締固めたしらすの細粒分含有率に着目した浸水に伴うコラップス特性

九州大学大学院 学〇中島康博 F 落合英俊 正 安福規之 九州大学大学院 正 大嶺聖 正 小林泰三 中島通夫

1. はじめに しらすは九州南部に広く分布しており、土工工事により大量に発生するしらすは盛土材料としての使 用を検討しなければならないこともしばしばである。しかし、しらす盛土は降雨や湧水などにより、法面の浸食や コラップス沈下、及び斜面崩壊などが問題となるため、施工の際には前もってしらすの浸水に伴う圧縮特性や強度 特性を把握しておく必要があり、研究室ではこれまで不飽和締固めしらすのコラップス挙動に関する検討を行って きた¹⁾²⁾。本研究では、細粒分含有量に着目し粒度調整したしらす試料に対し、一面せん断試験を行うことにより、 浸水に伴う圧縮量及びせん断強さが細粒分含有率のみでどの程度影響を受けるのかを明らかにする。

2. 試料 本研究で用いた試料は、鹿児島県姶良郡から採取した二次しらす である。本試験では炉乾燥後に 2mm ふるいを通過させたしらすのみを使用 した。さらに、75µm ふるいを通過させ、粒径 2mm~75µm の試料を砂分、 それ以下を細粒分と定義し、粒度を調整した試料を 3 種類用意した。試料 の物理的性質を表-1 に示す。試料は、試験までの間はデシケータ内で乾燥 保存した。ここでは細粒分を 0~20%の範囲で変化させ、その影響を調べた。

3. 実験概要 本試験では写真-1 に示す不飽和土用一面せん断試験機を用い て乾燥及び飽和状態のシラスの圧縮及びせん断特性を調べた。圧縮はエア ーシリンダーにより供試体下部から加圧し、そのときの供試体に作用する 垂直応力は供試体上部の反力荷重計で読み取る。試験機に接続されたパソ コンにより垂直応力、拘束時間、せん断応力、せん断速度の制御が可能で ある。供試体寸法は直径 6cm、高さ 2.1cm とし、全て相対密度 D_r=80%とな るように空気乾燥した試料を三層で静的締固めにより作製した。供試体作 製時には上下せん断箱の間に厚さ 1mm のスペーサーを挟んでおり、作製後 に取り外した。目的別のの一面せん断試験手順について以下に述べる。

1)乾燥、飽和状態のしらすの圧縮特性と定圧せん断強さ

圧縮過程の垂直応

力は σ_n =110、150、230kPa で、圧縮時間は垂直変位計の値が落ち着くまでとした。その後、乾燥状態のしらすはせん断過程に移った。一方、飽和状態のしらすは、乾燥状態での圧縮後に注水時間を十分な時間設け、供試体が浸水した後にせん断に移った。尚、せん断速度を 0.2mm/min とした。

2) せん断応力一定で浸水した場合のせん断特性 垂直応力σ_n=150kPa で圧縮後、せん断を開始し、所定のせん断応 力条件下(τ=40、80、120kPa)で注水をし、浸水に伴うせん断変位、鉛直変位を測定した。

<u>4. 実験結果および考察</u>

圧縮性に与える細粒分の影響 図-1 は、しらすの乾燥時及び飽和時の間隙 比 e と垂直応力 σ_n の関係を示している。注水は σ_n =40、80、160kPa 時に行っ た。図より、しらすは浸水すると圧縮が進み、その傾向は細粒分が多いほ ど大きくなることがわかる。図-2 は(e_{fwo} - e_{fwsat})/(e_0 - e_{fw0})と細粒分含有率の関係 を示している。ここで、 e_{fwo} は乾燥状態で圧縮を行った後の間隙比、 e_{fwsat} は乾燥状態での圧縮後に注水してさらに圧縮した後の間隙比、 e_0 は供試体作 製直後の間隙比である。この指標は、供試体の浸水前後の圧縮量比を示し ており、この値が大きいほど浸水に伴うコラップス性が増すことを表す。 また、 e_0 を含むため、相対密度の違いによる影響も考慮した指標となってい る。図-2 より、拘束圧に関わらず、細粒分が 10%程度までは圧縮量比は低 下あるいはほぼ一定となっており、20%になると圧縮量比は著しく増加する。

1.2 rD =80% 浸水 1.15 1.1 1.05 궈 삜 E 0.95 0.9 細粒分 0%(乾燥) 細粒分10%(乾燥) 細粒分10% 0.85 10 10^{-10} 10 垂直応力 σ_(kPa)



特性値 物理特性 2.442 土粒子密度(g/cm³) レルト分:粘土ら 86:13:1 細粒分(調整前) 86:14 炉乾燥試料含水比(% 0~0.3 100.090.1080.20 細粒分(調整後) 最大密度ρ_{dm} 1.198 1.256 1.279 $_{\rm av}(g/cm^2)$ 最小密度ρ_{dmin}(g/cm³) 0.922 0.938 0.966

表-1 用いたしらすの物理特性



写真-1 不飽和土用一面せん断試験機

このことは、ほど良い細粒分が含ま れる場合にはコラップス性を低下さ せる場合もあることを示唆する。

<u>せん断強さに与える細粒分の影響</u>

図-3 はτ_{pd}/τ_{ps}と垂直応力の関係を 示している。ここで、τ_{pd}は、乾燥し らすのピーク状態におけるせん断強 さであり、τ_{ps}は飽和しらすのせん断 強さである。拘束圧が低応力の場合 は細粒分を含むことによるせん断強 さの低下が大きく、一方、高応力の 場合は全体的に浸水によるせん断強 さの低下が小さく、細粒分の影響に よる影響もあまり見られない。

<u>せん断条件下のコラップス挙動</u>

図-4 は細粒分含有率 20%時のせん 断応力及び鉛直変位とせん断変位の 関係を示しており、所定のせん断応 力条件下でのせん断中に注水した際 の、せん断応力、鉛直変位、せん断

変位を表している。また、図-5 は $\Delta h/V_D \ge \tau_s/\sigma_n$ の関係を示している。ここで、 Δh はせん断力制御下で注水を行ってからせん断変位が変化しなくなるま での水平変位、 V_D はせん断開始直前の供試体高さ、 τ_s は注水時のせん断 応力である。尚、凡例の括弧内は τ_s/τ_{ps} の値である。図-5 より、供試体高 さに対する浸水時のせん断変位は、細粒分の増加と共に大きくなることが わかる。一方、大きなせん断応力下で浸水した場合の鉛直変位量は、小さ なせん断応力下での鉛直変位量よりも小さくなることがわかる。最後に、 図-6 は $\tau_p/\sigma_n \ge -(d\Delta V_D/d\Delta h)_p$ の関係を示している。-(d $\Delta V_D/d\Delta h)_p$ は図-4 の例 のようにせん断力がピークとなるときの鉛直応力とせん断変位図の勾配 を表す。図-6 より、母材が同じなら、細粒分含有率、含水比の影響を受

けずほぼ一本の直線に乗ることがわかる。尚、図中の破線は、比較のため 図-6 τ_{pd}/σ_n 、 τ_{ps}/σ_n と-(d $\Delta V_D/d\Delta h$) $_p$ の関係 に他のしらすで行った結果を示している²⁾。

とせん断変位の関係

5. まとめ 本研究で得られた主な結論は以下のとおりである。

1)しらすは細粒分を多く含むと浸水によるコラップス性は大きくなるが、ほど良い細粒分が含まれる場合にはコラ ップス性を低下させることもある。

2)低い拘束圧条件下での浸水に伴うせん断強さの低下は細粒分を多く含むしらすほど顕著であった。

3)低いせん断応力条件下で浸水した場合、その過程における圧縮変位は大きく、せん断変位は小さい。せん断応力 を受けた状態で浸水を伴う場合、せん断変位は細粒分の影響を受け、特に低いせん断応力レベルで顕著である。 最後に、試料を提供していただいた岡林教授(鹿児島工専)に感謝いたします。

[参考文献]

1)D.Hormdee et al. :Direct shear and compression behaviors for an unsaturated compacted soil with water content and matric suction measurement, Advanced Experimental Unsaturated Soil Mechanics, pp.177-184, 2005

2)D.Hormdee et al. :An empirical relationship for evaluating collapsible settlements of volcanic ash sandy soil, Advanced Experimental Unsaturated Soil Mechanics, pp.265-272, 2005









図-5 $\Delta h/V_D$ と τ_s/σ_n の関係

