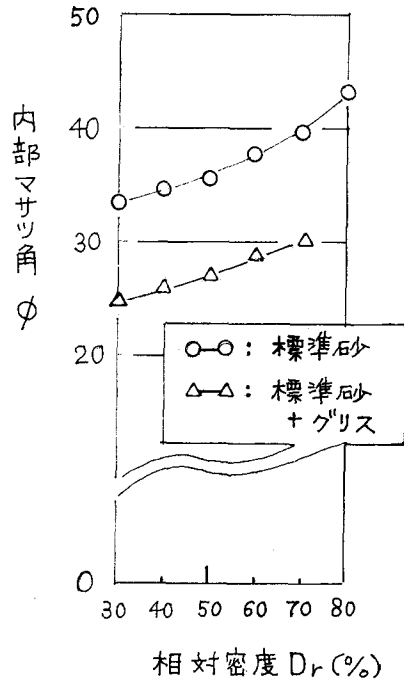


図-2, $D_r \sim \phi$

2. 試験方法

試験は比較的個人誤差の少ない、在来形ヒズミ制御式一面セン断機を用いて行なった。

試料は豊浦標準砂ならびに川砂(フルイの範囲 1.68 mm ~ 2.0 mm)を用いた。砂は乾燥炉で乾燥させたそのままのものと、砂とグリズが 4.5:1 の重量比で混合したものを用いた。相対密度を求めるための最大間隙比は、水を満たしたメスツリンダの中に入らうと砂を徐々に落下させることにより、最小間隙比はモールド内に入れた砂を突き棒で不通なくつき固めることにより求めた。ちなみにこの方法によると、豊浦標準砂の $e_{max} = 0.922$ 、 $e_{min} = 0.614$ であった。

物理マサツ角 ϕ_u を求めるのに未だ適切な方法が提案されていないので、以下の如く行なった。6 cm 角の正方形で厚さ 1 cm のモルタルブロックを2つ作り、その高さも測り、両ブロックの接触面に当たるときに標準砂

ならびに川砂を接着剤で稠密に接着し、両面を接触させて垂直荷重 $\sigma = 1 \text{ kg/cm}^2$ をかけて高さの変化をはかり、 ϕ_u を定める初期の相対密度 D_r を推定した。その模式図は図-1の通りである。

このようにして両ブロックを相対変位せしめて求められる物理マサツ角 ϕ_u は標準砂のみの場合で 31.6° であり、これにグリスを塗布した場合は 20.5° である。この両値は、数十回の試験の平均値であるが、接触面の作り方によってばらつくかと思われたが、かなり一様な値が得られた。

3. 試験結果と考察

図-2に示すのは各相対密度 D_r における豊浦標準砂の内部マサツ角 ϕ である。当然であるが D_r が増せば ϕ は増す。前述の方法でグリスを混入すると、混入する前に較べて ϕ が約 76% になる。これは ϕ に対して ϕ_u がかなり大きな影響をもっていることを示している。従って、 ϕ は少なくとも D_r 、 ϕ_u の2つの影響を受ける。

図-3に示すのは、最上の式に於る定数 k の D_r に対する変化である。 k は D_r が増加するにつれやや増加する傾向にあるが、一定に近いとも言える。しかしこの場合も、グリスを混入すると ϕ は約 72% に減少する。従って、定数 k は少なくとも ϕ_u を含んでいると思われる。

ここで抜かう ϕ_u が前述のように $D_r = 57\%$ のときのみ値であるならば、それに相当して標準砂の場合に $\tan \phi = 0.179 \tan \phi_u$ であり、グリスを混じた場合は $\tan \phi = 0.95 \tan \phi_u$ である。ここで ϕ_u の計測において、ダイヤランツ現象を起しなから数十回の計測でほぼ一定の値をとる。また、 ϕ_u というのは、その測定法に議論の余地があるが、一定である物性値と考えたい。そこで仮に、 ϕ_u が D_r によらない一定のものであると仮定すると、図-4のグラフが得られる。ここで、標準砂とそれにグリスを混入したものの一致を予想していたが、結果にはかなりの違いが見られた。この両曲線の平均値を放物線近似すると以下の式になる。

$$\tan \phi = \frac{\pi}{2} (0.000056 D_r^2 - 0.00037 D_r + 0.17) \quad (D_r: \%)$$

以上の議論に於て、 ϕ_u の適切な測定法・評価法が今後の課題と見なされる。

4. 参考文献

- 1) 藤田・最上訳：カコー・ケリゼルの土質力学，1975，技報堂
- 2) 最上武雄編著：土質力学，昭和44年，技報堂

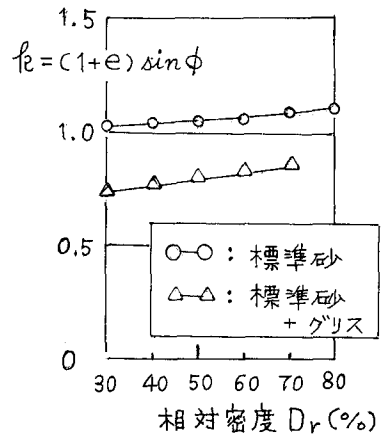


図-3, $D_r \sim k = (1+e) \sin \phi$

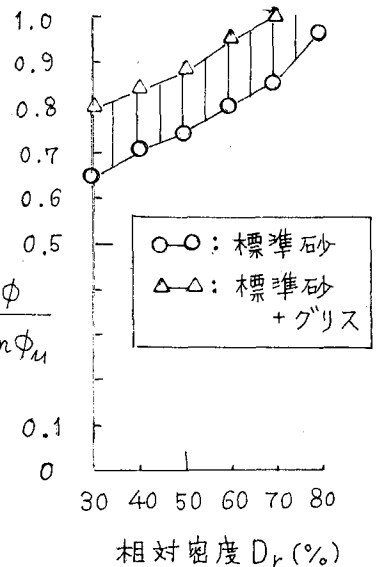


図-4, $D_r \sim \frac{\tan \phi}{\frac{\pi}{2} \tan \phi_u}$