大理石の破壊性状について

名古屋大学　学生員　○富田和政
同上　正員　川本朓万

1．まえがき

三軸圧縮応力をうける岩石のようなぜい性材料の破壊性状を論ずる場合，巨視的な性状に基づく降伏，流動，破壊などの術語が使用される。このことはこれら材料が力学的に多様性を示すことを意味している。破壊性状のうち興味ある対象として降伏応力の測定をあげることができる。一般の定義にしたがうと，降伏とは変形抵抗が急激に，あるいは徐々に減少する現象であるが，実験で測定された降伏応力が降伏の定義をみたすものであるかは問題である。すなわち，多くの場合，降伏応力は荷重が急激に変化するときの応力状態でもとめられ，そのときの変形状態は考慮されていない。このような問題は著者等が先に行なったセメントモルタルの三軸圧縮試験のさいにも見出されたのであるが，本報告では，セメントモルタルにくらべ非常に脆な材料である山口県美祢市産の大理石（供試体寸法：5.5cm×5.5cm×5.5cm）を用いて，前述した問題点の検討ならびに，降伏条件の検討がなされた。

2．実験概要

使用した三軸圧縮試験機は三軸方向にそれぞれ独立に載荷，除荷できる三組の荷重装置からなり種々の応力状態をつくることができる。

載荷はまず最初供試体に所定の静水圧応力状態を与え，この状態から各軸方向の応力が次式で与えられる関係で増加，減少するようになされた。

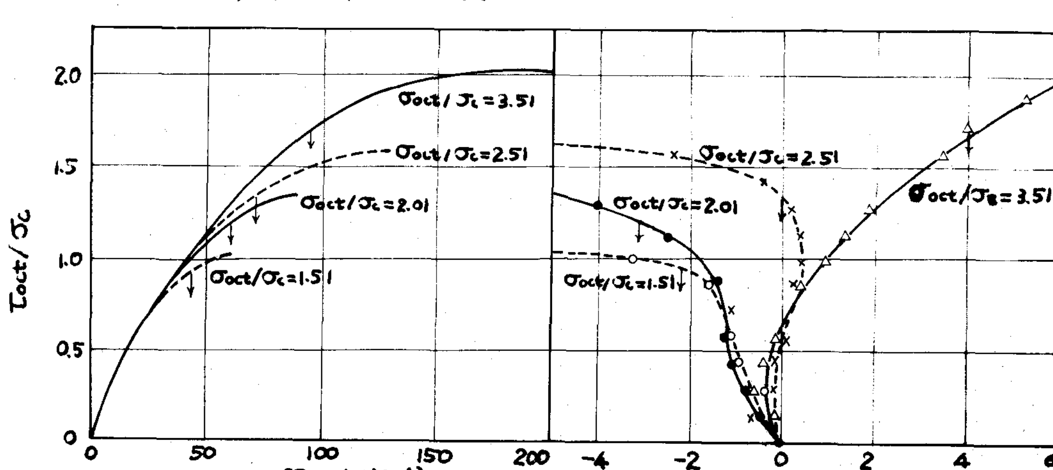
$$\theta = \tan^{-1}\{\sqrt{3}(\sigma_2-\sigma_3)/(2\sigma_1-\sigma_2-\sigma_3)\}$$

このとき各軸方向の応力の和は常に一定であるから，偏差応力成分のみ変化する。

供試体の変形は加圧板間にとりつけた差動トランスとその出力を記録するXYレコーダーで測定された。

3．実験結果と考察

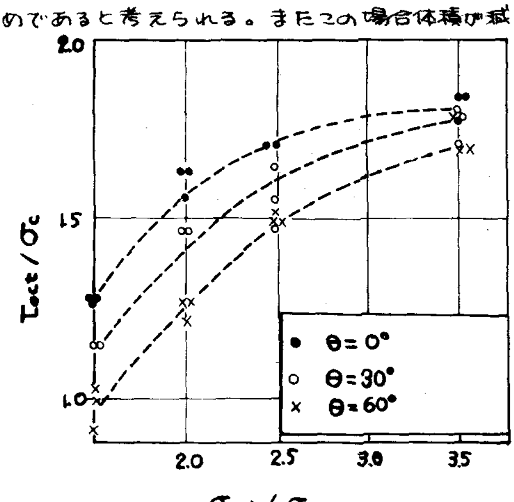
図−1はθ＝60°の場合の応力−ひずみ関係が形状変化成分と体積変化成分にわけて示されている。測定は急激な荷重変動が起るまでなされ図−1の曲線の終点は急激荷重変動にもとずく



図−1　三軸圧縮下における応力−ひずみ関係

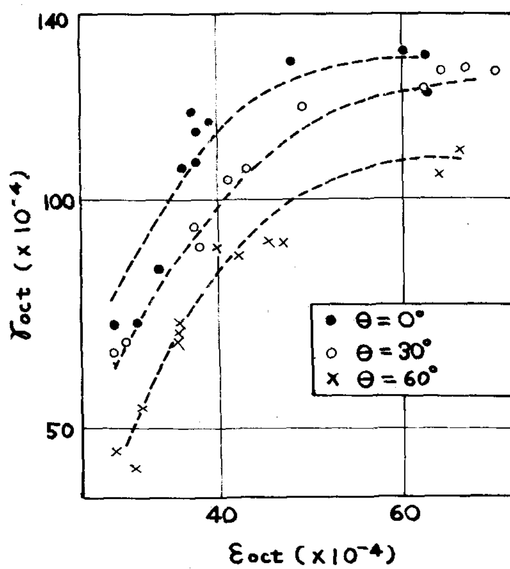
降伏応力状態を，図中に示す矢印は急激な変形抵抗の減少を示す降伏応力状態を示す。試験後の供試体はσ_{oct}/σ_cが小さいときは破壊を，またσ_{oct}/σ_cが大きいときは明らかな形状変化を示し，破壊状態を示していなかった。ここでの破壊は材料が2つ以上の部分に分かれることを意味する。図－1のτ_{oct}～γ_{oct}曲線は矢印で示される応力状態と曲線の終点で示される応力状態とは異なり，その差はσ_{oct}/σ_cが大きいほど大きくなることを示している。すなわち，降伏応力を急激な荷重の変化でもとめることは拘束圧の小さい場合は近似的に可能であるが，拘束圧が大きい場合このましくない。

変形の急激な変化は体積の急激な変化に対応する現象であると考えられるが，図－1の体積変化を示す曲線の曲率半径が最大になる位置に矢印はなく，急激な体積変化が起った後の応力状態に対応している。また$\sigma_{oct}/\sigma_c = 3.51$の場合，図中の曲線から明らかな体積が急に変化する応力状態と矢印が示す応力状態とは他の場合に比べ非常にはなれている。このことはσ_{oct}/σ_cが大きくなると，流動による変形が大きくなり，急激な変形が流動変形に原因して起るためであると考えられる。またこの場合体積が減少していることは変形が流動的であることを示すものと考えられる。



図－2　降伏応力状態

図－2は図－1の矢印で与えられるような降伏応力状態を図示したものである。図中のΘは前述の式にしたがうもので載荷経路を示すパラメーター，または，中間主応力の影響を示すパラメーターとも解釈できる。図－3は図－2の応力状態に対応するひずみ状態を形状変化成分と体積変化成分との関係で図示したものである。



図－3　降伏ひずみ状態

図－2と図－3に示す曲線の直線部分はσ_{oct}/σ_cが大きくなると直線性をうしない，ある一定値に収束する傾向を各々の曲線は示している。

図－2または図－3の実験結果から，応力（ひずみ）の体積成分，形状変化成分そして載荷経路を示すパラメータをそれぞれ用いて，たとえば次式のような破壊条件式を求めることができる。

$$\tau_{oct} = f_1(\sigma_{oct}, \Theta)$$

$$\gamma_{oct} = f_2(\varepsilon_{oct}, \Theta)$$

低拘束圧の下では，次式のようになる。

$$\tau_{oct} = a(\Theta) + b\sigma_{oct}$$

$$\gamma_{oct} = a'(\Theta) + b'\varepsilon_{oct}$$