

京都大学工学部

○足立紀尚

京都大学防災研究所

八嶋 厚

京都大学大学院

藤本 朗

1. はじめに

岩盤の強度はその上限値が岩石 (intact rock) の最大強度に、下限値が岩石の残留強度に対応し、一般には内在于不連続面の特性によって、その範囲内にあり、その岩盤強度の上限値を与える岩石の最大強度は一定拘束圧下において時間とともに減少するが、他方一定拘束圧下で残留強度は時間的に変化し、^(1,2) ことなどを明らかにした。しかしながら、土木構造物の建設のめざす、地震の発震機構とか地すべりなど地球物理や防災の分野からも不連続面の力学特性に関しては未解明の点も少なくなく、不連続面の摩擦強度、すなわち残留強度についてもより詳細に検討する必要がある。本研究は気乾状態にある大谷石を試料に、あらかじめ切断面を与えて供試体を用いて三軸圧縮試験と一面せん断試験を行い、拘束圧、せん断変位速さ及び同一の不連続面を繰り返しせん断することがいかにせん断強度特性に影響を及ぼすかを検討したものである。その結果、平均値としての残留強度はせん断変位速さと同一面を繰り返しせん断する回数に影響を受けず、拘束圧が大である程、変位速さが小さい程、その同一面を繰り返しせん断する回数が増加する程、stick slip が顕著になることが明らかとなった。この stick slip 現象は地震の発震機構、その間欠的に生ずる地すべり機構と類似のものであると推定できる。さらに、気乾状態の大谷石の残留強度は先に与えたべき変位型破損規準で表わし得ることも明らかである。

2. 実験方法

試料は含水比約 6% の気乾状態にある大谷石である。三軸圧縮試験は直径 5 cm、高さ 10 cm で主応力面と種々の角度を成す切断面を有する供試体を用い、側圧と変位速さをパラメータとして実施した。他方、一面せん断試験は直径 5 cm、高さ 1 cm のものを 2 個重ねて供試体とし、直応力 σ_n を 0.5 ~ 10 kgf/cm²、変位速さを 0.02 ~ 2.0 mm/min と変化させて行った。なお、同一面を繰り返してせん断する試験はせん断が終了する毎に元の状態に戻してセットしなおし、せん断を繰り返すが、一面せん断試験の場合には一回に与える最大変位量を 1.7 mm とした。

3. 実験結果

拘束圧の影響 Fig. 1 は切断面角 65°, Fig. 2 は切断面角 66° の供試体を用いた三軸試験の結果を切断面上のせん断応力と変位関係として示したものである。これらの図から求まる知見は、

- ① 側圧 σ_3 が增大する程、残留強度は増大する。
- ② 側圧 σ_3 が增大する程、stick slip が顕著になる。

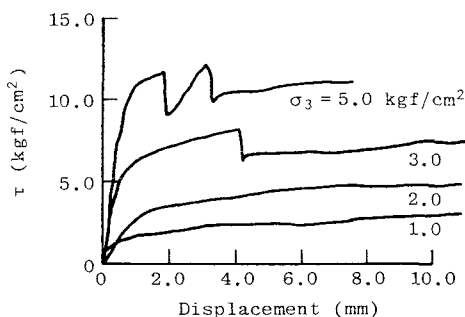


Fig. 1. せん断応力 - 変位関係 (三軸試験)

切断面角 65°, 変位速さ 1.2 mm/min

せん断変位速さの影響 Fig. 3 は切断面角 60° の供試体を用い、側圧 $\sigma_3 = 3$ kgf/cm² のもとで、変位速さを 0.12, 1.2 及び 6 mm/min と変化させて行った三軸試験の結果

果も切断面上のせん断応力と変位の関係を示したものである。この図から得られる知見は

- ①. 平均値として、残留強度は変位速の影響を受けない。
- ②. 変位速が低い場合 (0.12 mm/min)、stick slip が顕著になる。

同一面を繰返しせん断する回数の影響。Fig. 4は直応力 $\sigma_n = 5 \text{ kgf/cm}^2$ の一面せん断試験において10回繰り返しせん断を行い、その結果求まるせん断応力と変位の関係を第1回、第5回及び第10回繰り返し回数に対してそれぞれ手之にものである。図より得られる知見は、

- ① 平均的残留強度は第1回目よりもやや大きい、回数による差は小さい。
- ② 繰り返し回数の増大とともに stick slip は顕著になる。

残留強度に対する破壊規準

残留強度を主に示している Fig. 5より気乾状態の大谷石の残留強度に対する破壊規準もべき曲数型で与えられることが明らかである。

結論

拘束圧が大である程、変位速が小さい程、繰返しせん断数が多い程 (面が滑らかな程) stick slip が顕著となる。

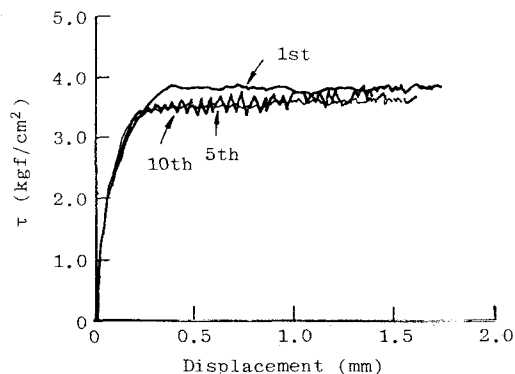


Fig. 4. せん断応力-変位関係 (一面せん断試験)
 $\sigma_n = 5.2 \text{ kgf/cm}^2$.

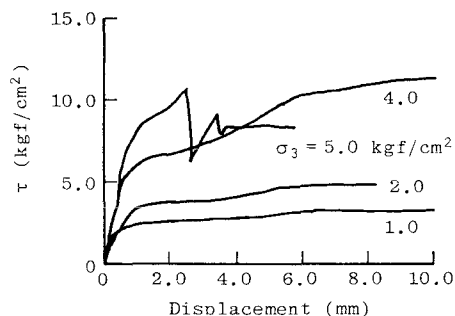


Fig. 2. せん断応力-変位関係 (三軸試験)
切断面角 66° , 変位速 1.2 mm/min

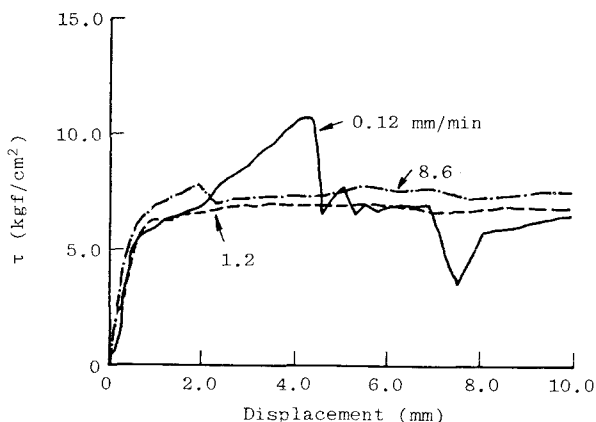


Fig. 3. せん断応力-変位関係 (三軸試験)
切断面角 60° (変位速の影響), $\sigma_3 = 3 \text{ kgf/cm}^2$

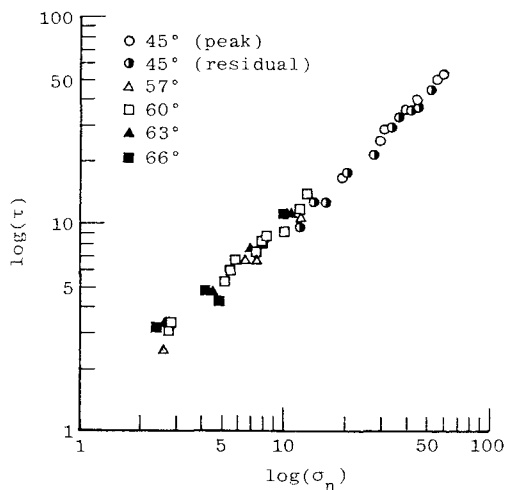


Fig. 5. 直応力-せん断応力関係 (三軸試験)

参考文献 1). 足立, 小川, 土木学会論文報告集, No. 295, 1980, pp. 51~88. 2). Adachi, T. & Takase, A., Proc. Symp. on Weak Rocks, Tokyo, 1981, Vol. 1, pp. 94-104.