

地盤材料における不連続面の力学特性について

京都大学工学部

足立 紀尚

京都大学防災研

八嶋 厚

京都大学大学院

○藤本 朗

1. はじめに

岩盤の力学挙動は内在する不連続面に支配されていると言っても過言ではなく、従来よりその強度特性、変形特性について数多くの研究がなされてきた。本研究は、人工的に切断面を与えた軟岩を試料にして一面せん断試験、三軸圧縮試験、中空ねじり試験を行ない、それぞれの試験法から得られた結果をもとに不連続面の強度特性および変形特性を考察したものである。

2. 実験方法

試料として気乾状態（含水比約6%）の大谷石を用いた。

一面せん断試験：直径5cm、高さ1cmの供試体を2個重ね合わせて複合供試体とした。用いた直応力は0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 7, 10 kgf/cm^2 であり変位制御方式である。変位速度は0.02~2 mm/min の範囲で変化させたが、その結果に顕著な差が見られなかったためここでは0.2 mm/min の結果について考察した。繰り返し試験では一回のせん断が終わる毎にセットをやり直し同様の実験を行なった。なお一回の最大せん断変位は約1.7mmとした。

三軸圧縮試験：直径5cm、高さ10cmの供試体を用いた。供試体には軸荷重面と60°の角度を持った切断面を入れた。用いた側圧は1, 2, 3, 5 kgf/cm^2 であり軸変位制御方式である。軸ひずみ速度は0.1, 1, 7.5 $\%/min$ である。また切断面上の直応力一定の三軸圧縮試験は、一面せん断試験と対比するために行なったものであり次の手法を用いた。すなわち軸荷重用面と α の角度を有する切断面上の直応力 σ_n は次式で与えられる。 $\sigma_n = \sigma_3 + (\sigma_1 - \sigma_3) \cos^2 \alpha$ —①、これより $\Delta \sigma_n = 0$ を $\alpha = 60^\circ$ の条件で求めると $\Delta \sigma_3 = -1/3 \Delta \sigma_1$ —②となる。従って式②を満たすようにせん断中の σ_1 と σ_3 を制御することにより $\sigma_n = \text{const}$ の条件を得ることができる。用いた軸ひずみ速度は1 $\%/min$ である。

中空ねじり試験：高さ8cm、外径5cm、内径3cmの供試体を2個重ね合わせて複合供試体とした。せん断は上部固定で下部供試体に回転トルクを与えた。用いた直応力は1, 2, 3, 4, 5 kgf/cm^2 であり回転変位制御方式である。供試体の平均径 $r = 2\text{cm}$ での回転変位速度は1 mm/min である。

3. 実験結果および考察

(1) 残留状態の破壊規準について

図-1に各試験法による残留状態での σ_1 ~ σ_3 の関係を示す。これより残留状態での内部摩擦角は、三軸圧縮<中空ねじり>一面せん断の順になっており、側圧一定および切断面上の直応力一定の三軸圧縮試験の間には顕著な差はない。

Toshichisa ADACHI, Atsushi YASHIMA, Akira Fujimoto

(2) セン断変位速度の影響について

側圧一定の三軸試験において側圧 2.5 kgf/cm^2 の2種類についてセン断変位速度の違いによる τ - σ_n 変位関係を図-2に示した。これよりセン断変位速度の違いによる残留強度の差はほとんどないことがわかる。また図よりセン断速度の違いのものについては顕著なスティックスリップが見られることがわかる。

(3) 繰り返し回数の影響について

垂直応力 5 kgf/cm^2 の一面セン断試験において10回の繰り返しセン断を行なったので、特に1, 5, 10回について τ - σ_n 変位関係を図-3に示した。これより残留強度は繰り返し回数にはほとんど影響を受けないが、繰り返し回数の増加につれてセン断中のスティックスリップが顕著となることがわかる。

(4) ジョイントセン断剛性 K_s について

図-4に各試験法による K_s の σ_n 関係を示す。これより K_s の値は各 σ_n において三軸圧縮 > 一面セン断 > 中空ねじりの順となっていることがわかる。

(5) 中空ねじり試験について

今回中空ねじり試験を新たに採用したが、現時点では再現性を得ることは非常に困難であり今後供試体、試験法の改良が必要である。

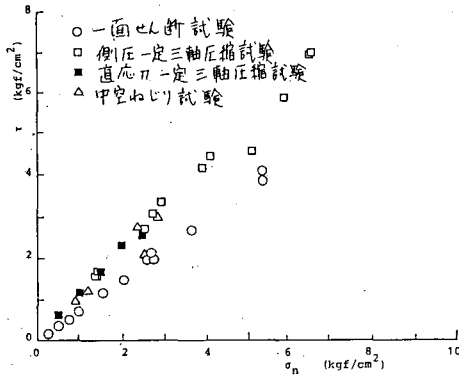


図-1 残留状態の破壊規準

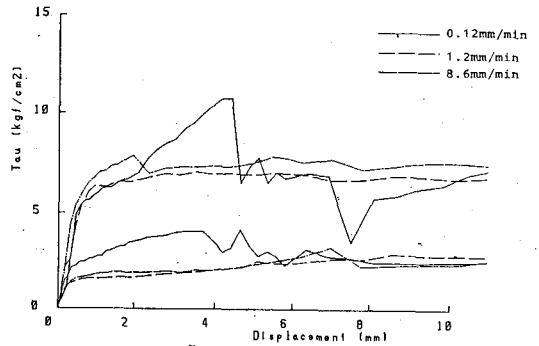


図-2 セン断速度の影響について

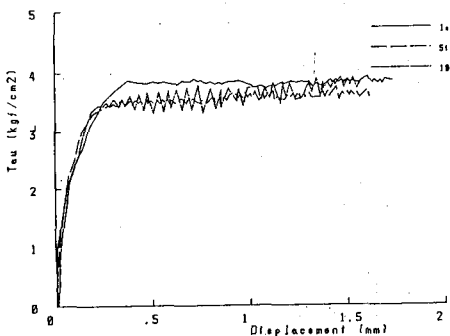


図-3 繰り返し回数の影響について

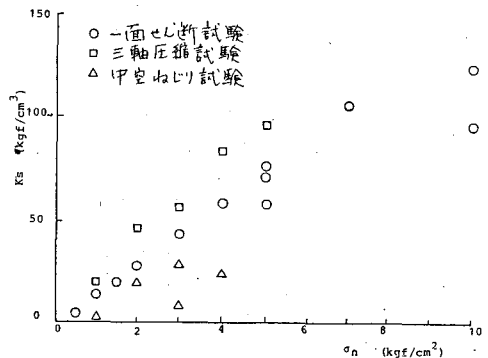


図-4 ジョイントセン断剛性 K_s