間隙水圧の変化がAEのカイザー効果に及ぼす影響に関する実験的研究

日本大学大学院　学生会員○鈴木　嘉郎
日本大学工学部　正会員　渡辺　英彦
日本大学工学部　正会員　田野　久貴

1. 研究目的

初期地圧の測定は，地下構造物の合理的で安全な設計・施工を行うために重要である．初期地圧を測定する方法の一つにＡＥのカイザー効果を利用した方法(ＡＥ法)がある．この AE 法は金川ら[1]により提案されたものであり，原位置から採取した岩石コアを用いて実験室にて載荷試験を行い，このときの AE の急増点より初期地圧を推定するものである．これまでに各研究機関でおこなわれてきた AE 法の適用例や問題点が横山により報告されている[2]．

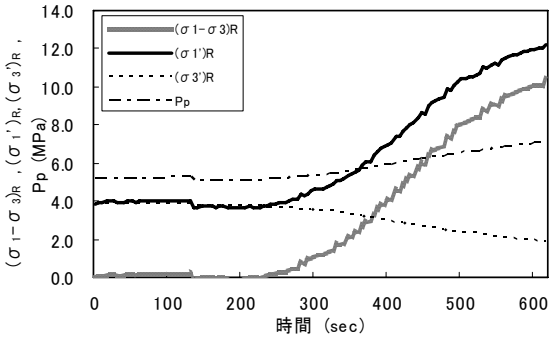
一方，地下岩盤は多くの不連続面を含んでおり，岩石中には多くのクラックや空隙などの欠陥が含まれていることから，これらの空隙に水分が存在する場合には，地圧だけでなく間隙水圧も作用することになる．これまでに，原位置と室内試験での応力状態の違いがカイザー効果に及ぼす影響についての検討が行われているが，そのほとんどは乾燥した供試体が用いられており間隙水圧による影響は検討されていない．そこで本研究では，間隙水圧の変化が AE のカイザー効果に及ぼす影響について実験的検討を行った．

2. 試料および載荷方法

実験に用いた岩石試料は群馬県富岡地区から採取した多胡砂岩である．採取したブロックから，コアリングにより直径 50mm の円柱供試体を掘削し，整形機により，長さ 100mm，端面の平行度 1/20mm 以内の円柱供試体を作製した．また，供試体は蒸留水に 72 時間浸し，その後，真空ポンプを用いて 72 時間以上の減圧水浸脱気を行い飽和状態とした．載荷には三軸圧縮試験装置を用いた．**表－1**に示すように，先行載荷として有効拘束圧$(\sigma_3')_p$=4MPa を載荷し，さらに軸方向に 12kN の載荷を行った．これにより先行軸差応力$(\sigma_1-\sigma_3)_p$=6MPa，つまり，先行有効軸応力$(\sigma_1')_p$=10MPa とした．軸差応力を除荷後，再載荷では初期有効拘束圧を 3.5，4，7，8MPa の 4 パターンにそれぞれ設定し，非排水状態で軸方向に 25kN の載荷を行い，その載荷過程における AE を測定した．

表－1　載荷条件

	拘束圧 σ_3〔MPa〕	間隙水圧 Pp〔MPa〕	有効拘束圧 σ_3'〔MPa〕	軸差応力 $\sigma_1-\sigma_3$〔MPa〕
先行載荷	9.0	5.0	4.0	6.0
再載荷	9.0	5.5	3.5	12.0
		5.0	4.0	
		2.0	7.0	
		1.0	8.0	



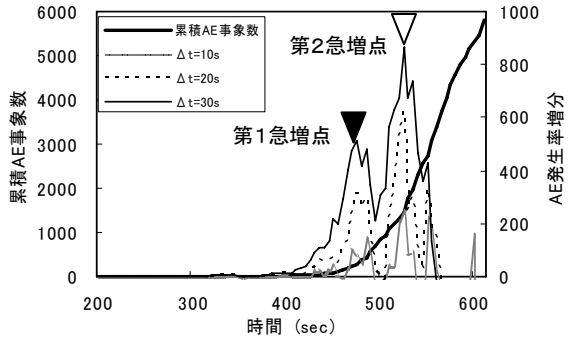
図－1　再載荷時の応力変化

3. 実験結果と考察

(1)再載荷時の応力変化と AE 発生傾向

再載荷初期での有効拘束圧$(\sigma_3')_R$を 4MPa とした場合の再載荷時の各応力と時間の関係を**図－1**に示す．再載荷では非排水状態での軸方向載荷を行ったため，載荷にともない間隙水圧(Pp)は上昇し，有効拘束圧$(\sigma_3')_R$は減少する傾向を示している．

図－2は，このときに発生した累積 AE 事象数と AE 発生率増分を示したものである．累積 AE 事象数より，470s 付近から AE が増加する傾向にあることがわかる．



図－2　再載荷時のAE発生傾向

キーワード　初期地圧，acoustic emission，カイザー効果，間隙水圧，三軸圧縮試験
連絡先　福島県郡山市田村町徳定字中河原１　TEL：024－956－8722　FAX：024－956－8722

また，AE 発生率増分では，475s 付近と 525s 付近にそれぞれピークがあることから，この 2 点で AE が増加する傾向にあることがわかる． この 2 つの AE 急増点に着目し，それぞれを第 1 急増点，第 2 急増点とした．

(2)AE 急増点の軸差応力と有効拘束圧の関係

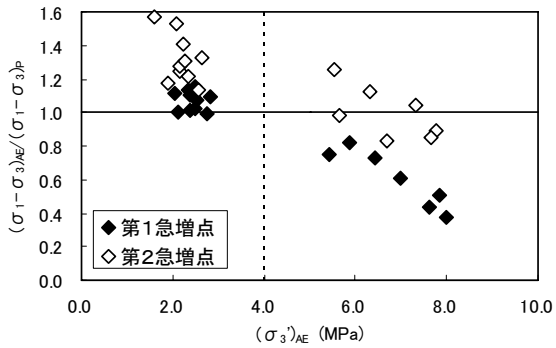
先行載荷時の軸差応力$(\sigma_1-\sigma_3)_P$と，AE の２つの急増点における軸差応力$(\sigma_1-\sigma_3)_{AE}$の関係を**図－3**に示す．図中の応力比が１の実線は AE 急増点の軸差応力と先行軸差応力が等しい場合である．再載荷過程の有効拘束圧が 4MPa 以下では第１急増点の応力比が１に近く，第２急増点は１より大きい傾向にある．有効拘束圧が 4MPa 以上では，第２急増点の応力比が１に近い傾向にあり，第１急増点は有効拘束圧$(\sigma_3')_{AE}$が大きくなるに従い，その比は小さくなる傾向にある．

(3)AE 急増点の有効軸応力と有効拘束圧の関係

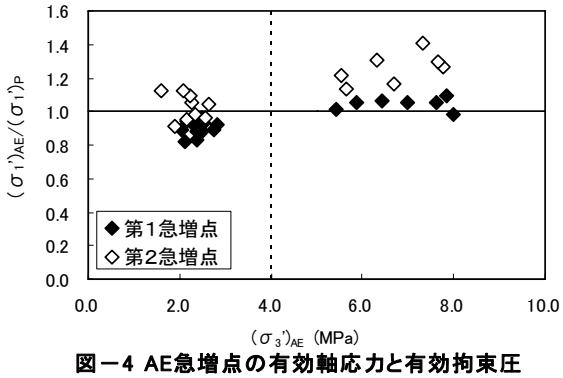
先行載荷時の有効軸応力$(\sigma_1')_p$と，２つの AE 急増点における有効軸応力$(\sigma_1')_{AE}$の関係を**図－4**に示す．図中の応力比が１の実線は AE 急増点の有効軸応力と先行有効軸応力が等しい場合である．再載荷過程の有効拘束圧が 4MPa 以下では，第２急増点の応力比が１に近く，第１急増点の応力比は，１よりもやや小さい傾向にある．有効拘束圧が 4MPa 以上では，第１急増点の応力比が１に近い傾向にあり，第２急増点は有効拘束圧$(\sigma_3')_{AE}$が大きくなるにしたがい，その比は大きくなる傾向にある．

(4)AE 急増点と先行応力との関係

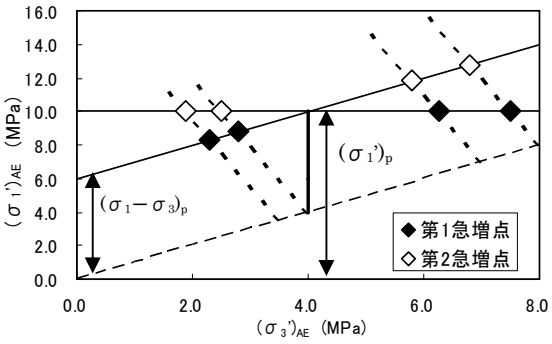
実験結果を模式的に**図－5**に示す．再載荷過程の有効拘束圧が先行載荷時の有効拘束圧 4MPa 以下では，第１急増点が軸差応力，第２急増点は有効軸応力に対応している．有効拘束圧が 4MPa 以上では，第１急増点が有効軸応力，第２急増点は軸差応力に対応している．これより、軸差応力と有効軸応力を記憶している２つのクラックの存在が考えられ，それぞれが記憶している応力は再載荷時の有効拘束圧の大きさに影響されていないことがわかる．



図－3 AE急増点の軸差応力と有効拘束圧の関係



図－4 AE急増点の有効軸応力と有効拘束圧の関係



図－5 AE急増点と有効拘束圧の関係

4. 結論

本実験で用いた砂岩，および設定した載荷条件において得られた実験結果を以下に要約する．

①再載荷過程の間隙水圧が変化する場合においても AE のカイザー効果が観察された．

②再載荷時の有効拘束圧が先行載荷時よりも小さくなる場合には，AE の第１急増点は先行軸差応力，第２急増点は先行有効軸応力に対応する．

③再載荷時の有効拘束圧が先行載荷時よりも大きくなる場合には，AE の第１急増点は先行有効軸応力，第２急増点は先行軸差応力に対応する．

④上記の②,③の結果から，それぞれの記憶している応力は有効拘束圧の大きさに影響されないようである．

参考文献

1)金川忠，林正夫，仲佐博裕：岩石における地圧成分の Acoustic Emission による推定の試み，土木学会論文報告集,第２５８号，pp. 63～75，1977.

2)横山幸也：AE 法による初期地圧測定,コアを用いた地圧計測ワークショップ論文集，pp. 43～64，1991.