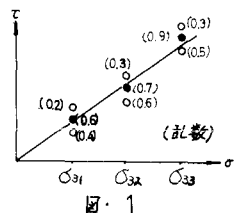


名古屋大学 正会員 松尾 稔
新日本技術 正会員 ○川邊雅夫

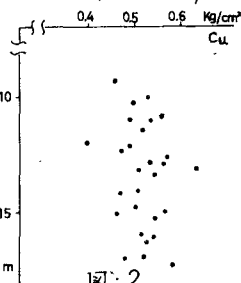
はじめに;工学的に同一と見なさざるをえない地盤において土質諸係数はかなりばらつく。土構造物の破壊において土質のばらつきが及ぼす影響は大きい。このばらつきは、一般に「安全率」という経験的係数でカバーされているが、この方法には不合理な面がある。合理的な方法と得るためには、ばらつきの特性を知る必要がある。本報告ではこのような観点から、飽和粘性土の圧密強度増加率 ($\Delta C_u / \Delta P$) の統計的性質を調べた。100個以上の粘性土の供試体に対してCU試験を行ない、多数の ($\Delta C_u / \Delta P$) 値を得た。同時に、同一の地盤からの試料に対する一軸圧縮強度の1/2とその土カブリ圧の比として算出した ($\Delta C_u / \Delta P$) 値との比較を試みた。

実験結果の整理法;工学的に同一と見なせる飽和粘性土の多数の供試体群に対して圧密圧力を3水準に取り、さうする限り同一の条件下でCU試験を行なう。その結果からモールの円を描き、 $\sigma = \sigma_3 + (\sigma_1 - \sigma_3) / 3$ に対応するせん断応力 τ を圧密圧力 σ_3 の真上にプロットする。各圧密圧力に対する群の中からそれぞれ1個、計3個の値を任意にかつ全体が均等に用いられるように取出す。すなわち概念図1に示すように各圧密圧力に対する乱数に対応させる。まず乱数の最大つとの(●印)を選び出し最小自乗法で直線を引き、その傾度をもって ($\Delta C_u / \Delta P$) 値とする。次に第二番目の大きさの乱数に対応する各 τ を選り出して同様の操作を行なうというふうにこれを繰り返す(水増し法と呼ばれる)。多数の ($\Delta C_u / \Delta P$) を得、その頻度分布の形を調べる。なお、ここに言う「工学的に同一と見なさざるをえない地盤」とは、工学的に問題となる大きさに分割した土の要素群において、各要素間に特定の力学的、物理的関連性が認められず、また、そのような分割が不可能である地盤を言う。



図・1

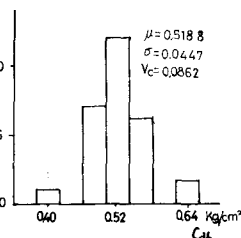
実験結果と考察;実験は次のような試料と条件によつて行なつた。すなわち、(i)試料は、名古屋港内で採取された正規圧密状態の飽和粘土(採取深さGL-1.70m ~ -12.50m)である。試料の比重は約2.7、液性限界、塑性限界はそれぞれ70%、35%前後であった。全供試体数140個、そのうち予備実験を除き最終的に84個(各圧密圧力につき各28個)について試験結果が得られた。(ii)試験機はノルウェー-Geonor社製三軸試験機である。(iii)圧密は等方圧密とし、圧力は1.0, 2.0, 3.0 kg/cm²の3水準とした。圧密の促進のためパーパートレーンを用いた。圧密時間は予備実験より1時間30分と定めた。(iv)せん断時側方圧は圧密圧力に同じとし、ヒズミ制御式でせん断した。ヒズミ速度は1.175%/min、せん断強度はヒズミ15%以内におけるピーク時応力とし、ピークが表われない場合は15%時の応力とした。



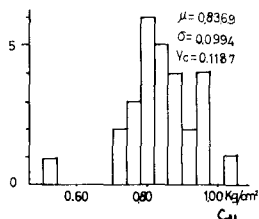
図・2

実験結果は次のとおりである。図2は圧密圧力1.0 kg/cm²に対して得られた非排水強度の深度方向の分布である。この図から明らかなように、非排水強度は深度に対して無相関である。圧密圧力2.0, 3.0 kg/cm²の時も同様であった。そこで、各圧密

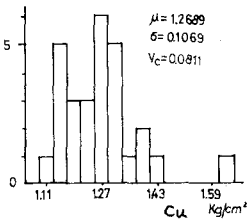
圧力による非排水強度を頻度分布の形で示すと図3~5に示すようであった。これらはそれぞれ χ^2 適合度検定の結果、有意水準5%において正規分布で近似でき



図・3

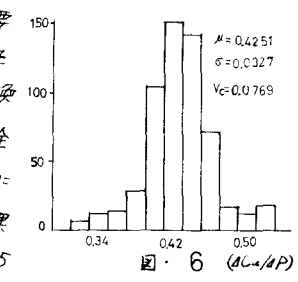


図・4



図・5

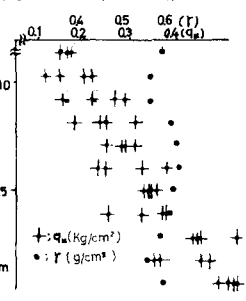
ることが明らかとなった。これらの図から分布における分散 σ^2 (σ :標準偏差)は圧密圧力の増加につれて増大する傾向が明らかであるが変動係数 $V_c (= \sigma/\mu, \mu$:平均値)はあまり変らない。このような性質は、地盤の破壊時に段階的盛土を実施するような場合の破壊問題を確率的に扱う上できわめて重要である。すなわち、圧密圧力が增大しても V_c が不変ということは各段階の盛土と同一の設計安全率で施工するならばその破壊確率は変らないことを示している。換言すれば、盛土段階が進むにつれ、期待される破壊損失費は大となるから設計安全率を増加させるような設計法の必要性を示唆している。さて、 $(4Cu/\sigma p)$ の算定には前述の乱数による組替えを20回行ない、 $28 \times 20 = 560$ 個の値を得た。この結果を図6に頻度分布として示した。同じく χ^2 -適合度検定を行なった結果、有意水準5%において正規分布 $N(0.4251, 0.0327)$ によって近似できることがわかった。 $(4Cu/\sigma p)$ 値が正規分布で近似できることは、 $4Cu$ の統計的推測を容易にするもので、工学的な有用性を示している。また $(4Cu/\sigma p)$ の分布の変動係数が Cu の分布のそれとほぼ同程度となることも注目し値するであろう。なお、間けき水圧の測定に伴う三軸圧密試験から得た有効応力 σ' と間けき水圧 u の関係と、上述した非排水強度とを合わせ考察し、圧密中にも有効応力 σ' と非排水強度の関係が線形となることを別途に確認した。



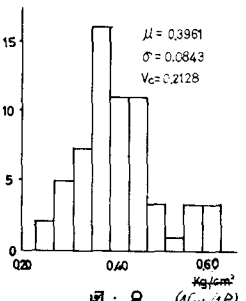
図・6 $(4Cu/\sigma p)$

一軸圧縮試験結果より求めた $(4Cu/\sigma p)$ 値について；今回用いた試料の採取位置に近接した地点において同時期に採取された試料につき一軸圧縮試験が行われた。

その地点における土質は今回用いた土質にほぼ同じと考えられるのでこれらの結果についても考察を加えた。まず、この一軸圧縮強度 q_u と単位体積重量 γ の深度方向の分布状態を示したものが図7である。この時、各深度における土カブリ圧 σ_H は各深度の σ_v を用いて求めた。このようにして $(4Cu/\sigma p)$ を算出した結果を図8に頻度分布として示す。この分布と χ^2 -適合度検定により有意水準5%で正規分布 $N(0.3961, 0.0843)$ によって近似できると言えた。しかしここで重要なことは以下のことである。すなわち、先のCU試験の結果と比較してみると、平均値においては一軸試験によるものが三軸のそれと比べて若干低く出ている（これは一般に知られている傾向に合致する）が、分散に関しては一軸試験によるもののほうがかなり大きくなることである。これは三軸と一軸という機構的な差よりも、後者の計算においては土カブリ圧 σ_H として求めたことによると考えるべきであろう。つまり、CU試験では σp 値にはほとんどばらつきがないのに対し、 σ は確率変数となるから、 $(4Cu/\sigma p)$ 値の分散は現実にはCU試験より求めたものよりも大きいと推測される。



図・7



図・8 $(4Cu/\sigma p)$

まとめ；三軸圧密非排水試験によって求めた $(4Cu/\sigma p)$ 値の頻度分布は正規分布で近似することができた。また各圧密圧力段階の非排水強度の標準偏差は圧密圧力の増加とともに増大するが、変動係数はあまり変らないことがわかった。今回のように実験から土質のばらつきを見ようとする場合、測定誤差と分離することは困難であるが、主として実験の技術的問題に関連するような誤差はできるだけ避けるよう努力しなくてはならない。しかし、原地盤の $(4Cu/\sigma p)$ の正確な値を推定しようとする場合には、単に三軸圧縮試験に関する配慮をするだけで済む問題ではなく、現実の σ と γ の分布特性と確率的な立場からとらえ、検討することが今後必要と思われる。このことは、一軸圧縮強度と土カブリ圧とによって算出した $(4Cu/\sigma p)$ の平均値は三軸試験のそれよりも若干低い程度であるが、分散はかなり大きく表れたことから示唆されるであろう。最後ではありますが実験試料、一軸試験のデータに関し多大の御協力を頂いた豊田開発K.K.野沢秀男氏に心から感謝いたします。