

特にダイラタンシーに注目して行った岩石の 三軸圧縮試験

里 優*・青木智幸*・飯星 茂**

本研究では、岩石が示すダイラタンシーに注目し、これを三軸圧縮試験によって詳細に調べた。三軸圧縮試験装置には、ダイラタンシーと間隙水圧の関係を調べることができるよう、間隙水圧の制御・計測機能を備えた。また、AEの発生や弾性波速度変化のように、ダイラタンシーにともなう生ずると考えられる現象を、岩石に載荷しながら連続的に計測できるよう工夫した。

Keywords : rock mechanics, triaxial compression test, dilatancy, microscopic failure

1. はじめに

近未来プロジェクトとして計画されている、高压流体(LPG, LNG, 圧縮空気)の岩盤内貯蔵や高レベル放射性廃棄物の地層処分などでは、空洞掘削や内圧の増加、あるいは温度変化などに対する岩盤の力学的応答を的確に予測し、これに基づき施工・維持管理がなされるような信頼性の高い岩盤空洞を提供する必要がある。

これらの施設は、岩盤の包蔵性を活用するため地下深部(数100m~1000m程度)に設けられるが、地下深部では、強大な地圧や地下水圧のため、空洞掘削などに対して岩盤が必ずしも弾性的に挙動するとは限らない。したがって、岩盤の応答を精度よく予測し、あるいは岩盤空洞の安定性をより高める施工法を検討するためには、岩盤の非弾性的な性質を充分理解し、これを定量的に表現する努力が必要となる。

筆者らは、以下に述べるような理由から、岩盤の非弾性的な性質のうち、特にダイラタンシー現象に注目し基礎的な研究を行っている。

三軸圧縮試験などで岩石試料に偏差応力を加えると、試料の巨視的な破壊に先立ち体積の増加が観測されるが、この現象は一般にダイラタンシーと呼ばれている。この体積の増加は、偏差応力の付加により岩石内部に新たな空隙が発生することを意味している。

岩盤に空洞を掘削することにより、空洞壁面付近は偏差的な応力状態となるが、偏差応力がダイラタンシーを生じさせるに十分な大きさであれば、この部分では新たな空隙が発生する。このような空隙の発生は、空洞壁面の変形を増加させるばかりでなく、空隙の連鎖による岩盤の崩壊や、長期的には風化などによる岩盤の剛性低下

をもたらす、空洞の安定性を脅かす要因となることは想像に難くない。また、岩盤が地下水で飽和している場合には空隙の発生は地下水圧を変化させるであろうし、地下水圧も空隙の発生に大きな影響を及ぼすであろう。ダイラタンシーは地下水圧とも密接な関係を持っていると考えられる。

このように、ダイラタンシーは岩盤の挙動を規定する大きな因子の一つであり、岩盤の変形挙動を予測する上でダイラタンシーの影響を無視することはできない。また、ダイラタンシーの原因を明らかにすることは、岩盤の非弾性的な性質を理解する鍵であると考えられる。

筆者らは、室内試験や理論的検討によって、ダイラタンシーの原因である空隙の発生機構や、応力や間隙水圧とダイラタンシーの関係を明らかにすることを試みている。本論文は、これら一連の研究のうち、三軸圧縮試験装置を用いて行った岩石試験結果をまとめたものである。

2. 既往の研究成果と本研究の位置づけ

岩石のダイラタンシーについては、すでに数多くの研究が行われてきた。その大部分は、円柱状に成形した岩石を静水圧状態に加圧した後、さらに軸方向に荷重を加え、このときの岩石の変形挙動を調べる、いわゆる三軸圧縮試験によるものである。このような実験では、軸差応力の増加に伴って、軸方向の圧縮ひずみの非弾性的な増加と、体積の非弾性的な膨張(ダイラタンシー)が生ずることが確認されている。また、ダイラタンシーの原因については、Bieniawski¹⁾、Braceら²⁾が、実験事実に基づき、偏差応力下でのクラックの発生と開口を伴った成長にあるとの解釈を示している。このことは、試験時のAEの発生や弾性波速度の変化により、間接的にはあるが明快に裏付けられている。

岩石に偏差応力を加えるとAEが観測されることは

* 正会員 工修 大成建設(株)技術研究所
(〒245 横浜市戸塚区名瀬町344-1)

** 正会員 工博 大成建設(株)技術研究所

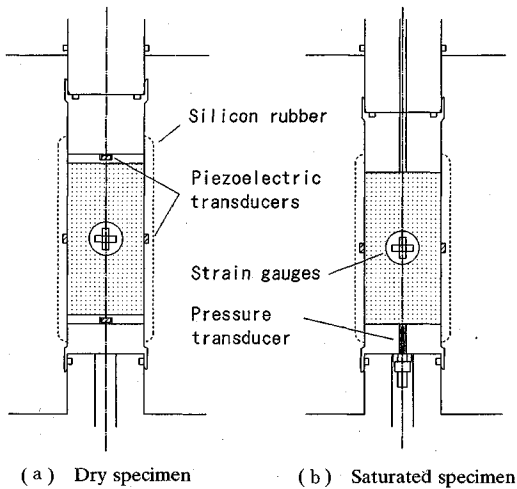


Fig.2 Arrangement of sensors on rock specimen

Table 3 Applied strain rate during axial loading

Test condition	Strain rate
Dry, Undrained condition	3×10^{-6} /s
Drained condition	1×10^{-6} /s

Table 4 List of pressure conditions (MPa)

	Dry		Drained, undrained condition			
	C.P.	C.P. : P.P. : diff	C.P.	P.P.	: diff	
Kimachi sandstone	0	4 2 2	10	8	2	
	5	6 2 4	10	6	4	
	10	8 2 6	10	4	6	
	20	10 2 8	10	2	8	
	30					
Sanjoume andesite	0	10 5 5	30	25	5	
	10	15 5 10	30	20	10	
	20	20 5 15	30	15	15	
	30	(25) (5) (20)	(30) (10) (20)			
		30 5 25	30 5 25			

C.P. : Confining pressure
 P.P. : Initial pore pressure
 diff. : Difference between C.P. and P.P.
 () : applied only under undrained condition.

供した。飽和試料については、センサー部をシリコンゴムで保護したのち真空脱気し、その状態のまま脱気水に浸潤させた。試料の重量変化が十分小さくなったことを確認した上で（約1週間後）、試料全体を被覆した。

(3) 実験条件

実験は、円柱供試体に等方圧および間隙水圧を加えたのちに、軸荷重を増加させて軸差応力を発生させる方法で行った。また実験は、軸荷重を増加させる際の間隙水の状態によって、以下の三条件に分類した。

- ① 乾燥条件——封圧を一定に制御。
- ② 排水条件——封圧、間隙水圧を一定に制御。
- ③ 非排水条件——封圧を一定に制御。岩石試料からの間隙水の出入りを停止。

等方圧や軸力を加える過程での間隙水圧は、加圧経路および試料下部に設置した圧力センサーでそれぞれ計測し、試料全体が一樣な間隙水圧状態となるよう注意した。また、間隙水圧用増圧器のピストンの変位を計測し、試料からの排水量に換算した。

軸方向の荷重は変位制御とし、ひずみ速度は1試験が1日で完了する範囲として 3×10^{-6} /s に設定した。ただし、排水条件では、軸力の荷重に伴う間隙水圧の変動が見られたため、ひずみ速度をこの1/3とした (Table 3)。また各岩種および各試験条件では、封圧と初期間隙水圧を Table 4 に示すように設定した。

実験は、軸荷重が最大値を示した直後に終了とした。これは、ひずみゲージを用いた計測や弾性波速度の評価などの限界と考えたからである。

4. 実験結果

(1) 軸差応力-軸ひずみ関係

Fig.3~Fig.8 は、実験により得られた応力-ひずみ線

図である。軸差応力の増加に伴って接線ヤング率が低下していく様子が全ての試料で見られる。各岩種では、乾燥・排水・非排水の各条件や封圧・初期間隙水圧の大きさにかかわらず、軸差応力-軸ひずみ線図の形状が類似しており、特徴的である。注意して見ると、封圧、もしくは封圧と初期間隙水圧の差が大きくなると、ヤング率や最大軸差応力が大きくなる傾向にあることがわかる。

(2) 軸差応力-体積ひずみ関係

計測された体積ひずみを軸差応力との関係で示したものが、Fig.9 から Fig.14 である。ほとんどの条件に共通して体積の非弾性的な増加が観測されており、いわゆるダイラタンシーが生じていることがわかる。

乾燥と排水条件での実験では、封圧、もしくは封圧と初期間隙水圧の差が大きくなるにつれ、高い軸差応力を加えないとダイラタンシーが生じなくなる。特に、高い封圧を加えた来待砂岩では、軸差応力に対して体積の非弾性的な減少が生じているように見える (Fig.10, 12)。

また、排水条件の試料では、封圧と初期間隙水圧の差が同じ場合に、軸差応力-体積ひずみ曲線が類似の形状となっていることがわかる。三城目安山岩では、この傾向がはっきりと認められる。

他方、非排水条件では、ダイラタンシーに対する封圧や間隙水圧の影響が不明瞭となっている。また、乾燥や排水条件に比べダイラタンシーが低い軸差応力から生じているなど、他の条件の軸差応力-体積ひずみ線図と形

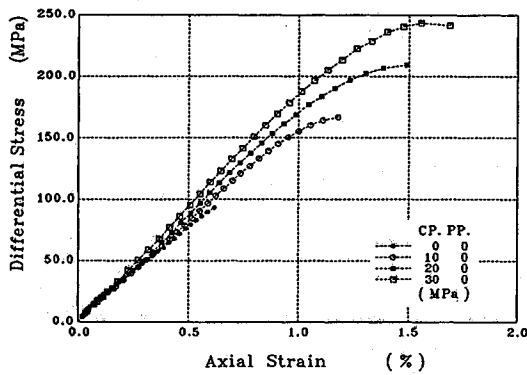


Fig.3 Relationship between differential stress and axial strain (Andesite, Dry)

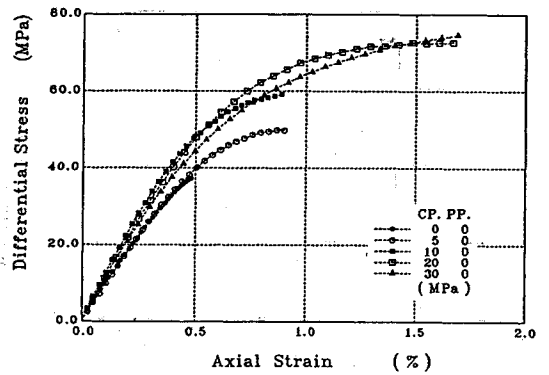


Fig.4 Relationship between differential stress and axial strain (Sandstone, Dry)

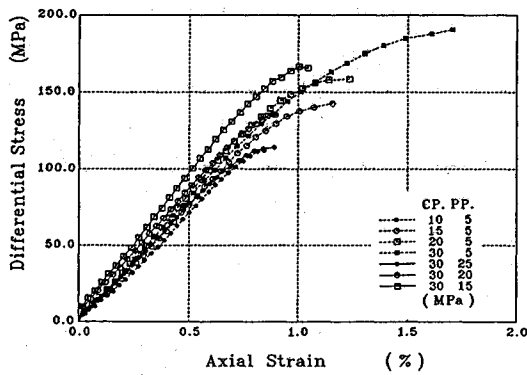


Fig.5 Relationship between differential stress and axial strain (Andesite, Drained)

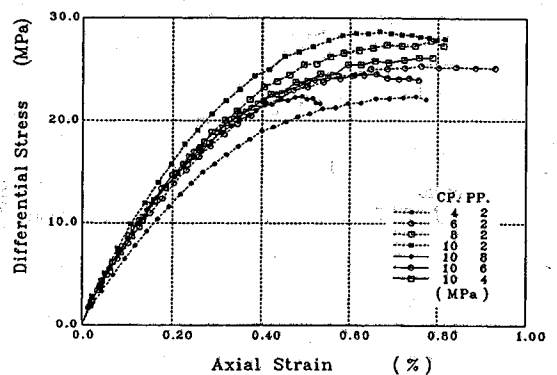


Fig.6 Relationship between differential stress and axial strain (Sandstone, Drained)

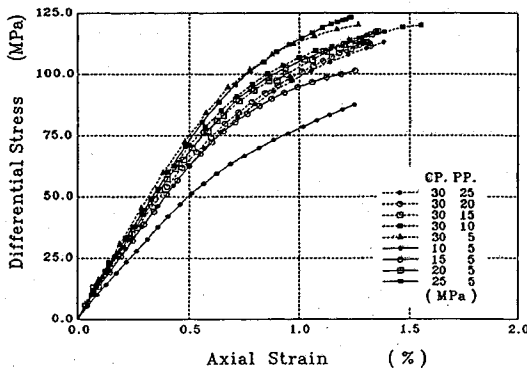


Fig.7 Relationship between differential stress and axial strain (Andesite, Undrained)

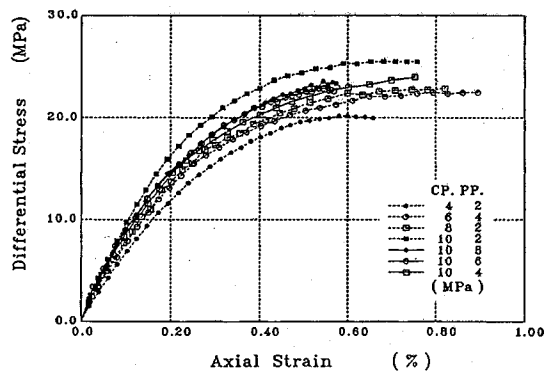


Fig.8 Relationship between differential stress and axial strain (Sandstone, Undrained)

状が異なっていることも特徴である。

このように、軸差応力-体積ひずみ関係は、軸差応力-軸ひずみ関係に比べ、実験条件や封圧・間隙水圧の影響を強く受けている。

(3) AE, 弾性波速度の変化

実験では、試料のAEと弾性波速度(P波)を計測した。以下に、乾燥試料での計測結果を示す。

計測されたAEイベントの累積個数を、軸差応力との関係で示したものがFig.15, 16である。AEは軸差応力が小さい範囲から観測され、軸差応力の増加とともに急激に個数が増加する。

供試体の軸方向、および径方向の弾性波速度変化を軸差応力に対して描いたのがFig.17~Fig.20である。ただし、弾性波速度は軸差応力が0の状態を1とし、これ

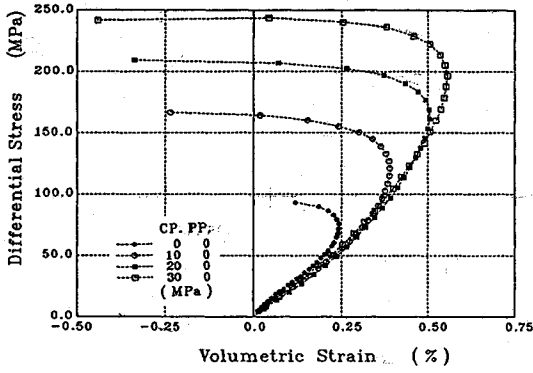


Fig.9 Relationship between differential stress and volumetric strain (Andesite, Dry)

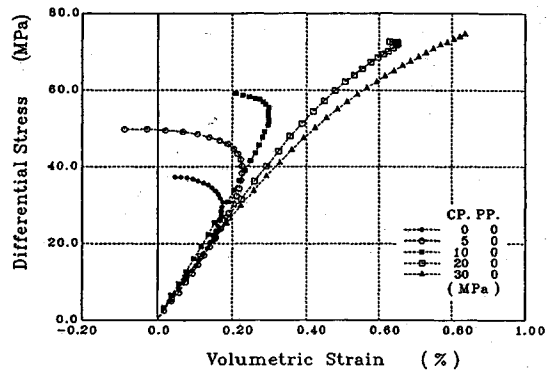


Fig.10 Relationship between differential stress and volumetric strain (Sandstone, Dry)

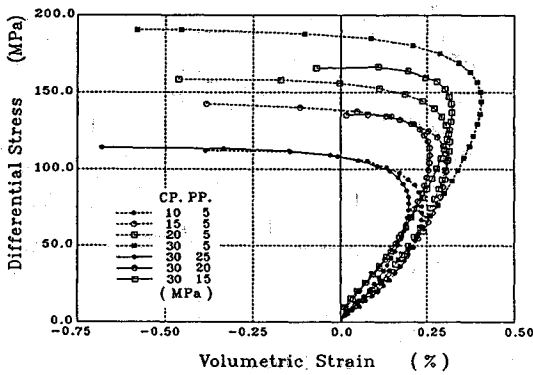


Fig.11 Relationship between differential stress and volumetric strain (Andesite, Drained)

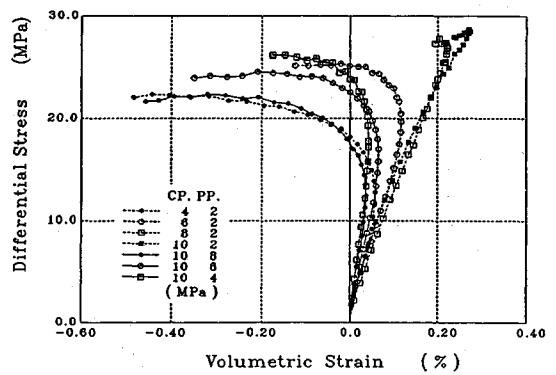


Fig.12 Relationship between differential stress and volumetric strain (Sandstone, Drained)

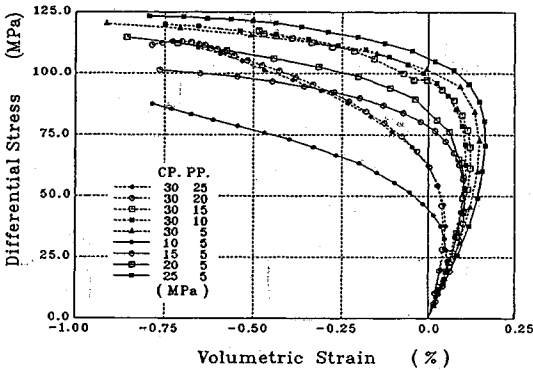


Fig.13 Relationship between differential stress and volumetric strain (Andesite, Undrained)

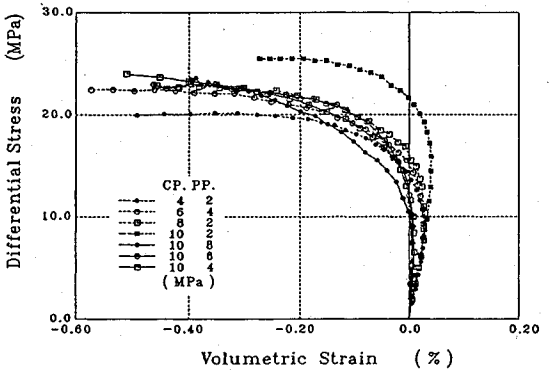


Fig.14 Relationship between differential stress and volumetric strain (Sandstone, Undrained)

からの変化率で示した。図からは、軸差応力によって弾性波速度に明らかな異相性が現れることがわかる。すなわち、供試体の軸方向では軸差応力の増加に伴って弾性波速度が徐々に増加してゆくのにに対し、径方向では速度が急激に低下する。封圧が高くなると、軸方向、径方向ともに軸差応力に対する速度変化の割合が小さくなるが、軸方向では径方向に比べ封圧の影響が小さい。

Fig.21, 22 は、径方向の弾性波速度変化率と横ひずみの関係を描いたものである。径方向の弾性波速度の低下は、横ひずみの増加と強い相関がある。ただし、横ひずみの変化が0.5~1.0%程度であるのに対し、弾性波速度の変化は20~30%にも達している。

径方向の弾性波速度変化とAEイベントの累積個数の関係を描いたのが Fig.23, 24 である。

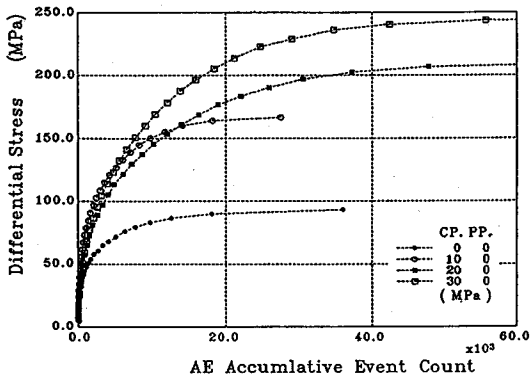


Fig.15 Relationship between differential stress and AE event count (Andesite, Dry)

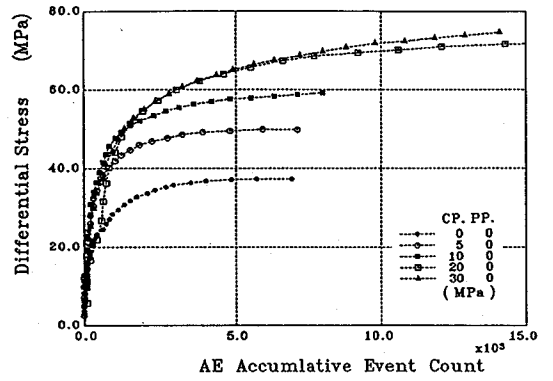


Fig.16 Relationship between differential stress and AE event count (Sandstone, Dry)

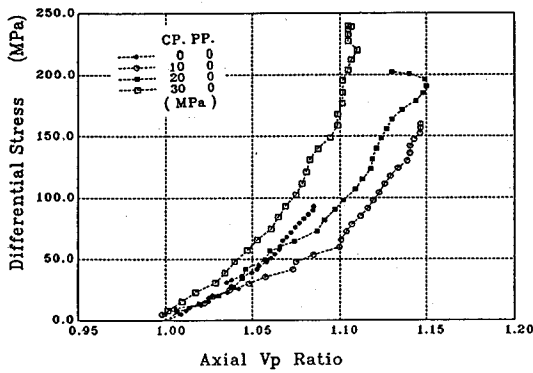


Fig.17 Relationship between differential stress and axial Vp ratio (Andesite, Dry)

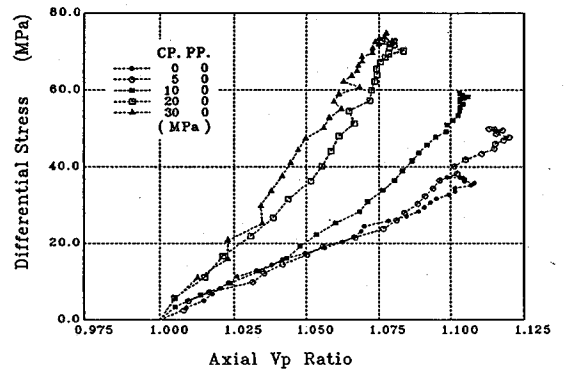


Fig.18 Relationship between differential stress and axial Vp ratio (Sandstone, Dry)

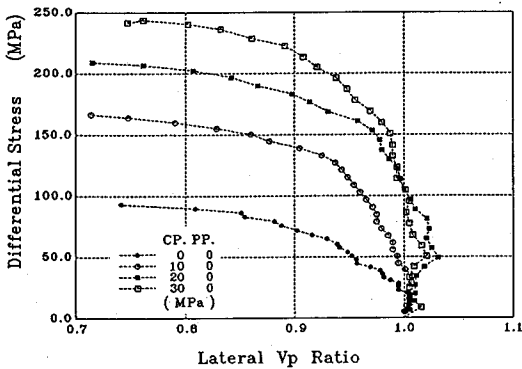


Fig.19 Relationship between differential stress and lateral Vp ratio (Andesite, Dry)

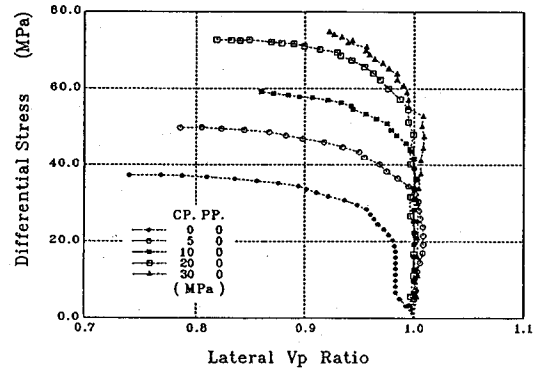


Fig.20 Relationship between differential stress and lateral Vp ratio (Sandstone, Dry)

AEが発生すると、これにほぼ比例して径方向の弾性波速度は低下する。来待砂岩では、封圧が高くなるにつれ、AEの発生数に対する弾性波速度の低下は小さくなる。三城目安山岩でもこの傾向は認められるが、来待砂岩ほど顕著ではない。

Fig.25, 26は、AEと体積ひずみの関係を示したものである。封圧が低い場合には、体積が減少している範囲

ではAEがあまり発生せず体積が増加傾向となると急速にAEが発生することがわかる。封圧が高くなるにつれこの傾向は小さくなり、特に来待砂岩では、AEは発生するものの体積の増加傾向は見られなくなる。

(4) 間隙水の挙動

飽和した試料に軸差応力を加えた場合には、間隙水が特徴的な挙動を示す。

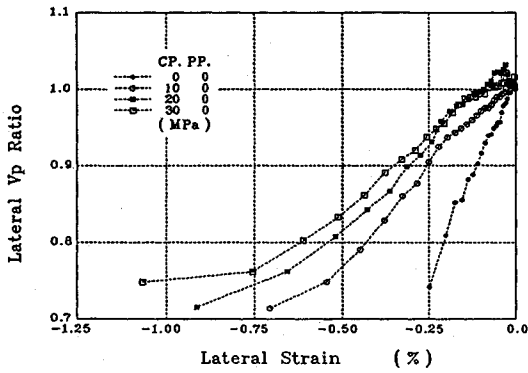


Fig.21 Relationship between lateral Vp ratio and lateral strain (Andesite, Dry)

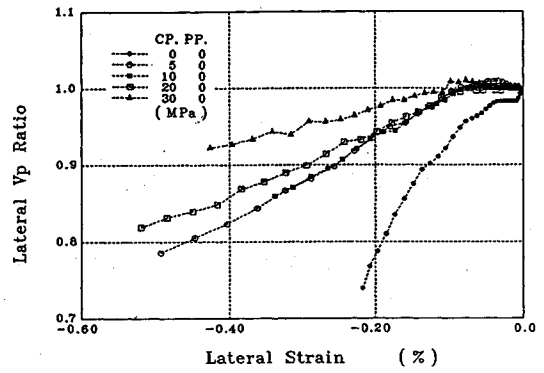


Fig.22 Relationship between lateral Vp ratio and lateral strain (Sandstone, Dry)

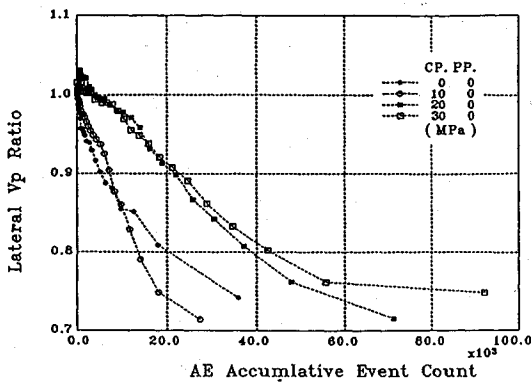


Fig.23 Relationship between lateral Vp ratio and AE event count (Andesite, Dry)

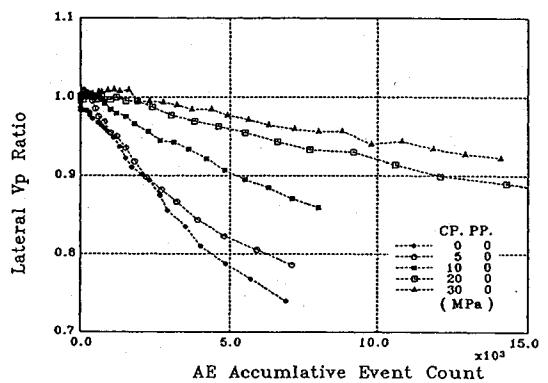


Fig.24 Relationship between lateral Vp ratio and AE event count (Sandstone, Dry)

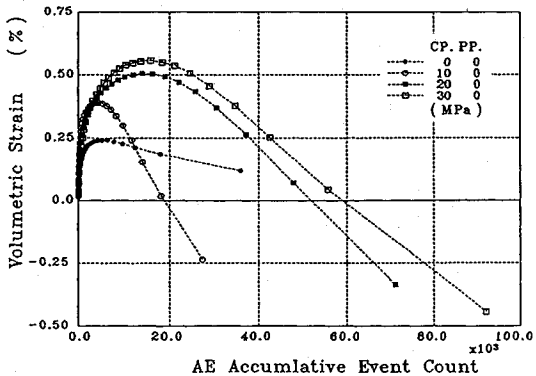


Fig.25 Relationship between volumetric strain and AE event count (Andesite, Dry)

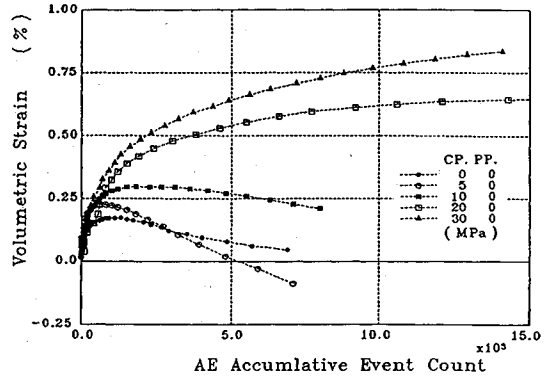


Fig.26 Relationship between volumetric strain and AE event count (Sandstone, Dry)

排水条件の試料では、軸差応力を加えていくと、これにはほぼ比例して間隙水が試料より流出していくが、ほとんどの試料では軸差応力が大きくなると流出が見られなくなる (Fig.27, 28).

封圧と初期間隙水圧の差が小さい場合には、軸差応力が高くなると間隙水が明らかに試料に流入するようになる。封圧と初期間隙水圧の差が大きくなるとこのような

流入傾向は見られなくなる。なお、階段状のデータが得られているのは、間隙水圧用増圧器のピストン変位が滑らかではないことに起因するものと考えられる。

非排水条件では、軸差応力の増加とともに間隙水圧が増加から減少へと移行する (Fig.29, 30)。封圧と初期間隙水圧の差が小さい場合には、軸差応力が低い範囲から間隙水圧の減少傾向が生ずるのに対し、封圧と初期間隙

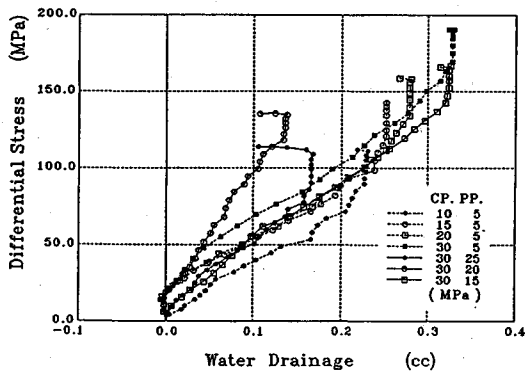


Fig. 27 Relationship between differential stress and water drainage (Andesite, Drained)

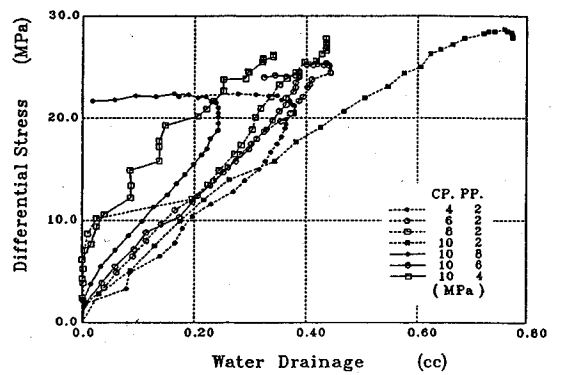


Fig. 28 Relationship between differential stress and water drainage (Sandstone, Drained)

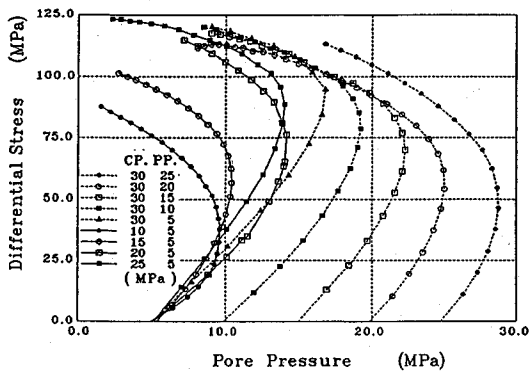


Fig. 29 Relationship between differential stress and pore pressure (Andesite, Undrained)

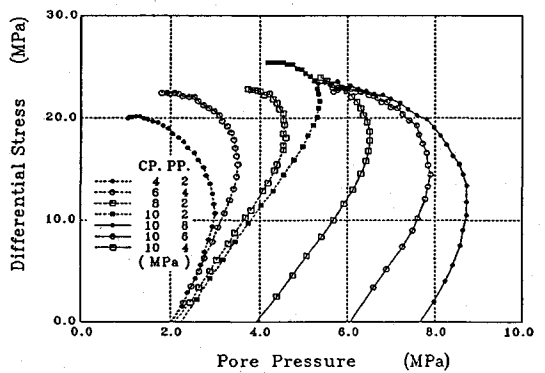


Fig. 30 Relationship between differential stress and pore pressure (Sandstone, Undrained)

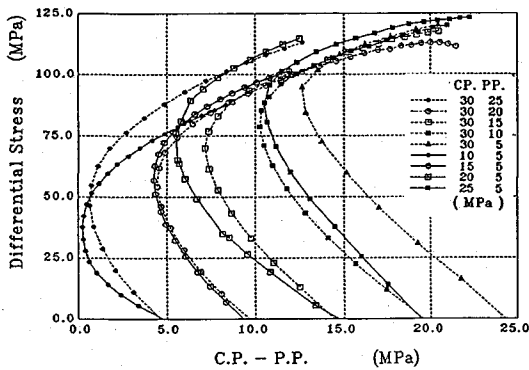


Fig. 31 Relationship between differential stress and C.P.-P.P. (Andesite, Undrained)

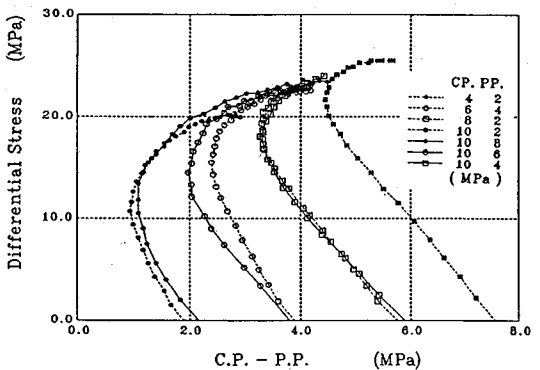


Fig. 32 Relationship between differential stress and C.P.-P.P. (Sandstone, Undrained)

水圧の差が大きくなると、軸差応力が高くなるまで間隙水圧の減少は生じなくなる。封圧と間隙水圧との差をとり、これと軸差応力との関係を示したものが Fig. 31, 32 である。封圧と初期間隙水圧の差が等しい場合には、封圧や間隙水圧の大きさにかかわらず、軸差応力に対する間隙水圧の変化が同じであることが明瞭に読み取れる。

5. 考 察

(1) 空隙の発生とダイラタンシー

実験した範囲では、軸差応力を加えていくと、ほとんどの試料で非弾性的な体積の増加（ダイラタンシー）が観測された。同時に、排水条件では間隙水が流入傾向を示すものが見られ、非排水条件では間隙水圧の減少傾向

が見られた。これらのことは全て、軸差応力の増加に伴って岩石内部に微小な空隙が発生することを示している。この原因は、AEの発生が示すように、軸差応力による微視的な破壊現象であると考えられる。このような空隙の発生は、既往の研究成果でも示されているとおり、岩石が偏差応力下で示す特徴的な挙動の一つである。

また、ダイラタンシーや間隙水圧の減少など、空隙の発生によると考えられる現象は、いずれも封圧や間隙水圧の影響を顕著に受けていた。このような性質もまた岩石の特徴であり、既往の研究においても確認されている。

軸差応力によって発生した空隙は、以下の二つの事実から方向性を持っていると推測することができる。

一つは、弾性波速度の異方性である。軸差応力を増加させると、軸方向の弾性波速度は増加し径方向の弾性波速度は減少する。これは、発生した空隙が扁平な、いわゆるクラック状のものであり、クラック面が軸方向とほぼ平行でかつ開口していると仮定すれば説明することができる。このようなクラックは、径方向に進行する弾性波を回折あるいは散乱させ、みかけの速度を低下させる原因となると考えられる。他方、軸方向での弾性波速度の増加は、既存のクラックのうち軸方向と垂直な面を持つものが、軸応力によって選択的に閉鎖するために生ずると推測できる。

いま一つは、軸差応力に対する軸ひずみの変化が、体積ひずみの変化に比べ封圧や間隙水圧の影響を受けていないことである (Fig.3~14)。このことは、軸ひずみに比べ横ひずみの変化が封圧や間隙水圧の影響を強く受けていることを意味している。先に述べたとおり、空隙の発生によると考えられる現象は、いずれも封圧や間隙水圧の影響を受けていた。したがって、発生した空隙は主として横ひずみに影響を及ぼすものであると考えられる。この事実からも、発生した空隙がクラック状で、その面が軸方向とほぼ平行であり、かつ横方向に開口していると推測することができる。なぜならば、軸方向と平行な面を持つクラックの発生と開口は横ひずみの増加として計測され、軸ひずみに影響を及ぼさないからである。

Fig.21, 22には、径方法の弾性波速度変化が横ひずみと強い相関があることが示されていた。この相関は、横ひずみの増加として計測される現象が、同時に径方向の弾性波速度低下を招くものであることを意味しており、上記の推論を支持するものである。

(2) 封圧と間隙水圧の効果

乾燥試料を用いた実験では、封圧を高くすると、軸差応力に対する体積ひずみの増加傾向や径方向の弾性波速度の低下が生じにくくなった。このことは、開口したクラックの発生が封圧によって抑制されることを示している。一方、封圧を高くすると、同じ数のAEが観測されていても、体積ひずみの増加傾向や径方向の弾性波速

度の低下が生じにくくなった (Fig.23~26)。これらの事実からは、封圧が高い場合にも微視的な破壊は生ずるが、これによって発生したクラックに占める開口したクラックの割合が小さくなると推測することができる。言い換えれば、封圧の効果は軸差応力による微視的な破壊を抑えることより、むしろ開口したクラックの発生を抑制することにあると考えられる。

排水条件の実験では、封圧と初期間隙水圧の差が等しい場合には、封圧や初期間隙水圧の大きさにかかわらず、軸差応力に対する体積ひずみの変化が類似したものとなる傾向が読み取れた (Fig.11, 12)。非排水条件での、軸差応力に対する間隙水圧変化についても、同様の傾向が見られている (Fig.29~32)。体積の増加傾向や間隙水圧の減少は、開口したクラックの発生によるものと考えられるが、これらの実験結果は、軸差応力により発生する開口したクラックの量が、封圧と間隙水圧の差に依存することを示唆するものである。

(3) 非弾性的な体積の減少について

一方、実験結果を総合すると次のような疑問が生ずる。乾燥条件の来待砂岩で得られた軸ひずみ-体積ひずみ線図では、封圧が高い場合に非弾性的な体積の減少が観測されていた (Fig.10)。しかし、このような試料においても径方向の弾性波速度低下が観測されており (Fig.20)、岩石内部では開口したクラックが発生し、体積は増加傾向にあると考えられる。体積を減少させる原因としては軸方向での空隙の閉塞や空隙への粒子の落ち込みなどが考えられるが、体積の減少が認められる試料は、他の試料に比べ、軸方向の弾性波速度の増加がむしろ緩やかであり、空隙の閉塞などが特別に生じているとは考えにくい。以上のことは、体積の非弾性的な減少が空隙の閉塞や潰れなどによるものではないことを示唆している。このような、矛盾とも思える現象に対しての一つの解釈は、「岩石内部では、計測している以上の軸差応力が生じている」と考えることである。

例えば、岩石の体積ひずみが弾性的に生じている場合でも、計測している以上の軸差応力が岩石に生じていると、計測している軸差応力から弾性定数をもとに求められる体積ひずみより大きな圧縮ひずみが生じ、非弾性的に収縮しているように見える。

実験では、非弾性的な体積の減少が見られた試料においても活発なAEが観測されており (Fig.16)、岩石内部で微視的な破壊が生じていると考えられる。この破壊により軸差応力を負担する部分がしだいに減少しているとすれば、力を伝達することができる健全な部分では、計測している軸差応力以上の応力が発生することになる。封圧が高い場合には、前項でも示したように、開口したクラックの発生が少なくなり、岩石の体積変形は弾性的となると推測できる。岩石の体積変形が岩石内部の

軸差応力にほぼ比例して生じていれば、計測している軸差応力に対しては非弾性的に収縮しているように見えることになる。

6. 結 論

本論文では、乾燥・排水・非排水の各条件下での、軸差応力に対する岩石の力学的な応答を、2岩種について示した。これらより推定した事柄をまとめると以下のとおりである。

(1) 実験結果を総合すると、軸差応力を加えることで岩石内部には開口したクラックが発生し、このクラックは軸方向に対し概ね平行な面を持つと考えられる。

(2) 体積ひずみや間隙水圧の計測からは、封圧の効果が、軸差応力による微視的な破壊を抑えることより、むしろ開口したクラックの発生を抑制することにあると推定できる。また、開口したクラックの発生量は、封圧と間隙水圧の差に依存すると考えられる。

(3) 高い封圧を加えた来待砂岩では非弾性的な体積の減少が見られたが、弾性波速度の変化などから判断して、これが空隙の閉塞や空隙への粒子の落ち込みによるものとは考えにくい。一つの可能な解釈は、軸差応力の増加に伴う微視的な破壊により、岩石内部の軸差応力が計測している軸差応力を上回っており、また封圧が高い岩石の体積変化が岩石内部の軸差応力にほぼ比例して生じているために、計測している軸差応力に対しては体積が収縮しているように見えると考えることである。

ダイラタンシーが、空洞壁面の変形や空洞周囲の間隙水圧に及ぼす影響を的確に予測するためには、ここで示した実験結果に基づき応力や間隙水圧とダイラタンシーとの関係を定量的に表現する必要がある。ただし、実験結果から帰納的に構成方程式を導くことは、これが特定の岩種に偏ったものとなり、また、表面的な傾向にとらわれダイラタンシーの発生機構を見誤る危険性がある。

これら为了避免するため、筆者らは微視的な見地からクラック成長のモデルを構築し、クラックの成長と封圧や間隙水圧との関係を理論的に導き出した上で、これを実験結果と比較検討したいと考えている。

参 考 文 献

- 1) Bieniawski, Z.T. : Mechanism of brittle fracture of rock, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, Vol.4, pp.395~430, 1967.
- 2) Brace, W.F., Pauiding, B.W. and Scholz, C. : Dilatancy in the fracture of crystalline rocks, *J. Geophys. Res.*, Vol.71, pp.3939~3953, 1966.
- 3) Mogi, K. : Study of elastic shocks caused by the fracture of heterogeneous materials and its relations to earthquake phenomena, *Bull. Earthquake Res. Inst., Tokyo Univ.*, Vol.40, pp.125~173, 1962.
- 4) Mae, I. and Nakao, K. : Characteristics in the generation of micro-seismic noises in rock under uniaxial compressive load, *J. Soc. Mat. Sci. Jpn.*, Vol.17, pp.908~913, 1968.
- 5) 西沢 修・楠瀬勤一郎・小内 薫 : 一軸応力下で発生するアコースティック・エミッション震源の時間-空間分布, *地質調査所月報*, Vol. 32, pp. 473~486, 1981.
- 6) 柳谷 俊・江原昭次・寺田 孚・西沢 修・楠瀬勤一郎 : 岩石のクリープ時に発生する AE の震源決定について, *材料*, Vol. 33, pp. 34~40, 1984.
- 7) Gupta, I.N. : Seismic velocities in rock subject to axial loading up to shear fracture, *J. Geophys. Res.*, Vol.78, pp.6936~6942, 1973.
- 8) Lockner, D.A., Walsh, J.B. and Byerlee, J.D. : Changes in seismic velocity and attenuation during deformation of granite, *J. Geophys. Res.*, Vol.82, pp.5374~5378, 1977.
- 9) Tapponnier, P. and Brace, W.F. : Development of stress-induced microcracks in Westerly granite, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, Vol.13, pp.103~112, 1976.
- 10) Kranz, R.L. : Crack growth and development during creep of Barre granite, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, Vol.16, pp.23~35, 1979.

(1990. 8. 22 受付)

TRIAXIAL COMPRESSION TEST SPECIALLY FORCUSED ON DILATANCY

Masaru SATO, Tomoyuki AOKI and Shigeru IIHOSHI

A series of triaxial compression tests were carried out to observe the dilatancy induced by deviatoric stress. Sanjome andesite and Kimachi sandstone are axially loaded under constant confining pressure in dry, drained and undrained conditions. Strain gauges and piezoelectric transducers are attached directly to the surface of dry and saturated cylindrical specimens to observe microscopic failure by measuring strains, acoustic emissions and elastic wave velocities. Experimental results are interpreted as follows :

- 1) Cracks almost parallel to specimen axis are generated by axial load.
- 2) Generation and/or growth of cracks is controlled by the difference between confining pressure and pore water pressure.
- 3) Observed inelastic contractions suggest that the internally induced stress in rock is different from measured value.