

中部電力 総合技研 正 藍田正和

1. はじめに

ロック材のような粗粒材料のせん断試験にはしばしば一面せん断試験機が用いられている。一面せん断試験は試験法としての歴史も古く、簡便であるという利点を有しているものの、せん断に伴う進行性破壊、供試体内の応力分布の不均一性、応力軸の回転および拘束型試験機における側面摩擦の影響等の不確定要素によって力学的な理論づけという面では十分な信頼性をもっていない。また、粗粒材を扱う場合にはせん断箱の寸法効果といったことも重要な要素となっている。一面せん断試験に関する研究は土質工学会が行なった標準砂の一斉試験を契機として2, 3行なわれたが、十分な結論を得るには至っておりず、特に、せん断時の変形特性との関係で論じられているものは少ない。砂がせん断変形を受ける際の応力-ひずみ関係は一面せん断試験が上述した種々の未知量によって影響されるとしても、それから得られたせん断強度を考える場合に重要な指針を与えてくれるものと考えられる。著者らはロック材の一面せん断試験から得られる強度を三軸圧縮試験との比較において検討するため、中型の試験機を試作したが、ここでは、基礎実験として実施した豊浦標準砂についての結果を報告する。

2. 試作試験機の概要と実験方法

試作試験機の概要を図-1に示す。せん断箱の寸法は、断面が 300×300 の正方形であり、深さは 150 mm と基本として上ぶたと下つ載荷板に鉄板を取り付けることによって任意厚さの供試体を作成できるようになっている。構造は三翼式改良型試験機と同様で上部可動下部固定の下方載荷方式となっており、上部せん断箱は上下のローラーによって水平方向のみに動く、完全拘束型に近いものである。せん断力は電動モーターによって、垂直荷重は油圧によって載荷し、等圧せん断における垂直荷重と等体積せん断における垂直変位は載荷板とピストンとの間にとりつけたロードセルからの出力をもとに定荷重降置によって等圧せん断の場合、載荷重の1%以下、等体積せん断の場合に 0.02 mm 以下に制御できる。

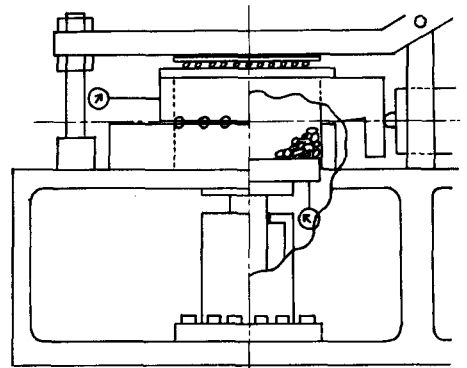


図-1 試作中型一面せん断試験機の概要

試料は市販の乾燥豊浦標準砂であり、初期間ギキ比を $e_0 = 0.663$, $e_0 = 0.735$, $e_0 = 0.803$, $e_0 = 0.880$ の4ケースとし、供試体作成はこれを4層にわけ、一層ごとに突き棒によってつめ、そのつどゲージによって所定の高さとなるようにして作成した。垂直荷重は $q_v = 2.2, 8.9, 17.8 \text{ kg/cm}^2$ の3ケースである。また、層厚の影響をみるため、厚さを $H = 150, 100, 50 \text{ mm}$ (以下、これを $D/H = 2, 3, 6$ と呼ぶ)の3通りとして等圧試験を実施し、等体積試験では $D/H = 3$ について実験した。

3. 実験結果と考察

等圧試験における最大応力比 $(\tau/\sigma_v)_{\max}$ の値を垂直応力ごとに示したものが図-2である。図には市原、松沢が行なった平面ひずみ試験ならびに三軸圧縮試験の実験値が示してある。初期間ギキ比による強度の影響は各応力レベルに対して同程度の傾きをもっているが、強度そのものは応力レベルによってかなり異なり、 $\tau_{\max}$

一 σ 関係が屈曲していることを表わしている。
 $\sigma_0 = 2.2 \text{ kg/cm}^2$ に対する結果は前述した一斉試験における拘束型試験機の結果²⁾と同様な傾向を示しており、かなり大きな値となっている。また、供試体厚さにおける影響は必ずしも単純ではなく、データ数が少ないこともあって明確な結論は下せないが、概ね、垂直荷重が小さいほど、密度がゆるいほど大きく、強度が層厚が薄いほど大きい。

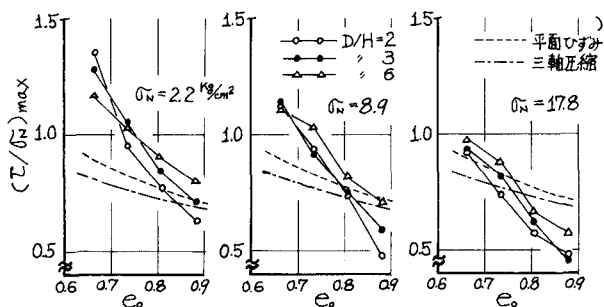


図-2 等圧試験の $(\sigma/\sigma_0)_{\max} \sim e_0$ 関係

図-3は $D/H=3$ における等体積せん断試験の結果を示している。図からわかるように、この場合には初期間ギャキ比による影響はあるものの初期載荷重 σ_0 の大きさにはほとんど関係していない。

さて、砂のせん断特性がその変形特性によって支配されるのは自明であり、一面せん断試験が前述したような特に卓越したものない種々の不確定要因によって支配されるとしても、応力比-ダイレイタンス-関係のような固有の関係が、何らかの形で表現されているものと考えられる。ここでは、一般的なひずみ増分比のかわりに便宜的にせん断変位増分に対する垂直変位増分の比 $(dh/dl)_{\max}$ をとり、最大応力比 $(\sigma/\sigma_0)_{\max}$ との関係を調べた。

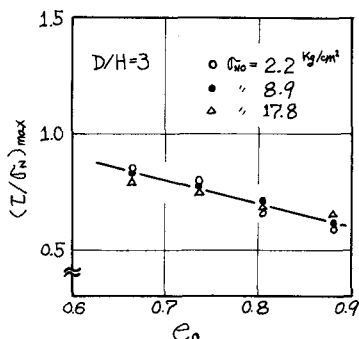


図-3 等体積試験の $(\sigma/\sigma_0)_{\max}$

等圧試験における上述の関係を示したものが図-4と図-5である。実験値全体としては図上で非線形な関係となり、そのバラツキの程度も大であるが、図-4のようにその垂直荷重によって整理してやると $(dh/dl)_{\max}$ の小さい領域で多少乱れるものの、層厚や初期間ギャキ比に依存しない良好な線形関係が得られる。そしてこの傾きは σ_0 が大きくなるほど大きくなっている。層厚に関して図-2と比較してみると、原因の一つとして層厚による荷重の伝達性を考えることができる。すなわち、供試体が厚い場合には伝達性が悪くせん断面付近では見掛けの載荷重より幾分小さい値となっており強度も小さくなる。これに対して、真の応力比-ひずみ増分比関係はある垂直荷重の幅の中で一定であり、そのため、図-4にその差は出てこないと思われる。

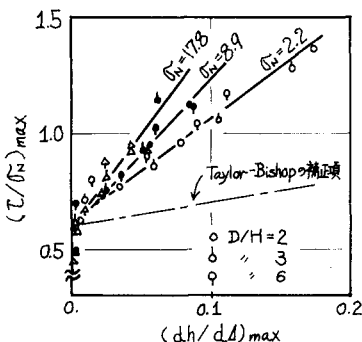


図-4 等圧試験における $(\sigma/\sigma_0)_{\max} \sim (dh/dl)_{\max}$ 関係 (σ_0 による整理)

次に初期間ギャキ比によって整理したものが図-5である。図-4ほど明瞭ではないがダイレイタンス量の大きい領域で初期間ギャキ比ごとの線形関係が得られる。そして、 $e_0 = 0.663$ と $e_0 = 0.735$ ではほぼ平行な関係となり、これを $e_0 = 0.803$ にまで拡張して引いてやると、その $(\sigma/\sigma_0)_{\max}$ 軸切片は、先に示した等体積試験の値とよい一致を示している。以上に示してきたデータから結論を云々することは早計であろうが、一面せん断試験においても変形特性との関係である程度整理でき、今後さらにデータを積み重ねてゆきたいと考える。

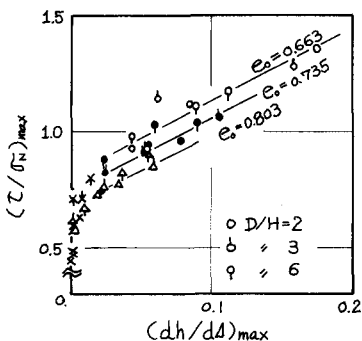


図-5 等圧試験の $(\sigma/\sigma_0)_{\max} \sim (dh/dl)_{\max}$ 関係 (e_0 による整理)

参考文献；1)藤本松沢「平面ひずみ状態と軸対称ひずみ状態における砂のせん断特性」土構論文集、第173号、1970、1月、2)たなか、増野金編「土質試験法」