

簡易定圧一面せん断試験による不飽和砂の圧縮指数の決定

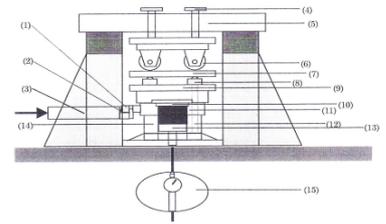
鹿児島大学大学院理工学研究科 学 原 拓也
 鹿児島大学学術研究院理工学域 正 三隅 浩二
 広島地方検察庁 福田 悠貴

1.はじめに

本研究室は、飽和土と不飽和土で構成されている地盤の変形解析を弾塑性圧密理論を用いて実施することを目指している。そこで、本研究ではせん断開始時点の不飽和砂の飽和度を一定に揃えた一連の簡易定圧一面せん断試験を実施し、ひずみの発生量に関わる重要な弾塑性パラメータである圧縮指数 λ を決定した。

2.簡易定圧一面せん断試験の概要

図1に一面せん断試験のせん断箱周りの詳細を示す。本研究では、加圧板側の垂直応力 s を一定にした簡易定圧一面せん断試験を実施した。せん断箱上部にある3つのローラーの真下に小型ロードセルを設置して、反力板側で垂直応力 σ を測定した。試料に豊浦標準砂を用い、せん断開始時点の飽和度を $S_r=50\%$ とした。相対密度 $D_r=60\%$ と $D_r=80\%$ に対して垂直応力 σ をばらつかせ、それぞれの相対密度に対して8つの試験結果を得た。はじめに、供試体の高さが25mmになるように試料を締め固め法にて設置した。次に、供試体に加圧板側の垂直応力 s を加えて供試体の高さを20mmに調整した。この時、せん断開始時点の供試体の飽和度は $S_r=50\%$ 、相対密度は $D_r=60\%$ もしくは $D_r=80\%$ の均質な状態に保たれている。最後に、加圧板側の



振鏡構成図			
(1) せん断アタッチメント	(2) 連結用ピン	(3) せん断軸	(4) 調整ネジ (3個)
(5) 反力枠	(6) ローラー (3個)	(7) ローラー板	(8) ロードセル (3個)
(9) ステンレス板	(10) 反力板	(11) 上箱	(12) ロックピン
(13) 加圧板	(14) 下箱	(15) プルピンリング	

図1 せん断箱周りの詳細

垂直応力 s を一定に保って1分間に0.2mmの速度でせん断変位 x を与え、1分間ごとに垂直変位 y 、せん断力 τ 、反力板側の垂直応力 σ を測定し、せん断変位 x が7mmになった時点で試験を終了した。従来の試験方法では供試体の高さを20mmにして試料を設置し、そこから所定の垂直応力 s を加えていたため、せん断開始時点の飽和度や相対密度が変化してしまう点や供試体の中央をせん断できない点などにおいて問題があったが、今回の方法により、それらの問題を解消することができた。

3.試験結果

図2は今回得られた $D_r=60\%$ の $\tau/\sigma \sim x$ 関係および $y \sim x$ 関係を示す。図3は $D_r=80\%$ の $\tau/\sigma \sim x$ 関係および $y \sim x$ 関係を示す。

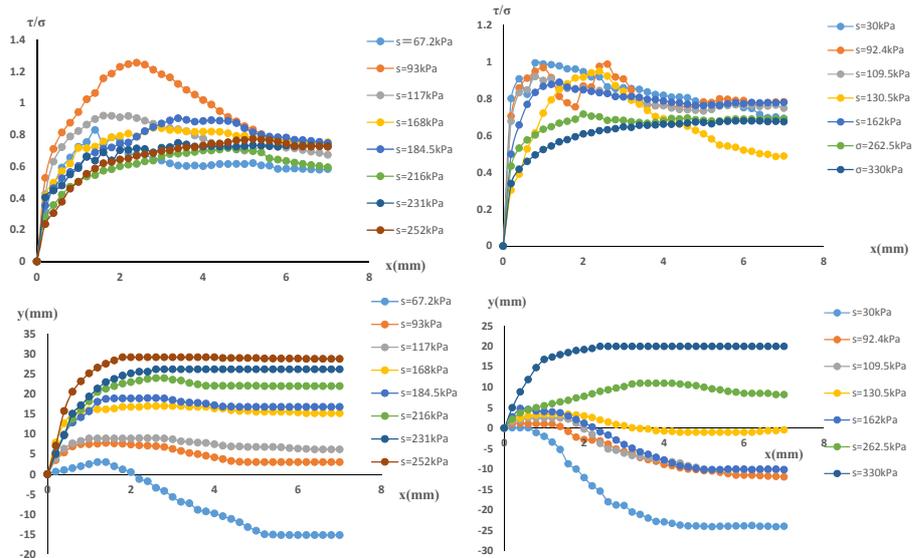


図2 $D_r=60\%$ の $\tau/\sigma \sim x$ 関係および $y \sim x$ 関係

図3 $D_r=80\%$ の $\tau/\sigma \sim x$ 関係および $y \sim x$ 関係

キーワード：一面せん断試験，不飽和砂，豊浦標準砂，圧縮指数，非線形最小二乗法

連絡先：〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学大学院理工学研究科 TEL&FAX:099-285-8474

4. 圧縮指数λの決定法

圧縮指数λは図4に示すように体積比 $v \sim \ln \sigma$ 空間において正規圧密線ならびに限界状態線の傾きのことである。点A, 点Bのように同じλの傾きの直線上にある土は同じ $y \sim x$ 関係および $\tau/\sigma \sim x$ 関係を示すことが実験的に分かっている。今回はこのことを利用し, 供試体の破壊までに生じた最大垂直変位 y_{max} に着目して圧縮指数λを決定する。今回の試験において点Aは

$Dr=60\%((v)_A=1.76)$, 点Bは $Dr=80\%((v)_B=1.69)$ に対応している。ここで, λは図4より式(1)で表すことができる。

$$\lambda = \frac{(v)_A - (v)_B}{(\ln \sigma)_B - (\ln \sigma)_A} \dots (1)$$

式(1)中の $(v)_A$, $(v)_B$ はせん断開始時点の値であり, $(v)_A - (v)_B$ は既知である。また, せん断開始時点の $(\ln \sigma)_B - (\ln \sigma)_A$ は $y_{max} \sim \ln \sigma$ 関係のデータに互いに平行な実験公式(2)、式(3)をあてはめて決定することができる。

$$(y_{max})_B = a \{(\ln \sigma)_B\}^b + c \dots (2)$$

$$(y_{max})_A = a \{(\ln \sigma)_A + d\}^b + c \dots (3)$$

式(2)は式(3)より水平方向に d だけ平行移動した式となっている。よって $d = (\ln \sigma)_B - (\ln \sigma)_A$ となり, これを式(1)に代入しλを決定することができる。

5. 圧縮指数λの決定

図5は試験結果から得られた $y_{max} \sim \ln \sigma$ 関係を示している。図中の●のプロットは $Dr=60\%$ 、△のプロットは $Dr=80\%$ にそれぞれ対応した $y_{max} \sim \ln \sigma$ 関係である。まず, パラメータ c は今回得られた試験結果の中で最少の y_{max} の値、 $c=0.001$ を採用した。次に, $Dr=80\%$ のプロットに非線形最少二乗法を用いて式(2)をフィッティングした結果, 図5中の赤色の曲線を引くことができ, 式(2)中のパラメータ $a=4.1159 \times 10^{-9}$, $b=10.14283$ を得ることができた。最後に, $Dr=60\%$ のプロットに先に得られた a, b, c の値を使い式(3)をフィッティングした結果, 図5中の青色の曲線を引くことができ, 式(3)中のパラメータ $d=0.60285$ を得ることができた。

$(v)_A - (v)_B = 0.070$ なので, これらの値を式(1)に代入することにより圧縮指数 $\lambda = 0.111$ を決定することができた。本研究室では, 垂直応力 σ の代わりに垂直応力 s を使って $(\ln s)_B - (\ln s)_A$ の値を既知として $(v)_A - (v)_B$ を求める方法¹⁾により, 不飽和砂(飽和度 $S_r=50\%$ の豊浦標準砂)の圧縮指数λの値 $\lambda=0.105$ を得ているが, 今回得られた結果はその値に非常に近いことが分かる。飽和土の圧縮指数 $\lambda=0.055$ に関しては参考文献2に詳しい。

6. まとめ

1. 試験装置のせん断箱上部に小型ロードセルを設置し, 反力板側の垂直応力 σ を測定することができた。
2. せん断開始時点の供試体の高さを 20 mm にすることで, せん断開始時点の相対密度, 体積比, 飽和度を所定の値に調整することができた。
3. 簡易一面せん断試験によって不飽和砂(飽和度 $S_r=50\%$ の豊浦砂)の圧縮指数λを決定することができた。

変形解析に必要な他のすべての弾塑性パラメータを一面せん断試験によって決定することが今後の課題である。

参考文献 1) 三隅浩二, 古川大嗣, 野村将平: 一面せん断試験による砂質土の圧縮指数の決定, 鹿児島大学工学部研究報告, 第56号, pp.9-16, 2014 2) 三隅浩二, 野村将平: 三軸せん断試験による豊浦砂としらすの圧縮指数の決定, 鹿児島大学工学部研究報告, 第57号, pp.1-6, 2015

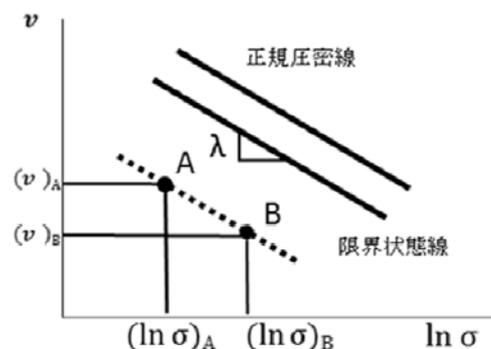


図4 $v_0 \sim \ln \sigma$ 関係

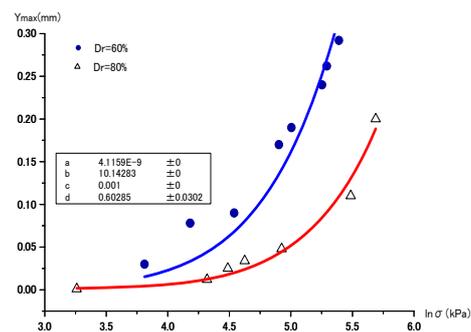


図5 $y_{max} \sim \ln \sigma$ 関係