

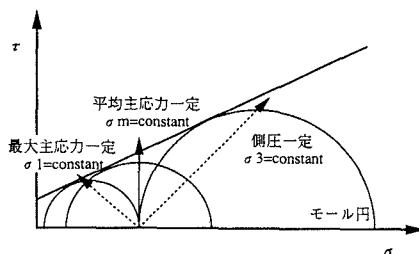
Ⅲ-A344

三城目安山岩の応力径路の違いによる変形特性について

大成建設（株） 正会員 ○大里祥生 伊藤文雄
東電設計（株） 正会員 宇野晴彦 田坂嘉章

1. はじめに

空洞掘削時の壁面付近の岩盤応力は応力解放による側圧減少、軸圧増加の平均主応力一定条件に近い応力径路であると考えられる。空洞掘削時の予測解析においては、実際の応力径路に近い条件下での岩盤物性値を与える必要がある。著者らは三城目安山岩において、側圧を変化させて平均主応力を一定に保つ三軸試験と通常の側圧一定三軸試験を行い、応力径路の違いによる変形特性について検討した（図-1参照）。その結果、平均主応力一定試験の変形特性は側圧一定試験と比べて、残留ひずみや接線弾性係数の非線形性が大きくなることが明らかとなった。

図-1 応力径路の分類（ $\tau \sim \sigma$ 関係）

本論文では、先の実験で得られた残留ひずみの大きさについて岩石の内部構造の変化を示す指標となるAE計測結果を用いて検討する。また、変形特性の応力径路依存性について接線弾性係数と破壊接近度との関係で整理し、各試験ごとに比較検討する。

2. 実験方法および実験結果

表-1 三軸試験条件

表-1に平均主応力一定試験(case-1)と側圧一定試験(case-2,3)

case	実験条件	実験方法
1	平均主応力一定 ($\sigma_1 + \sigma_3$)/2=50MPa	$\sigma_1, \sigma_3 = 30, 50, 70, 90$ MPa で繰り返し載荷（図-5参照） 載荷速度0.025mm/min
2	側圧一定 $\sigma_3 = 0.5$ MPa	$\sigma_1 = 30, 60$ MPaで繰り返し載荷 （図-6参照）載荷速度0.05mm/min
3	側圧一定 $\sigma_3 = 10$ MPa	$\sigma_1 = 40, 70, 90, 120$ MPaで繰り返し載荷 載荷速度0.05mm/min

σ_1 : 軸圧、 σ_3 : 側圧

の実験条件を示す。試験は軸方向の変位制御による繰り返し載荷を行った。岩石試料は直径50mm、高さ100mmの自然乾燥させた三城目安山岩で、4枚のクロスゲージ(KFG-10-120-D16-11, 共和電業)と共振周波数1MHzのAEセンサー(Z2T5D, 富士セラミックス)1個を試料中央部に接着し、シリコンゴムで被覆して実験に供している。図-2～4にcase-1～3の軸差応力とひずみの関係を示す。これより、平均主応力一定試験結果は側圧一定試験結果と比較して、①軸差応力の増大とともに残留ひずみが大きくなる、②軸差応力の増大とともに接線弾性係数の非線形性が大きくなる、ことがわかる。

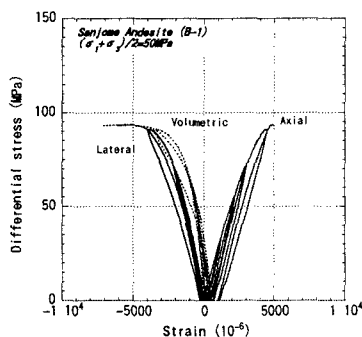


図2 case1の応力とひずみの関係

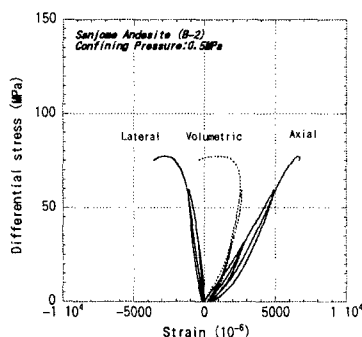


図3 case2の応力とひずみの関係

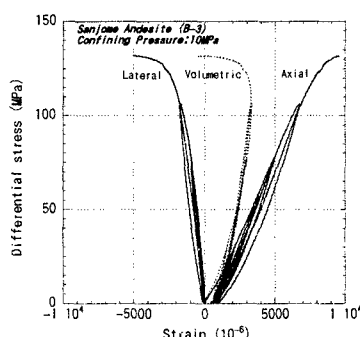


図4 case3の応力とひずみの関係

キーワード：応力径路、応力-ひずみ関係、三軸試験、非線形性、弾性係数

連絡先：大成建設（株）技術研究所 〒245-0051横浜市戸塚区名瀬町344-1 Tel.045-814-7237 Fax.814-7257

3. 残留ひずみの大きさの違いについて

図-5,6に平均主応力一定試験(case-1)と側圧一定試験(case-2)のAE計測結果を応力経路と共に時間に対して示す。ここで、AE頻度は5秒間毎のAEカウント数である。これより、側圧一定試験では軸差応力増加時にAEが発生しているものの、減少時にはほとんど発生していないのに対し、平均主応力一定試験では軸差応力減少時(すなわち、軸応力を減少させ、側圧を増加させた状態)にもAEが発生していることがわかる。よって、平均主応力一定試験は側圧一定試験とは異なり、軸差応力増減過程において側圧が変動することによって岩石内部で微小な破壊が進行し、そのため残留ひずみの大きさが側圧一定試験よりも大きくなっていたものと推定される。

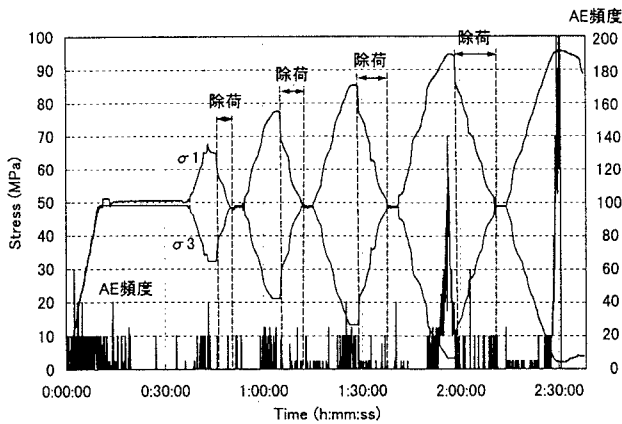


図-5 case-1のAE計測結果

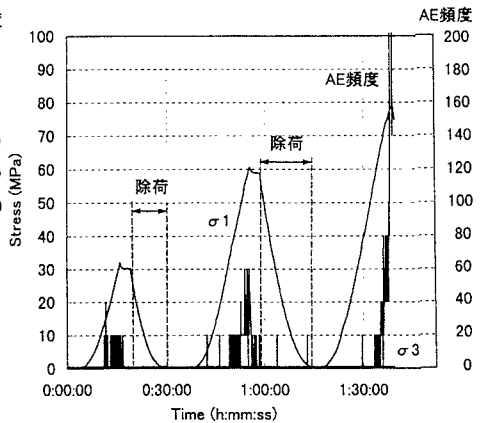


図-6 case-2のAE計測結果

4. 変形特性の非線形性について

平均主応力一定試験(case-1)と側圧一定試験(case-2)の接線弾性係数の非線形性の違いについて、図-7に $E/E_0 \sim R$ の関係で示す。ここで、 E は各応力レベルでの接線弾性係数、 E_0 は初期接線弾性係数、 R は $1-d/D$ を示す。 d/D は破壊接近度であり、 d, D は各応力レベルと破壊時の $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ の値である。図中の点線はcase-1,2の $E/E_0 \sim R$ 関係を直線で近似したものである。この図より、 E/E_0 は $R < 0.1$ で急激な減少を示し、平均主応力一定試験の E/E_0 は破壊に近づく間($R \rightarrow 0$)、側圧一定試験の E/E_0 よりも常に小さくなっている。 E/E_0 が小さいということは破壊に近づくとともに接線弾性係数の非線形性が大きくなることを意味する。従って、変形特性は応力経路に依存することがわかる。

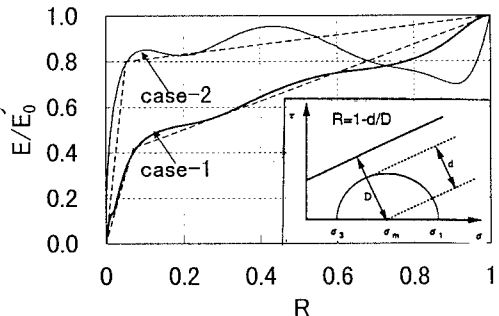


図-7 E/E_0 と R の関係

6. まとめ

本論文では、平均主応力一定試験と側圧一定試験を比較した結果、均質に近い三城目安山岩においては岩質部の内部構造の変化が異なることにより、変形特性は応力経路に依存した非線形性を示すことを明らかにした。これより、実岩盤では節理等の不連続面も介在することから今回の結果をそのまま岩盤物性として評価することはできないが、岩石試料においてこのような特性を有することから岩盤においても変形特性への応力経路の影響があるものと考えられ、今後さらに検討する予定である。

参考文献

- 1) 大里, 伊藤, 宇野, 田坂: 三城目安山岩の応力経路依存性に関する検討, 第33地盤工学研究発表会, 1998.7.