

日本大学理工学部 正 巻内 勝彦
同 正 木下 効志

1. ま え が き

土の強度特性を規定するせん断定数 c , ϕ は、土構造物の解析や設計計算において極めて重要な意味をもっている。従来から土質力学の主要問題である土圧、支持力、斜面等の安定問題の解析では、ひずみを無視したピーク時強度のみに着目することが多い。しかし、土がある強度を発揮するには、それに対応するひずみの進行を伴うものである。すなわち、粘着成分 c と摩擦成分 ϕ の発現過程は、それぞれひずみに依存している。また、自然土では、砂・シルト・粘土等の粒径組成が多様多様であり、また粒度調整による安定処理の目的は、異種の土を適切に配合し、そのいずれの成分よりも優れた混合材を得ることにある。以上の点に着目し、本文では、砂(標準砂)と粘土(市販カオリン)を配合し、ひずみレベルに応じた土の粒度成分とせん断抵抗(粘着成分と摩擦成分)発現過程の関係を、直接せん断試験により調べた結果を報告する。

2. 実験条件と方法

実験に用いた試料は、市販のカオリン粘土(比重 $G_s=2.645$)と豊浦標準砂($G_s=2.644$)である。この2種類の試料を表-1に示す割合で混合した。各土の物理的性質(コンシステンシー)をみると、砂分が増加するにつれて低塑性を示すことがわかる。供試体作成時の諸条件の決定は、標準締固め試験により最適締固め条件として、表-2に示す通りとした。締固め含水比の調整については、噴霧器を使用し均一になるように散水した後、よく混合、放置した。供試体作製については、砂が100%の場合以外は、4mmふるいを通過した試料を、CBRモールドに入れ、大型圧縮試験装置を使用し、静的載荷により高さ7cm、直径15cmの円柱状試料を作製した。載荷後の試料をモールドから油圧ジャッキで脱型し、この円柱試料から、直径6cm、高さ2cmのリングカッターで供試体を切り出した。せん断試験は、圧入型一面せん断試験装置で行い、試験条件は圧入排水とし、圧入載荷量は、0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 kgf/cm²で行い、圧入終了後、1mm/minのせん断速度でせん断試験を開始した。

3. 実験結果と考察

ひずみの進行に応じて発現される c と ϕ は、垂直応力 σ とせん断応力 τ に、等せん断変位 γ との τ をプロットして決定される。試験結果は、この σ と τ の関係が直線近似(クーロン摩擦則)でき、その相関係数は、せん断初期で若干ばらつく($r \approx 0.88$)ものの、その後の全せん断段階を通して、ほぼ $r \approx 0.95$ であり高い相関性を示す。

図-1(a)~(d)は、せん断変位の増加に対する粘着成分 c と摩擦成分 $\tan \phi$ を示したもので、せん断抵抗のモビライジング・プロセスを表わしている。図-1の(a)→(d)にかけて、粘着成分 c は、せん断変位に伴って次第に増加し、ピーク応力の発揮以降は徐々に低下を示す。また、砂の混合率 P が増えるにしたがって c は減少する傾向がわかる。一方、摩擦成分 $\tan \phi$ は、図-1(a)では単調増加傾向であるが、図-1(b)ではせん断変位の初期段階で ϕ の発揮を示し、ピーク後次第に低下している。粘着成分 c のピークは ϕ に比べてかなり遅く

表-1 試料の配合割合とコンシステンシー

配合質量割合(%)		液性限界	塑性指数
カオリン	標準砂	WL(%)	Ip
100	0	78.0	47.3
90	10	67.5	42.2
80	20	62.5	39.9
70	30	53.5	36.1
60	40	46.0	30.2
40	60	31.9	19.5
20	80	—	NP
0	100	—	NP

表-2 供試体の密度と含水比

配合質量割合(%)		乾燥密度	含水比
カオリン	標準砂	Pd(g/cm ³)	w(%)
100	0	1.33	31.5
80	20	1.47	27
60	40	1.61	22
40	60	1.81	16
20	80	1.89	13
0	100	1.53	13

生じている。図-1(d)をみると、摩擦成分の発現傾向は図-1(a)と(c)に近いが、せん断変位の増加に対する c の発現はほとんど無視し得る程小さい。

図-2は、混合率 P による粘着成分 c の変化を示したものである。変位が小さい段階では、混合率による変化割合は比較的単調であるが、せん断変位が増加するにつれて、 P が80%以上では、粘着力 c は次々に発揮されピークまで増加する。そして、混合率 P が60~80%の範囲で大きな変化を示し、 P が100%近くでは粘着成分 c はゼロに等しくなる。

図-3は、混合率 P による摩擦成分 ϕ の変化を示したものである。ピーク時には、ほぼ直線近似する

が、せん断変位の増加過程では、 ϕ の発現には若干の変化がみられ、混合率80%前後のときは、せん断変位に応じて ϕ が次々に増加し、最終的にはピーク時の値に近づく。この結果から、土のせん断特性が、混合率 $P=60\sim 80\%$ の範囲で大きく変化することがわかり、土の工学的分類上、例えば三角座標分類法²⁾(米国道路局や土壌局の方法)で、 $P\geq 80\%$:砂, $80\%>P\geq 70\%$:砂質粘土ローム, $70\%>P\geq 50\sim 55\%$:砂質粘土, $P<50\sim 55\%$:粘土 と分類していることと結果がほぼ一致し、その妥当性がうなずける。

4. あとがき

以上の実験結果をまとめると、次の通りである。

- (1) 5~7関係より、せん断定数 c 、 ϕ は、等せん断変位に対して、高い相関関係で直接近似(クーロン摩擦則)が可能であり、そのモビライジング・プロセスが明らかとなった。
- (2) 砂・粘土の混合割合によって、またせん断変位によって、せん断強度定数(c 、 ϕ)の発現程度が複雑に影響を受け、特に、砂の混合率 P が60~80%で顕著な変化を示すことがわかった。

最後に、当実験に当って協力を得た白太交迎土木工学科学生 菅裕介、須長重雄君に謝意を表します。

参考文献 1) 林重徳他: 軸対称圧縮試験における土のせん断抵抗のモビライジング・プロセス, 九大工学集報, Vol. 53, No. 2, pp. 57~62, 1980. 2) 工農工学全編: 工農工学ハンドブック, 1982

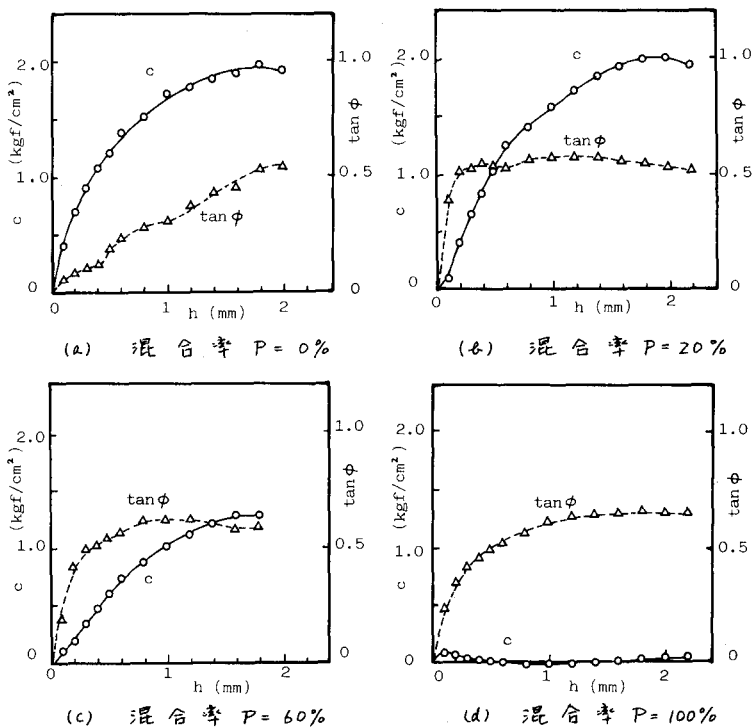


図-1 せん断変位 h に伴う c 、 ϕ の発現過程

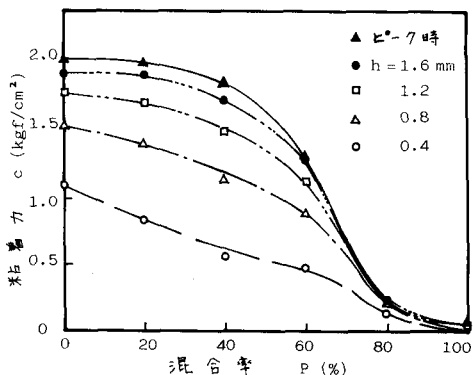


図-2 砂の混合率 P による c の変化

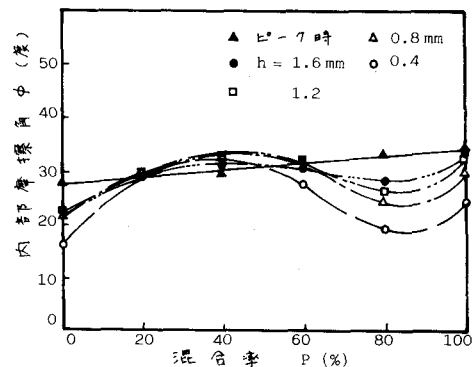


図-3 砂の混合率 P による ϕ の変化