

中型単純せん断試験機における砂の強度・変形特性

関西大学工学部 正会員 山肩邦男 伊藤淳志
(株)武智工務所 正会員 小椋仁志
関西大学大学院 学生会員 山田 毅 ○加藤史彦

1. 序 杭が鉛直荷重をうけた場合の摩擦抵抗の機構を検討するための一環として、杭周地盤のせん断応力～せん断ひずみ特性を明確にする必要がある。この様な目的をもった単純せん断試験としては、従来 NGI型や Cambridge型などの試験機がよく用いられてきた。しかし、いずれの型式も種々の問題点が指摘されている。そこでこのたび、巨視的に見て供試体の様な変形が期待できることから、高田らの提案¹⁾した方式による単純せん断試験機を試作した。この試験機は、高田らの方式の一部を改良して、摩擦試験も行えるようにしたものである。本論では、同試験機による試験のうち、砂のせん断試験の結果について述べ、せん断応力と変形の関係性を提案する。

2. 実験概要 せん断箱は、図-1に示すような、鋼製フレーム(断面：20mm×20mm)を6段積重ねたものである。せん断箱の外側には、フレームを水平に保ち、かつ供試体を一様にせん断変形させるためのガイドが4ヶ取付けられている。供試体の寸法は、長さ300mm、幅200mm、高さ120～150mmである。なお、ガイドローラーによって加圧板やせん断箱が傾かないようになっている。

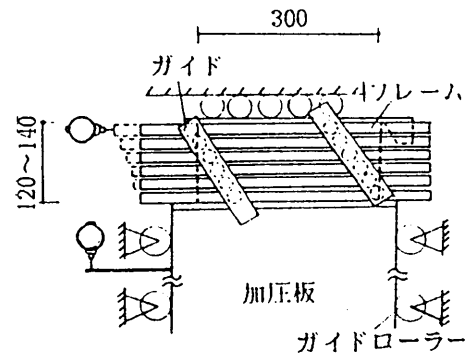


図-1 実験装置

加圧型式としては、貫入型と固定型の2つの型式を採用できる。貫入型は、図-2(a)のように、せん断箱内の供試体を加圧板が直接加圧する型式で、従来から用いられている。一方、固定型は同図(b)のように、最下層のフレームを加圧板に固定し、各フレーム間にすき間を設けることによって供試体を加圧する型式であって、高田らが提案²⁾したものである。この場合、供試体作製時にフレーム間に厚さ5mmのスペーサーをはさんでおき、供試体作製後に取除く。また、フレーム間のすき間からの砂漏れを防ぐために、せん断箱の内周面にグリスを塗布した上、ビニールシートを付着させておく。

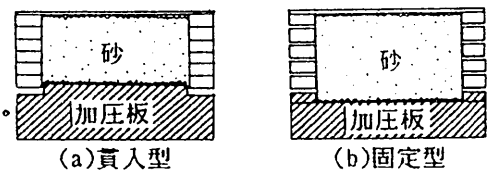


図-2 加圧型式の違い

本試験に使用した砂は、気乾状態の淀川砂(粒径：74 μ m～1.2mm)であって、表-1にその諸元を示す。供試体は多重フルイ付きサンドレイナーを用いて作製し、圧密後の相対密度 D_r が、固定型の場合は60、80および100%となるようにし、貫入型の場合は80%となるようにした。拘束圧 σ_n は、いずれの場合も0.5、1.0、2.0および3.0 kgf/cm²の4通りの値を採用した。これらの σ_n を30分間加えて圧密した後、せん断箱上端の変位が毎分1mmになるように、せん断力を加えた。

表-1 淀川砂諸元

比重 Gs	最大間隙比 e _{max}	最小間隙比 e _{min}	平均粒径 D ₅₀	均等係数 U _c
2.64	1.034	0.610	0.43	2.54

3. 実験結果 一例として $D_r=80\%$ の場合のせん断応力 τ ～せん断ひずみ γ 関係および体積ひずみ ϵ_v ～ γ 関係を、図-3に示す。これらの図から次のことがわかる。①貫入型では σ_n が

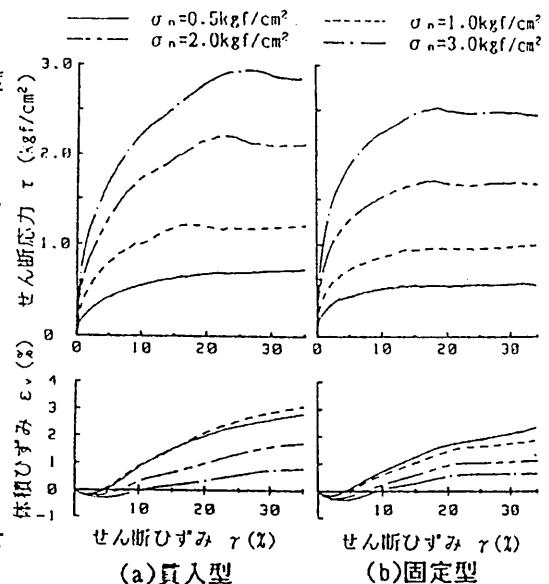


図-3 応力～ひずみ関係 ($D_r=80\%$)

Study on Strength and Deformation of Sand in Simple Shear Testing Apparatus

K.Yamagata, A.Ito, T.Yamada, F.Kato(Kansai Univ.) and H.Ogura(Takechi Engineering Co.,Ltd.)

1.0kgf/cm²以上、固定型では2.0kgf/cm²以上において τ にピーク値 τ_r が見られる。 τ_r における γ の値は、貫入型の方が大きい。② γ が小さい間は固定型の τ の方が大きい、 γ が大きくなると貫入型の τ の方が大きくなり、 τ_r の大きさは貫入型>固定型となっている。③ $\varepsilon_v \sim \gamma$ 関係では、 σ_n が小さいほど ε_v は大きい。ただし、貫入型の $\sigma_n=1.0\text{kgf/cm}^2$ の場合は $\sigma_n=0.5\text{kgf/cm}^2$ よりも大きくなっている。結果として、加圧板がせん断箱の内部に貫入するため、両者の間に摩擦が生じること、 γ が大きくなると上部のフレーム程水平変位が生じて、加圧板とフレーム下面との間に二次抵抗が生じ、供試体内部の σ_n の分布が一様でなくなることなどの問題点が実感された。したがって、本試験においては、貫入型よりも固定型の試験結果の方が、信頼できるものとする。以下では、貫入型の試験結果を除外する。

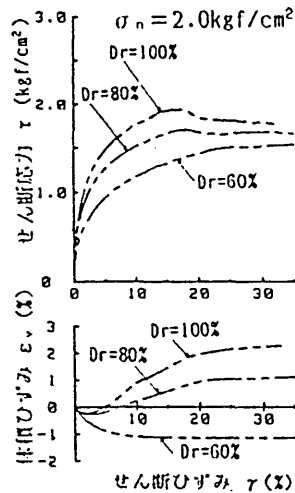


図-4 応力～ひずみ関係

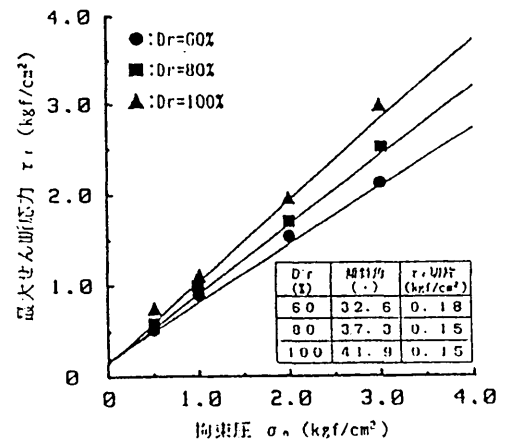


図-5 $\tau_r \sim \sigma_n$ 関係

図-4は、固定型の $\sigma_n=2.0\text{kgf/cm}^2$ の場合の $\tau \sim \gamma$ および $\varepsilon_v \sim \gamma$ 関係を描いたものである。この図から、 D_r が小さい時は、 τ の値にピークが見られないこと、正のダイレイタンスが生じないことなどがわかる。図-5は τ_r と σ_n との関係である。ピーク値が明確でない場合は、 $\gamma=35\%$ における τ の値を採用した。なお回帰直線を実線で示しておいた。同図から、 D_r が大きくなると傾斜角は大きくなるものの、 τ_r 切片はほぼ同じ値となっていることがわかる。供試体が乾燥砂であったことを考えると、この τ_r 切片の値は、ガイドローラーなどの摩擦によるものと思われる。

図-4は、固定型の $\sigma_n=2.0\text{kgf/cm}^2$ の場合の $\tau \sim \gamma$ および $\varepsilon_v \sim \gamma$ 関係を描いたものである。この図から、 D_r が小さい時は、 τ の値にピークが見られないこと、正のダイレイタンスが生じないことなどがわかる。図-5は τ_r と σ_n との関係である。ピーク値が明確でない場合は、 $\gamma=35\%$ における τ の値を採用した。なお回帰直線を実線で示しておいた。同図から、 D_r が大きくなると傾斜角は大きくなるものの、 τ_r 切片はほぼ同じ値となっていることがわかる。供試体が乾燥砂であったことを考えると、この τ_r 切片の値は、ガイドローラーなどの摩擦によるものと思われる。

4. $\tau \sim \gamma$ 関係式の提案 本試験で得られた $\tau \sim \gamma$ 関係を表す実験式として、次式を提案する。

$$\tau = \sqrt{a\gamma^4 + b\gamma^3 + c\gamma^2 + d\gamma} \quad \text{----- (1)}$$

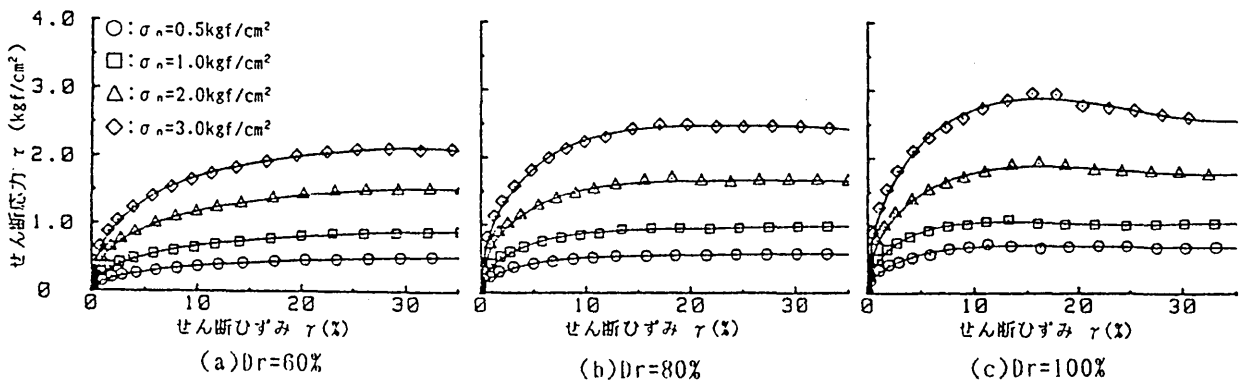


図-6 $\tau \sim \gamma$ 関係

図-6は、この式による回帰曲線と実測値との比較図である。曲線は実測値とよく一致していることがわかる。特に、 τ にピーク値が生じる現象をもよく表現できている。回帰係数 a, b, c, d と、 D_r や σ_n との関係については、今後せん断試験のデータを蓄積した上で検討していきたい。

5. 結語 以上、単純せん断試験の結果について報告した。本試験機の製作に際して多大のご助言を頂いた大阪市立大学の高田直俊教授に謝意を表します。また、本試験を行うにあたりご協力頂いた関西大学卒業研究生の中西庸雄、中村好影の両氏に感謝いたします。

参考文献 1) 高田, 三笠, 柚木: 一面, 単純せん断試験機の改良と比較試験, 土木学会第35回年次学術講演会講演概要集, III, pp.293~294, 1980 2) 高田, 柚木: 粗粒材を用いた単純, 一面せん断の比較試験, 土と基礎, Vol.32, No.5, pp.17~22, 1984