

鹿児島大学農学部 正 員 ○春 山 元 寿
九州大学工学部 正 員 山 内 豊 聡

1. はじめに

筆者らはこれまでシラスのせん断強さの物理的内容を研究し、シラスのような砂質土のせん断強さは粒子間の摩擦のほか粒子形状の特異性と粒度配合に基因する構造強さ（インターロッキング効果）がかなりの部分を占め、この構造強さは砂質土の見かけの粘着力に寄与していることを明らかにしてきた(1)、(2)。ところで、シラスは含水比が30%をこえると強さを著しく減少するということが一般に考えられている(3)。そこで、本文はシラスのせん断特性に対して水分がどのように影響しているかを知るために、含水比の異なる供試体について排水（気）三軸圧縮試験を行なった結果の概要について述べる。

2. 試料、供試体、および試験方法

実験に用いたシラスは入戸軽石流の非溶結部と考えられ、鹿児島市唐湊で採取したもののうち4.76mmフルイを通過した部分である。その粒度組成はレキ分8.9%、砂分67.0%、シルト分20.1%、および粘土分4.0%であり、均等係数1.43、比重2.37、最大間ゲキ比1.525、および最小間ゲキ比0.800である。粒子の形は粗粒部分では角が鈍くなっているが、細粒になるにしたがって角張ったものが増え、微細粒子は扁平で角張ったものだけとなる。粒子の表面状態は一般になめらかであるが、なかには流状構造や発泡構造を呈するものもある。またレキ分はほとんど軽石である。

供試体の大きさは直径50mm、高さ125mmで、せん断中の供試体の含水比は乾燥状態から飽和状態まで5段階にとり、それぞれの含水比において供試体の初期間ゲキ比を3～4段階に調整した。

側圧は0.5～3.0kg/cm²の範囲にとり、側圧による圧密の終了後、圧縮速さを供試体高さの1.0%/minとし、定側圧・定ヒズミ法で排水せん断を行なった。せん断中は供試体からの排水量と排気量を測定し(4)変形に伴う体積変化を求めまた軸差応力および軸ヒズミを測定した。また本試験の圧縮速さではせん断中における間ゲキ圧は発生せず、全応力は有効応力に等しいことを前もって確かめた。

3. 試験結果および考察

3.1. せん断強さに対する含水比の影響

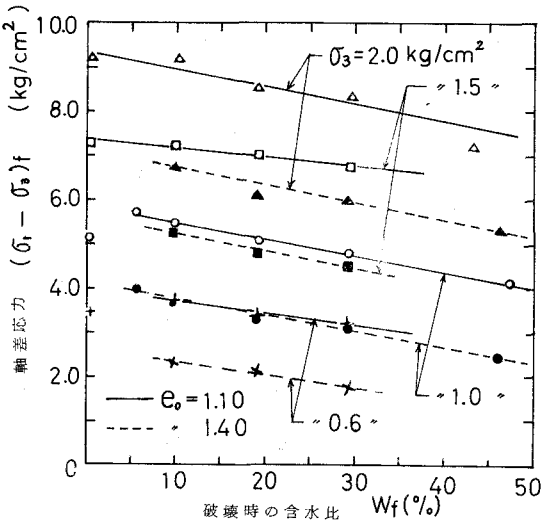


図-1 破壊時の軸差応力と含水比の関係

1) 破壊時の軸差応力について

セン断中の側圧 σ_3 ごと
に破壊時の軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ を初期間ゲキ比 e_0 に
対してプロットし、両者
の関係曲線から e_0 が1.10
および1.40のときの
 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ と破壊時の含水
比 w_f の関係を求めると図
-1のようになる。この
図によると $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ は一

般に水分の増加にしたがってほぼ一定の
割合で減少しており、この減少割合は σ_3
や e_0 の影響は受けていないようである。

2) 破壊包ラック線の性状とセン断強
さ定数について

破壊時のモール・クーロンの図の1例
を図-2に示す。破壊包ラック線の性状に
ついてはすでに発表した(5)ので説明を省
略する。

いまセン断強さ定数 (c, ϕ) は破壊
包ラック線に対する接線によって与えられ
るとすると、その接線はモール・クーロ
ンの式 $\tau = c + \sigma \tan \phi$ で表わされる。
(τ =セン断強さ、 σ =垂直応力)この
考え方で求めた c, ϕ と σ の関係を図-
3に示す。この図から e_0, w_f および σ と
 c, ϕ の関係をを知ることができる。顕著
な性質は未飽和シラスでは σ の増加とと
もに ϕ が減少し、 c が増加していること
である。これはシラス斜面の安定を説明

する1つの手がかりを与える。ところで粒子間の摩擦だけがセン断強さに寄与しておれば、破壊包ラック線は直線となり、cohesion interceptは0となるはずである。このことから破壊包ラック線が曲線となるのは構造の影響であるという仮説が考えられる。いまRoweの応力・ダイレイタンス式(6)によって $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ を補正した $(\sigma_1 - \sigma_3)_{cor.}$ を用いてモール・クーロンの図を求めると図-2の点線のような

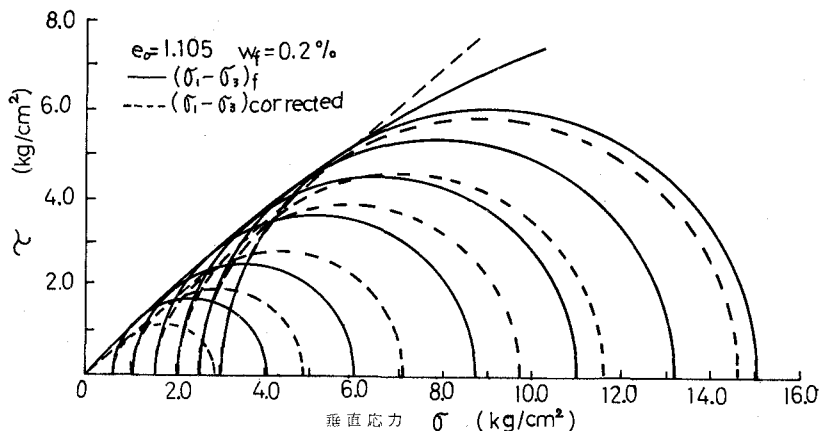


図-2 破壊包ラック線と補正包ラック線の関係

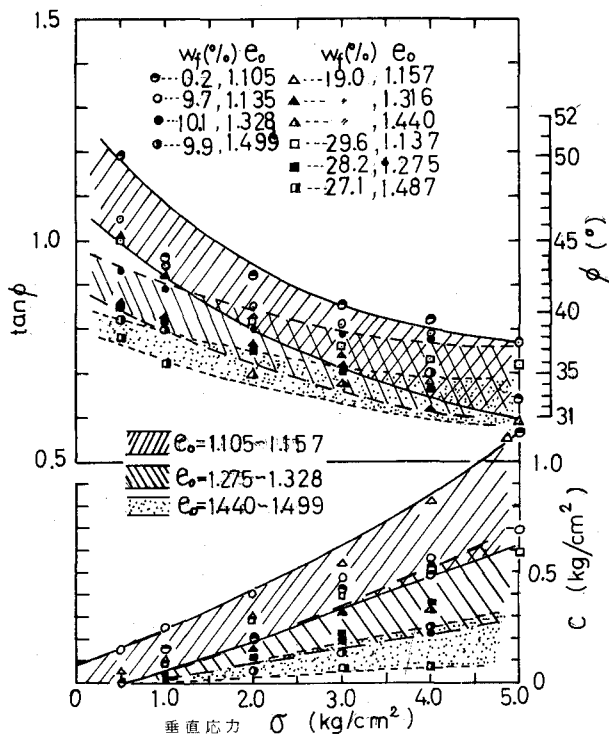


図-3 部分飽和シラスの強さ定数と垂直応力の関係

る。他の全ての試験値に対しても同様に包ラク線は直線となり cohesion interceptは0となった。したがって図-3における見かけの粘着力 c は構造 θ の関数であり、セン断抵抗角 ϕ は粒子間の摩擦角 ϕ_{fr} と構造の関数である。そこで、シラスのような砂質土のセン断強さは、その物理的内容を考慮してつぎの式で表わされる。 $\tau = c(\theta) + \sigma \tan \phi(\phi_{fr}, \theta)$ (1)

いま破壊包ラク線の曲率を無視して、最小自乗法で求めた強さ定数($cd, \phi d$)を e_0 に対してプロットすると図-4のようになる。これから ϕd は相対密度 Dr が約70%以上のときは含水比による差は見られない。また ϕd はゆるいほど、 Cd は密なほど水分の影響を受けやすい。このことも、 Cd は構造に基因するものであることを意味する。

3.2 セン断時の変形に対する含水比の影響

1) 破壊時の軸ヒズミについて

破壊時の軸ヒズミ ϵ_{1f} は含水比の増加とともに減少し、ゆるい状態ほど水分の影響が大きい。

2) ダイレイタンスーについて

ϵ_{1f} における体積変化・軸ヒズミ曲線の接線の勾配でダイレイタンスー $d\dot{v}/v\dot{\epsilon}_1$ を定義しこれと含水比との関係を求めると図-5のようになる。これによるとダイレイタンスーは含水比の増加にしたがって密な状態では減少し、ゆるい状態では増加して0に近づく。これはゆるい状態では含水比が増加すると $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ はほとんど定常セン断に近いところで生ずるためである。

3) 限界間ゲキ比について

筆者がさきに提案した方法¹⁾で限界間ゲキ比 e_{or} を求め、含水比との関係を示すと図-6のように、 e_{or} は含水比約30%までは減少しているが30%をこえると変化が少ない。また拘束圧が大きいほど水分の影響は少なくなっている。したがって、未飽和状態で e_{or} 以下にあるシラス層でも水分増加の過程で e_{or} 以上になり、外的作用による構造の乱れを受けやすくなると考えられる。

3.3 セン断強さとダイレイタンスーの関係

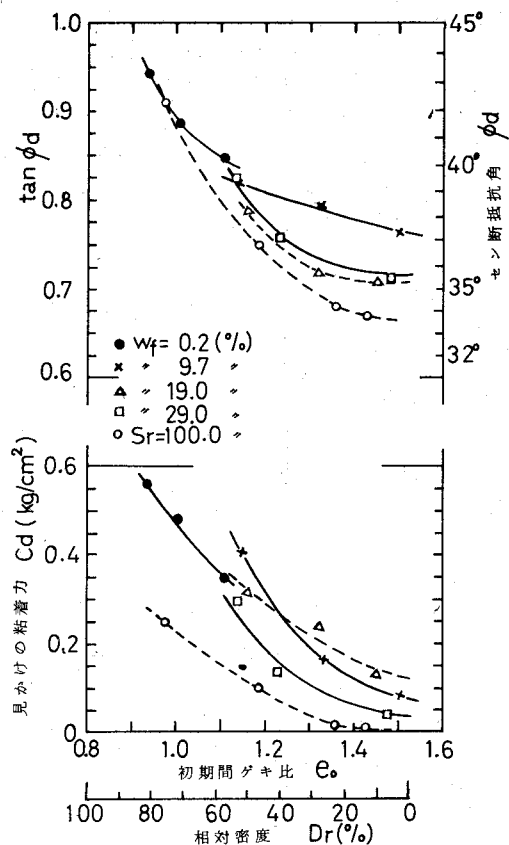


図-4 含水比別のセン断強さ定数

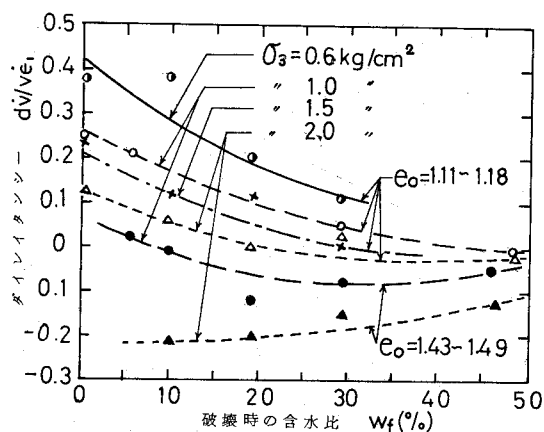


図-5 ダイレイタンスーと含水比の関係

簡単のために cohesion intercept を無視して, $\sin \varphi = (\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 + \sigma_3)$ でせん断強さ係数 $\sin \varphi$ を求め $d\bar{v}/v\dot{\epsilon}_i$ との関係を探ると図-7に示すように, $\sin \varphi$ と $d\bar{v}/v\dot{\epsilon}_i$ との関係は, 乾燥状態から飽和状態まで含水比の影響を受けずにほぼ一定である。 $d\bar{v}/v\dot{\epsilon}_i$ が小さいほど $\sin \varphi$ も小さい。 $d\bar{v}/v\dot{\epsilon}_i$ の減少の原因は含水比の増加にあるから, 含水比の増加によってせん断強さが減少する原因は構造強さが失われることにあると考えられる。

4. 結 論

以上の考察からつぎのような結論が得られる。

1) シラスのような砂質土のせん

断強さは水分の増加とともに減少し, せん断抵抗角はゆるいほど, 見かけの粘着力は密なほど水分の影響を受ける。このせん断強さの減少の原因は水分増加による構造強さの減少にあることがせん断強さとダイレイタンスーとの関係からわかった。

2) せん断時の変形に関しては,

含水比が大きいほど小さい軸ヒズミで破壊が起り, またダイレイタンスー, 限界間ゲキ比はともに減少する。したがって飽和状態が最も危険である。

3) 以上のように含水比の増加は

強さの点からも, 変形の点からも, 工学的性質を悪化させることが明らかとなった。

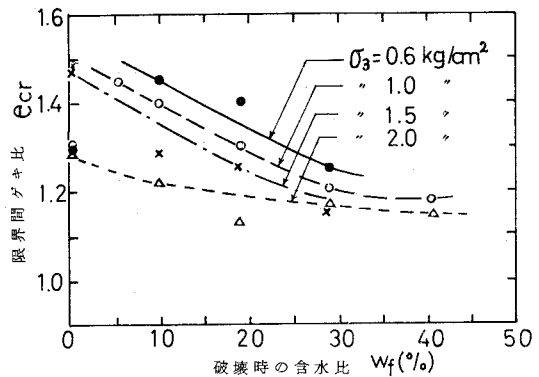


図-6 限界間ゲキ比と含水比の関係

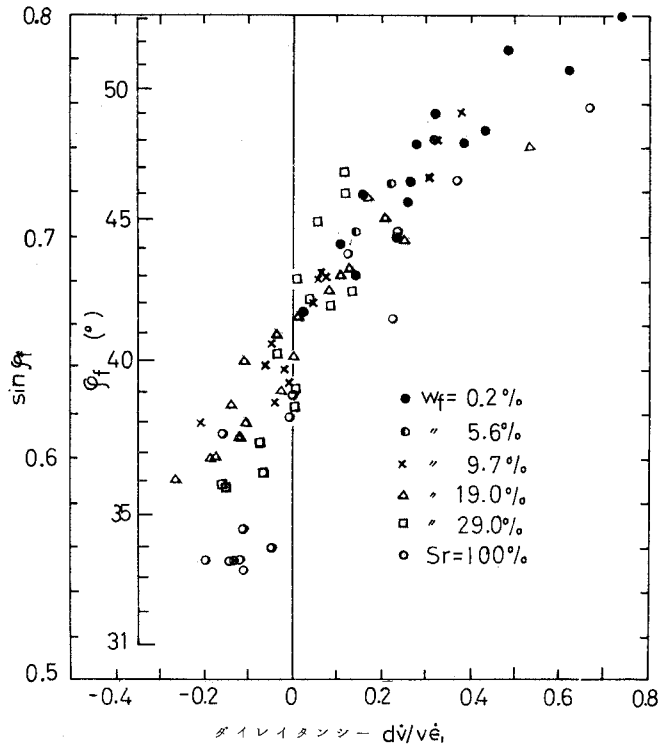


図-7 せん断強さとダイレイタンスーの関係

- 1) 春山元寿・山内豊聡：土と基礎，Vol. 14, №8, 昭41. 8, PP.27~33.
- 2) 山内豊聡・春山元寿：九大工学集報，Vol. 40, №4, 昭42. 7, PP.542~552.
- 3) 河原田礼次郎：鹿児島大学農学部学術報告，№6, 昭32. 12, PP.222~226.
- 4) Bishop, A. W. and Henkel, D. J. The Measurement of soil Properties in the Triaxial Test, Edward Arnold, 1962, PP.67~70.
- 5) 春山元寿, 山内豊聡：九大工学集報，Vol. 40, №3, 昭42. 6, PP.370~378.
- 6) Rowe, P. W. : Proc. Roy. Soc. London, A, Vol. 269, 1962, PP.500~527.