

埼玉大学理工学部 正員 小野寺 透
○ 東京大学 学生員 大塚 康範

1. まえがき

本研究は花こう岩の三軸圧縮試験より得られる強度的成分、内部摩擦角 ϕ と粘着力 c の風化に伴う変化を新鮮なものからマサ状に風化した花こう岩の範囲で考察したものである。対象とした花こう岩は瀬戸内海にある大島(愛媛県)、因島・生口島(広島県)他である。

2. 従来の研究結果及び三軸圧縮試験について

対象地域では、さく剥現象が激しく風化要因としては機械的作用が卓越し風化の程度は有効間隙率 $n_e\%$ で説明される。また花こう岩の物理的性質(動的・静的弾性係数、ショア硬度、一軸圧縮強度 σ_c など)については $n_e 3\sim 4\%$ までにその減少が著しいことが実験的に明らかにされている。三軸圧縮試験を行い破壊時のモール円から求めた内部摩擦角 ϕ は $n_e 7\sim 10\%$ 程度の風化では著しい減少は見られず $\phi = 60^\circ\sim 70^\circ$ である。一方粘着力成分 c については $n_e = 3\sim 4\%$ までの風化でそのほとんどが失われてしまう¹⁾。

(Fig. 4参照) $n_e = 10\%$ 程度までの風化で ϕ を低下させない強度的要因として破壊時の著しい体積膨張(ダイヤタンスー)による効果が考えられる。そこで強度に対する体

積変化の効果を調べるために熱膨張を利用し、Fig. 1は熱処理した人工風化花こう岩で得られた代表的な応力-歪曲線である。人工的に配製した花こう岩(1000℃ $n_e = 6.22\sim 7.18\%$ 供試体寸法 $\phi 40\text{mm} \times 100\text{mm}$)について拘束圧 σ_3' 500 kg/cm²までの範囲で排水三軸圧縮試験を行った。体積変化はビュレットを用いて測定した。またマサ状風化花こう岩についても同様の観点から排水三軸試験を実施した。人工的に組織を配製した花こう岩の力学的性質については吉中、川島らによつて自然風化岩と人工風化岩で本質的な差異のないことが明らかにされている。²⁾ 乱さないマサ状風化花こう岩は因島に隣接する生口島で採取した。採取方法はフォールカンパレーを模して作成したものと塩化ビニールパイプの二通りを使ってストレートエッジで直径100mm、長さ25cm程度に整形する方法によつた。

3. 試験結果

(1) 風化の程度とダイヤタンスー: Fig. 1は熱処理した人工風化花こう岩で得られた代表的な応力-歪曲線であ

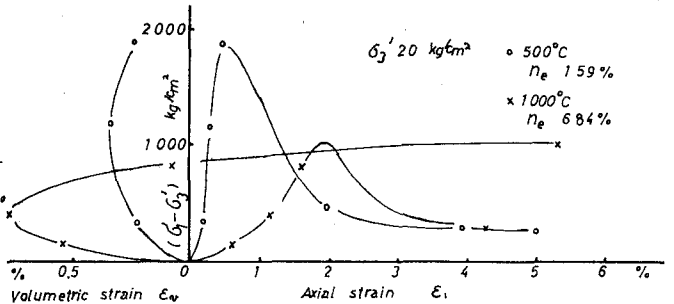


Fig. 1 Stress strain-volume change data for operated weathered granite

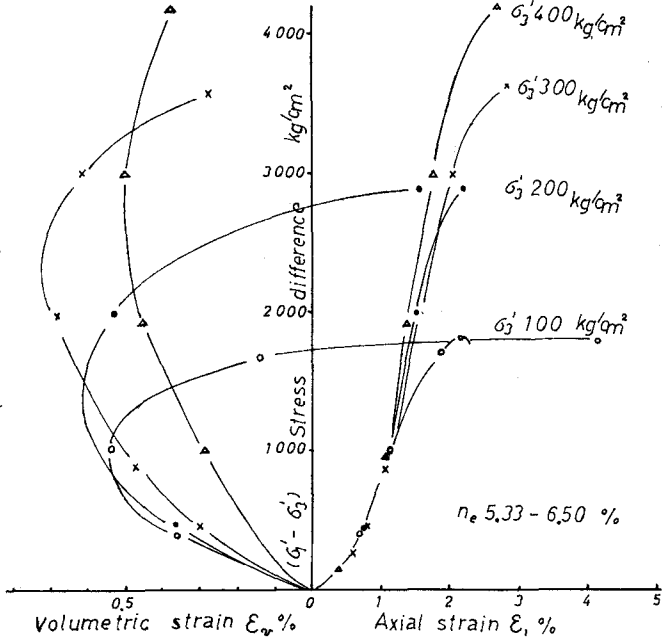


Fig. 2 Stress strain curve, at high confining pressures

て人工的に配製した花こう岩(1000℃ $n_e = 6.22\sim 7.18\%$ 供試体寸法 $\phi 40\text{mm} \times 100\text{mm}$)について拘束圧 σ_3' 500 kg/cm²までの範囲で排水三軸圧縮試験を行った。体積変化はビュレットを用いて測定した。またマサ状風化花こう岩についても同様の観点から排水三軸試験を実施した。人工的に組織を配製した花こう岩の力学的性質については吉中、川島らによつて自然風化岩と人工風化岩で本質的な差異のないことが明らかにされている。²⁾ 乱さないマサ状風化花こう岩は因島に隣接する生口島で採取した。採取方法はフォールカンパレーを模して作成したものと塩化ビニールパイプの二通りを使ってストレートエッジで直径100mm、長さ25cm程度に整形する方法によつた。

3. 試験結果

(1) 風化の程度とダイヤタンスー: Fig. 1は熱処理した人工風化花こう岩で得られた代表的な応力-歪曲線であ

る。Fig.1から $n_e 7 \sim 10\%$ 程度に風化が進むにつれ圧縮性は増大するが一方破壊時の体積膨張も著しいことが分かる。強度に対する体積変化の効果を変形の各段階における Dilatancy Rate ($D = 1 - \frac{d\varepsilon_v}{d\varepsilon}$, $d\varepsilon$, 軸ひずみの増分, $d\varepsilon_v$ 体積変化の増分) で表現すると $n_e 6.84\%$ の試料では破壊時に D_f が約7という一般土質材料では考えられない大きな値を示している。

(2) 拘束圧とタイラタンシー: Fig.2は 1000°C で熱処理した $n_e 7\%$ 程度の花こう岩について特に高い拘束圧下 ($\sigma_3 \text{ max} = 400 \text{ kg/cm}^2$) で行った排水三軸圧縮試験の応力-歪曲線である。拘束圧の増加につれて破壊時の体積膨張の程度が減少している。 $n_e 7\%$ 程度の風化岩におけるタイラタンシーの効果は拘束圧 $\sigma_3' 100 \text{ kg/cm}^2$ 以上ではその影響が小さいことが理解される。
($\sigma_3' = 100 \text{ kg/cm}^2$ $D_f = 1.21$ $\sigma_3' = 400 \text{ kg/cm}^2$ $D_f = 1.15$) マサ状風化花こう岩 $n_e 30 \sim 40\%$ においては拘束圧 $\sigma_3' = 20 \text{ kg/cm}^2$ 以上ではほとんど体積膨張は見られずタイラタンシーの効果は風化程度が進んだ花こう岩の方がより拘束圧の影響を受けやすい (stress-dependent) (本年度予稿集, 吉中, 鈴木, 乱さなマサ状風化花こう岩の力学的性質の項を参照)

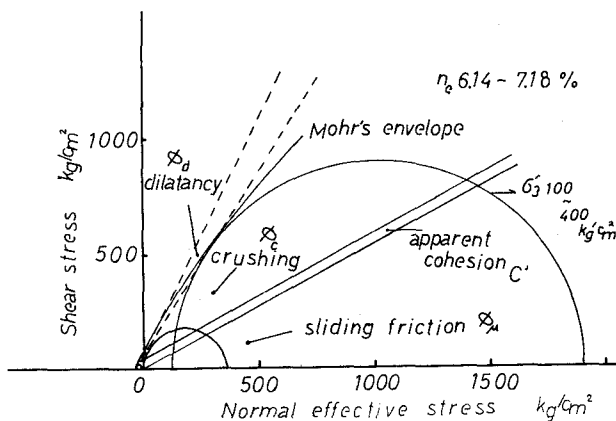


Fig.3 Diagram of dilatancy and crushing effect

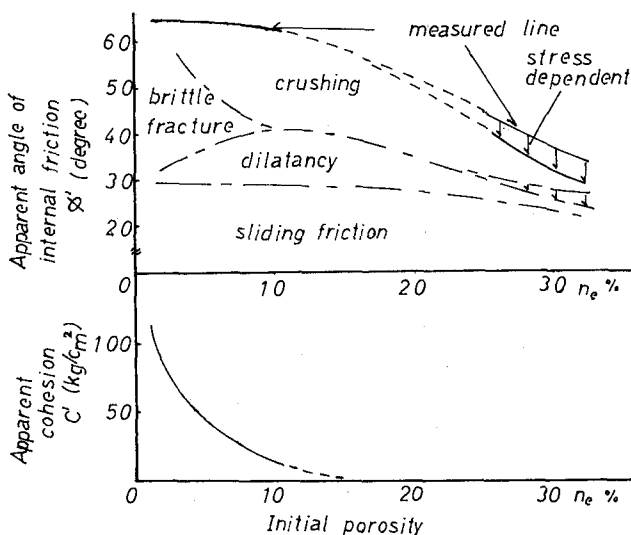


Fig.4 Concept of strength share components for granite

(3) 内部摩擦角の補正について: Fig.3は人工風化花こう岩 ($n_e 7\%$) の排水三軸圧縮試験より得られる破壊時のモール図及び破壊包絡線を表している。拘束圧 σ_3' 0と $100 \sim 400 \text{ kg/cm}^2$ におけるモール図の共通接線と低拘束圧下の包絡線の接線との角度が強度に及ぼすタイラタンシーの最大の効果と考えられる。このような ϕ の補正によって求められたタイラタンシーの最大の効果 ϕ_d はせいぜい 10° 程度であり分離面のせん断試験より得られる面間摩擦角 ϕ_s を 30° 程度³⁾として $n_e 7 \sim 10\%$ 程度の風化花崗岩の $\phi 60^\circ \sim 70^\circ$ を説明するのに十分な値である。これは $n_e 7\%$ 程度の風化ではタイラタンシーの効果の他に結晶粒の粉砕による仕事の大きい事を示している。

4. まとめ

タイラタンシーの強度に及ぼす効果は $n_e 10\%$ 程度での風化範囲では増大するがマサ状に風化が進むとタイラタンシーの効果は喪失して行く。またタイラタンシーの効果は拘束圧の増加によって減少し風化程度が進んだ岩石がより拘束圧の影響を受けやすい。最後に風化に伴う強度成分の変化の概念図をFig.4に示す。

参考文献. 1. Onodera, Yoshinaka, Oda (1974) "Weathering and Its Relation to Mechanical properties of Granite" * 2. 吉中, 白井, 川島 (1975) 第30回年次学術講演集. 3. 吉中, 古田 (1974) 花こう岩分離面のせん断強度特性, 応用地質, 巻2号, * Proc. 3rd ISRM, Vol. 2, Part A