

練り返した粘性土の付着力およびベーンせん断強度と内部摩擦角の相関関係

九州大学工学部 学○築地健太郎
九州大学工学部 正 落合英俊 正 安福規之
九州大学工学部 正 大嶺 聖 正 大野司郎

1. はじめに

限界状態における内部摩擦角 ϕ' は、土構造物の設計や数値解析を行う際に用いられる重要な土質パラメータの一つである。通常、 ϕ' は一面せん断試験や三軸圧縮試験などによって求められるが、これらの試験ができない場合には塑性指数などのコンシステンシー特性から ϕ' の概略値を求めることも行われている。しかしながら、精度よく ϕ' を推定するためにはコンシステンシーだけでは不十分であり、他のパラメータを導入する必要があると考えられる。本研究では、このような立場から、乱した少量の試料を用いて簡便的に粘性土の ϕ' を推定する方法について考察した。まず、種々の粘性土の付着力を測定し、このときのベーンせん断強度との関係を求めた。さらにこれらの測定値と三軸圧縮試験から得られる限界状態の応力比 M との相関関係をもとに、本手法の適用性を検討した。

2. 基本的な考え方

粘性土を十分に練り返した状態は限界状態にあるとみなされる。このときの付着力 σ_a (後述の方法で求められる) が、三軸圧縮試験において同じ含水比で限界状態にあるときの平均有効応力 P_f と比例関係 ($\sigma_a = k P_f$) にあると仮定する。また、同時に、練り返した状態のベーンせん断強度 Cu_v が三軸試験における限界状態の圧縮強度 q_f と比例関係 ($Cu_v = k_2 q_f$) にあると仮定する。この場合、次式の関係が成り立つ。

$$\frac{q_f}{P_f} = M = \frac{k_1 Cu_v}{k_2 \sigma_a} = k \frac{Cu_v}{\sigma_a} \dots\dots\dots(1)$$

すなわち、 k が分かれば M が求められ、 $M = 6 \sin \phi' / (3 - \sin \phi')$ の関係から ϕ' が算定される。

3. 試料および実験方法

実験に用いた試料は以下に示す5種類である。

- ① K : カリソ 100%
- ② K S 1 : カリソ 40% + 豊浦砂 60%
- ③ K S 2 : カリソ 60% + 豊浦砂 40%
- ④ K B : カリソ 50% + ベントナイト 50%
- ⑤ K B S : カリソ 20% + ベントナイト 20% + 豊浦砂 60%

試料の諸特性

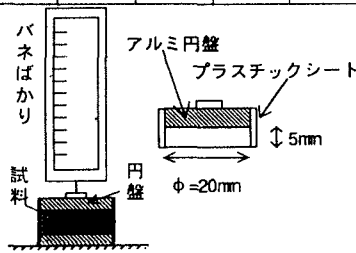
	K	K S 1	K S 2	K B	K B S
ρ_s (g/cm ³)	2.70	2.66	2.68	2.63	2.64
W_L (%)	51.6	24.0	33.2	163.8	60.0
W_p (%)	28.0	12.7	18.3	20.9	11.5
I_p	23.6	11.3	14.9	142.9	48.5

十分に練り返した試料を用いて、以下に示す方法で付着力の測定と、ベーンせん断試験機を用いた室内ベーンせん断試験¹⁾を実施した。

(1) 付着力の測定方法²⁾

付着力測定器は図-1に示すように、バネばかりと円盤からなる単純な構成となっている。測定の大まかな手順は以下の通りである。

- ① 十分に練り返した試料を2つの円盤に付け、それを重ね合わせる。円盤からはみ出した試料をふき取り、円盤にバネばかりを取り付ける。
- ② バネばかりを所定の速度 (100 gf/sec) で垂直に持ち上げ、円盤がはがれるときのバネばかりの目盛り (最大値) を読みとる。そのときの円盤+付着試料の重さを差し引いて測定値とする。
- ③ 同一の含水比で5回測定し、その含水比を測定する。その5つの測定値のうち最大と最小を除く3つの平均値を円盤の面積で割って付着力を求める。
- ④ 試料の含水比を変えて①~③を繰り返す。



(2) ベーンせん断試験について

実験は直径 5 cm、深さ 5 cm の容器に十分に練り返した試料を満たし、高さ 3 cm、幅 1.5 cm のベーン羽根を圧入し、羽根の回転速度 0.5 deg/sec で回転させて行った。そのときの最大トルク と含水比を測定した。

4. 実験結果および考察

付着力測定の結果を図-2 に示す。付着力を対数目盛に含水比を算術目盛にとると、含水比と付着力との関係は、ほぼ直線で表され、含水比が低くなるほど付着力は大きくなるが、ある含水比以下になると測定不可能となる。なお、砂を多く含む非塑性 (NP) の試料では、付着力は測定できなくなる。

図-3 はベーンせん断強度と含水比の関係である。含水比が低下するにしたがって、ベーンせん断強度は急激に増加している。一方、図-4 は付着力とベーンせん断強度の関係を示したものである。図-4 において含水比が液性限界以上である点、つまり $Cu_{(v)}$ の値が 0.015 よりも小さい点を考えると図のように直線関係にあることが示される。含水比が液性限界よりも低くなるにつれて $Cu_{(v)}$ と σ_a の関係はこの直線上からはずれてくるが、これは、試料が不飽和状態となると考えられるため、これらのデータは除いている。これより、それぞれの試料において含水比が液性限界よりも高いところでは $Cu_{(v)} / \sigma_a$ の値が一定であり (1) 式において k がそれぞれ一定の値をとる。

図-5 は、図-4 の直線の傾き $Cu_{(v)} / \sigma_a$ と非排水三軸圧縮試験から求められた M との関係を示したものである。ここに示したデータからは、異なる試料においても (1) 式で表した M と $Cu_{(v)} / \sigma_a$ の直線関係がほぼ成り立つことが示される ($k=4.86$)。したがって、用いた試料に限れば k はほぼ一定の値をとることから、この k を用いると、練り返した粘性土の付着力およびベーンせん断強度を測定することで、 M つまり限界状態における ϕ' をほぼ推定することができる。

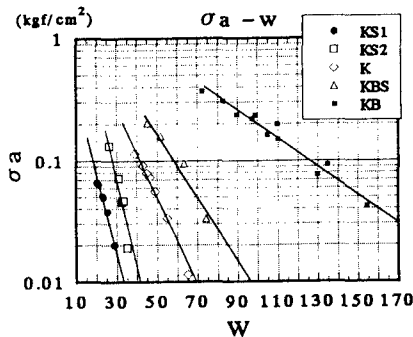


図-2 付着力と含水比の関係

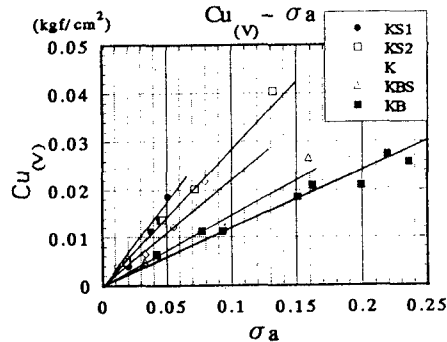


図-4 付着力とベーンせん断強度の関係

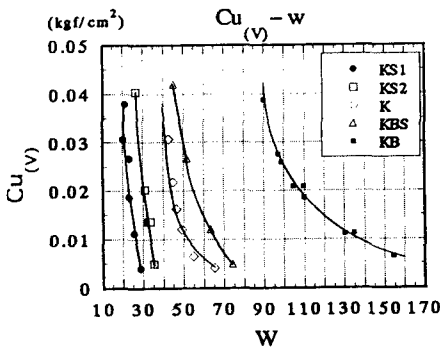


図-3 ベーンせん断強度と含水比の関係

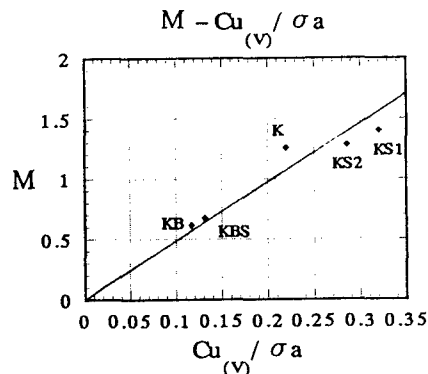


図-5 M と $Cu_{(v)} / \sigma_a$ の関係

参考文献 1) 鈴木他： F_1 - F_2 試験、 ϕ' - σ' 試験の結果とコンシステンス限界の関係、第31回地盤工学研究発表会、P.541、1996年 2) 大嶺 聖、落合英俊：土の付着力に基づく液性限界の決定、土のコンシステンスに関するシンポジウム発表論文集、土質工学会、p.165~170、1995年