

(33) アコースティック・エミッションによる初期地圧の推定方法

摂南大学工学部 村山 朔郎 道広 一利

大林組技術研究所 斉藤 二郎 藤原 紀夫
吉岡 尚也 ○畑 浩二

1. はじめに

岩盤内に構造物を構築する場合、対象とする岩盤が有している初期地圧の状態を知ることが大切な事からである。この初期地圧を推定する方法として、現位置における応力解放法、水圧破砕法などがある。しかし、これらの方法は準備や試験装置が大がかりになり手軽に実施できない。これに対し、岩石供試体におけるAEのカイザー効果を利用して初期地圧を推定する方法は、手軽でしかも数多く実施できる利点がある。そこで、われわれは岩石供試体におけるAEのカイザー効果と岩石供試体の形状についてまず考察を行なった。そして、AEのカイザー効果を利用して、トンネル横断面における初期地圧の推定を試みた。初期地圧の詳しい測定方法等は当日発表することとして、ここでは主に岩石供試体におけるAEのカイザー効果と岩石供試体の形状について述べる。

2. 実験装置

岩石供試体におけるAEは、図-1のような装置で検出した。主な測定装置の概略は以下のとおりである。

- 1) AEセンサ (株)NF回路設計ブロック製モデルAE-901 S型と使用した。共振周波数は140 KHzである。
- 2) プリアンプ 40 dB 固定利得をもったモデルAE-912を用いた。
- 3) ディスクリミネータ 本器はメインアンプ、フィルタ、振幅弁別器および雑音対策機能から成っているモデルAE-922である。特に、イベント計数法としての振幅弁別器は、増幅器から出力される振動波形を図-2に示したような2レベルのしきい値で弁別してパルスを作り出すようになっている。
- 4) デュアルカウンタ AEの発生率や累積数を計数するもので、モデルAE-932を用いた。

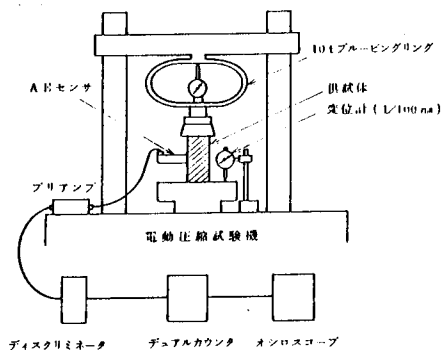


図-1 実験装置の概要

3. 実験方法

岩石供試体に繰り返し载荷によるヒステリシス曲線が同じ経路をたどるようになるまで所定の先行荷重を作用させ、その後先行荷重によって受けた最大応力値以上の荷重をかけてやることにより、岩石供試体におけるカイザー効果を確認する実験を行なうこととした。先行荷重によって岩石供試体を受ける応力は $200 \sim 300 \text{ kgf/cm}^2$ である。なお、供試体には生駒産の花崗岩を用いた。

3-1. 供試体の形状

供試体の形状は、外径30 mm 高さ60 mm の円柱と受圧面が25 mm × 25 mm 高さが75 mm の角柱の2種類である。

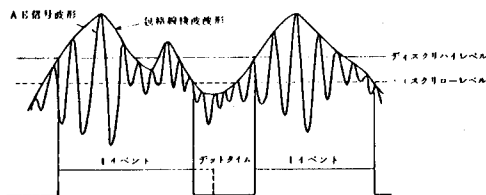


図-2 2レベルしきい値によるイベント判定

ただし、角柱供試体については両端面にハンチと称されるアラルダイトとセメントの混合物をつけたものと¹⁾つけないものに分けた(図-3参照)。

3-2. 実験手順

- 1) 岩石供試体の中央にシリコンゴムを介してAEセンサをとりつける。ただし、円柱供試体の場合は鋼製のアタッチメントを用いてAEセンサを面で接触させる。
- 2) 圧縮試験機に供試体を設置し、ディスクリミネータのメインアンプ、フィルタ、ディスクリレベルおよびデッドタイムを設定する。
- 3) 33.3 kgf/s の載荷速度で所定の先行荷重を載荷する。所定の先行荷重を載荷した後除荷し、再び載荷する。これを10回繰り返す。
- 4) 載荷時ごとの荷重と変位およびAE発生率を記録する。ただし、ここでいうAE発生率はイベント計数法によるものである。
- 5) 繰り返し載荷を終えた供試体に、繰り返し時と同じ載荷速度で先行荷重以上の荷重を載荷する。ここでも荷重と変位およびAE発生率を記録する。

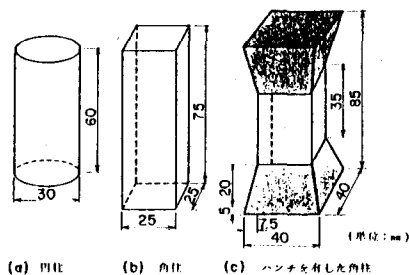


図-3 供試体の形状

4. 測定結果および考察

円柱供試体を用いてカイザー効果の有無を調べた測定結果の一例を図-4(a)(b)(c)(d)に示す。(a)は繰り返し載荷時の荷重と変位の関係を、(b)は各繰り返し載荷ごとに発生したAEの累積数と繰り返し回数との関係を、(c)は繰り返し載荷を終えた供試体に、先行荷重以上の載荷を行なった時の荷重と変位とAE発生率の関係を、(d)は(c)のAE発生率をAE累積数になおして描いたものである。図-4(a)から2回目以降のヒステリシス曲線がほぼ同じ経路をたどっていることがわかる。この繰り返し載荷時ごとに発生したAEの累積数は図-4(b)のようになり、2回目以降の繰り返し載荷時にAEが発生していないことがわかる。そして、岩石供試体が所定の先行荷重で受けた最大応力値以上の荷重を受けると、先行荷重で受けた最大応力値を境にしてAEが発生している様子が図-4(c)(d)からわかる。すなわち、円柱供試体を用いてもカイザー効果を確認することができる。また、図-5(a)(b)(c)(d)に示したように、ディスクリミネータの条件を変えた場合もカイザー効果を確認することができる。しかし、図に示していないが、岩石供試体に目視でわかるきれつがある場合には、カイザー効果を確認することができなかった。

つぎに、角柱供試体における測定結果の一例を図-6(a)(b)(c)(d)に示す。円柱供試体の場合と同じように、所定の先行荷重を境にしてカイザー効果の現われていることが図-6(c)(d)よりわかる。

一方、アラルダイトとセメントの混合物で作られたハンチをつけた角柱供試体の測定結果は、図-7(a)(b)(c)(d)のようになる。ところで、ハンチ材料そのものはAEを発生しないにもかかわらず¹⁾(われわれの実験でもそうであった)、ハンチを有した角柱供試体の場合は繰り返し載荷時に常にAEが発生し、明瞭なカイザー効果を確認することができない。これは、ハンチと岩石供試体との接合部の摩擦が原因しているためであろう。それゆえ、供試体にハンチをつけるのは好ましくないようである。

5. 初期地圧の測定例

直角ロゼットとよばれるひずみゲージを用いて主ひずみとその方向が求められるように、3方向の応力成分を知ることによって、平面内における主応力の大きさとその方向を求めることができる。すなわち、ある平面内における主応力の大きさとその方向は、平面内の水平軸から順次45°ずつの方向に切り出された3つの円柱供試体

における初期地圧を知り、これらをモールの応力円上に表示することによって求められる。一例として、260 mの土被りを有するトンネル切羽から採取した岩石供試体のカイザー効果を利用して初期地圧を求めてみると、最大主応力 σ_1 が 66.5 kgf/cm^2 、最小主応力 σ_2 が 16.3 kgf/cm^2 でトンネル鉛直軸から反時計方向に 17.9° 傾いていることがわかった。

6. おわりに

岩石供試体におけるAEのカイザー効果に関して得られたことをまとめると以下のようになる。

1) 岩石供試体にあらかじめ先行荷重を与えておいて、この先行荷重で受けた最大応力値を越える荷重を加えると、明瞭なカイザー効果の現われることがわかった。

2) この場合の岩石供試体の形状は、円柱あるいは角柱のどちらでもよい。したがって、岩石供試体のカイザー効果を利用して地山の初期地圧を推定する場合の供試体の形状は、整形の簡単な円柱供試体でよい。

3) アラルダイトとセメントの混合物で作られたハンチを角柱供試体につけると、ハンチと供試体

CYLINDRICAL TEST PIECE	MAXIMUM	LOAD (ton)	3.0
	PRE-COMPRESSION	LOAD (ton)	1.5
	FILTER	HFF (kHz)	100
		LFF (kHz)	200
	THRESHOLD LEVEL	VH (mV)	500
		VL (mV)	480
	AMPLIFIER	PRE (dB)	40
		MAIN (dB)	40
	DEAD TIME	(m. sec)	0.3

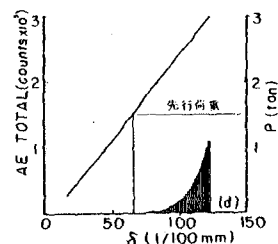
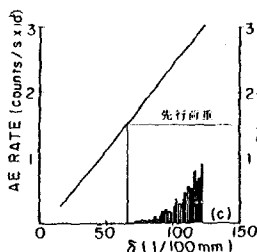
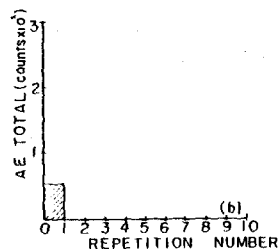
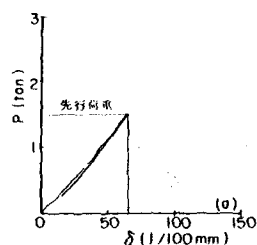


図-4 (a)(b)(c)(d) 円柱供試体における測定結果

	FILTER		THRESHOLD LEVEL	
	HFF (kHz)	LFF (kHz)	VH (mV)	VL (mV)
(a)	100	200	400	380
(b)	100	200	450	430
(c)	100	200	500	480
(d)	100	500	450	430

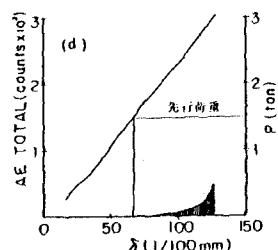
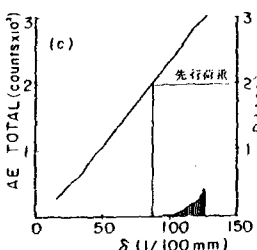
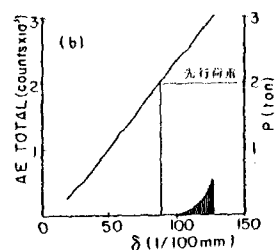
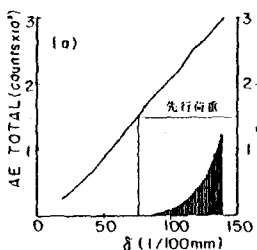


図-5 (a)(b)(c)(d) ディスクリミネータの条件を変えた場合の測定結果

との摩擦のためにカイザ-効果をみることができない。

4) 載荷板が供試体に接触した時から低荷重下においてAEが集中的に発生するが、この雑音的なAEは簡単に取り除くことができる。

5) トンネル切羽から採取した円柱供試体のカイザ-効果を利用して、地形状と土被りをよく反映した初期地圧を測定することができた。

今後は花崗岩以外の岩種を用いた実験を進めていきたい。なお、実験を行なうにあたり、摂南大学工学部土木工学科卒業生中村勝君、角山守君、増田栄蔵君に御援助いただいた。また、岩石試料を採取する際に大林組生駒工事事務所の方々に御協力していただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 金川・林・仲佐; 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, 1977年2月, pp.63~pp.75.

PRISMATIC TEST PIECE	MAXIMUM	LOAD [ton]	3.0
	PRE-COMPRESSION	LOAD [ton]	1.5
	FILTER	HFF [kHz]	100
		LFF [kHz]	200
	THRESHOLD LEVEL	VH [mV]	500
		VL [mV]	480
	AMPLIFIER	PRE[dB]	40
	DEAD TIME	MAIN[dB]	40
		(m. sec)	0.3

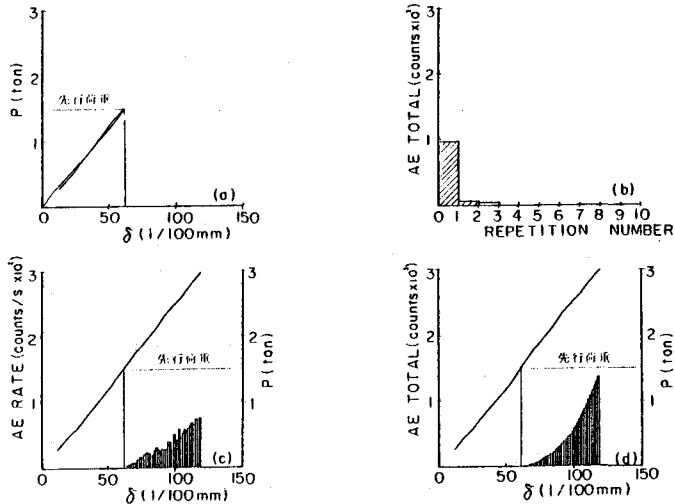


図-6 (a)(b)(c)(d) 角柱供試体における測定結果

PRISMATIC TEST PIECE	MAXIMUM	LOAD [ton]	2.18
	PRE-COMPRESSION	LOAD [ton]	1.5
	FILTER	HFF [kHz]	100
		LFF [kHz]	200
	THRESHOLD LEVEL	VH [mV]	400
		VL [mV]	380
	AMPLIFIER	PRE[dB]	40
	DEAD TIME	MAIN[dB]	40
		(m. sec)	0.3

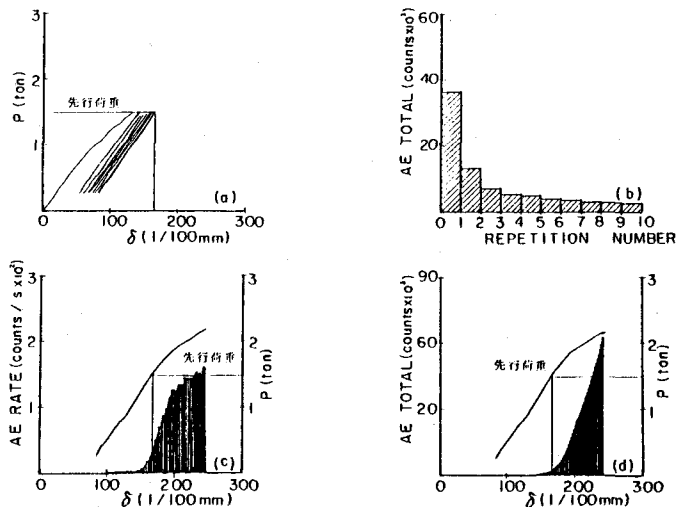


図-7 (a)(b)(c)(d) ハンチを有した角柱供試体における測定結果

(33) METHOD OF ESTIMATING INITIAL ROCK PRESSURE
BY ACOUSTIC EMISSION

Sakuro Murayama and Kazutoshi Michihiro

Faculty of Engineering, Setsunan University

Jiro Saito, Toshio Fujiwara, Hisaya Yoshioka and Kohji Hata

Technical Research Institute, Ohbayashi-gumi Ltd.

Abstract

This paper describes the method of estimating the initial rock pressure of the rock mass using the Kaiser effect of acoustic emission in rock specimens. Firstly, the Kaiser effect in variously shaped rock specimens, i.e., cylindrical, prismatic and prismatic with haunch, were examined by applying cyclic pre-load of 20-30 MPa and applying a virgin load of about two times greater than pre-load. As a result, the Kaiser effect of cylindrical rock specimen was confirmed as well as prismatic rock specimen.

Thereupon, the size and direction of the principal stress in a certain plane can be obtained by finding the initial rock pressure of three components and expressing these on Mohr's circle. A case study was conducted in which cylindrical granite specimens sampled from a face of IKOMA tunnel where the cover depth over tunnel is 260 m, were tested and the size and direction of principal stress at the cross section of the tunnel were estimated by using the Kaiser effect of acoustic emission. Obtained maximum principal stress σ_1 was 6.5 MPa, with the inclination of 17.9 degree in the counter-clockwise direction from the vertical axis of the tunnel and the minimum principal stress σ_2 was 1.6 MPa. These figures seemed to be reasonable from the view point of actual geographical condition of the tunnel.

Finally, it might be concluded that acoustic emission method mentioned in this paper is to be useful for estimating initial rock pressure.