

摂南大学工学部 正会員 村山 純郎

シ 道広-利

大阪工業大学工学部 学生会員 坂上 敏彦

▶ はじめに ◀

微視的な方法による構成式の誘導過程において、その妥当性を立証するには、それを検証するための、微視的現象をとらえる実験が望まれるが、今までは、砂の粒子状態を見るための一の実験方法のほか、まだあまり開発されたものが見られない。そのため、村山は、粒子挙動の観測手段として、砂粒子の移動による発せられるAcoustic Emission(砂粒子間の摩擦などによる発せられる微発音響、以後A・Eと書く)を利用することの意義と適用性を述べた。¹⁾

本報告は、この意味において、砂のせん断中のA・Eを検出し、砂の状態として弾性、塑性、破壊の三状態の存在すること、A・Eから推測した各状態での砂粒子の挙動特性と、さきに述べた砂の構成式による特性と対比して考察した。また、応力履歴がA・Eのカイザー効果に及ぼす影響を調べて、砂に対するカイザー効果の特性を明らかにした。

▶ 試料、実験装置、実験方法 ◀

試料は豊産産の標準砂で、 $\phi 420\text{mm}$ フルイと通過し、 $\phi 105\text{mm}$ フルイに残留した乾燥砂の比重は2.65と使用した。実験装置は、ブロッググライダグラムで、Fig.1に示す。この図において、せん断試験装置は、縦148.0mm、横298.5mm、全高78.5mmのせん断箱をもつ一面せん断機である。A・E検出用トランスデューサーとしては、共振周波数40kHzのジルコニ酸鉛のものを使用した。

プリアンプは、フィルタと増幅の機能を有し、今回の実験においては、H.P.F(High Pass Filter)10kHz、利得40dBに固定した。ディスクリミネータは、フィルタ、増幅および閾値設定の三機能を有し、それぞれ、フィルタ:H.P.F 20kHz、L.P.F(Low Pass Filter) 80kHz、利得:30dB、閾値:80mV、120mV、140mV、180mVの四段階、に設定して実験を行なった。カウンタにあるゲートの1/sec間における周波数時間、それぞれ、0.5secとしたので、カウンタに計測される波は、周波数領域20kHz~80kHzで、1秒も、各々の閾値を越えた各0.5sec間に受けたパルスが単位時間当りの個数として、デジタル方式で記録されている。また、ウェーブメモリにより入力された波の波高を記憶させ、オシロスコープおよびジャンシコープによる再生させ、A・Eの波を観測を行なった。せん断試験は、すずみ制御方式で、垂直応力は各testともつねに一定とし、ある一定のせん断応力片根幅で停止して繰り返し、各国の残留変位の差がほぼ0になるまで行い、このときの砂の状態を弾性とした。つまり、こので以上にせん断応力を増加し、塑性状態を経て破壊状態に達するようにした。これらの各せん断に際して、せん断箱底に埋めこんだセンサーによるA・Eの受信を行なった。

▶ 実験結果および考察 ◀

Fig.3は、破壊速度以下の一定のせん断応力で繰り返し载荷し、各国の残留変位の差がほぼ0になるまで行い、その状態を砂の弾性状態とし、試

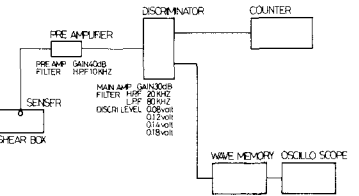


Fig. 1

アナライザ		20, 40 dB
フィルタ	ハイパスフィルタ	10 kHz, FLAT
増幅		0, 10, 20, 30, 40dB
フィルタ	ハイパスフィルタ	FLAT, 20, 30, 40dB
フィルタ	ローパスフィルタ	20, 30, 40, 60, 80, 100, 200 kHz
ディスクリミネータ	ゲート	0 ~ 1 V
ゲート	AC	100 V
カウンタ		
計数容量	10 進	0 ~ 999
表示方式	数値表示	0.5 sec
表示時間	2 sec	0.5 sec
電源	AC	100 V
波形記憶装置		
周波数特性	DC ~ 250 kHz	
電源	AC	100 V
オシロスコープ		
周波数特性	DC ~ 15 MHz	
測定帯域	0.1	MHz

Fig. 2

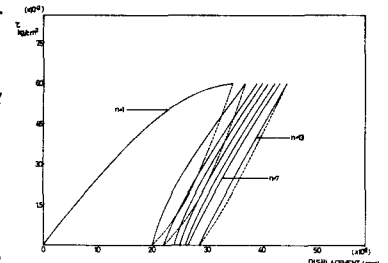


Fig. 3

験に際しての砂の標準状態とした。また、さきにのべた弾性状態という意味において、繰り返しせん断時の、繰り返し回数を各回数における、所定のせん断力載荷時の変化および除荷時の残留変位 δ （変位は初期状態を基準とする）の關係は、それぞれFig. 4のL線群およびR線群として示され、これらも砂が弾性状態に近づく過程をわける。Fig. 5は、 n と δ の關係式(1)の關係で示したものであり、この図の關係の直線性より、式(1)の妥当性をうかがわれる。 $\frac{n}{\delta} = a + bn$ — (1) a, b : constants
また、式(1)において、繰り返し回数 n

を無限大にしたときの水平変位は、 $\frac{1}{b}$ の値をとることになる。これをさらに増加し、砂が塑性状態に移行したときの水平塑性変位 $\delta_p (= \delta - \delta_{el})$ と弾性限界以上のせん断応力 $(\tau - \tau_{el})$ の關係と、塑性状態の砂の構成式²⁾すなわち、次記の式(2)の關係で示したものはFig. 6となる。（ここに、 δ_{el}, τ_{el} : 繰り返しせん断により弾性に達した砂の残留水平変位とせん断応力） $\frac{\tau - \tau_{el}}{\delta_p} = \frac{\tau_0}{R} - \frac{\tau}{R}$ — (2) R, τ_0 : constants

この図は、ほぼ $\frac{1}{R}$ の傾きの直線で示されることが、砂が弾性状態から塑性状態に移行していることがわかる。Fig. 7は、弾性状態への移行過程で、各繰り返し載荷ごとのA-E累計数 (ΣN) と残留変位の關係が示したものである。この図において、残留変位の増加、したがって、残留変位の増加率の減少と共に、A-E発生割合も減少しており、砂が弾性状態に近づくに従って、A-E発生数は少なくなり、ついに消失する。このことは、砂が弾性状態に近づくにつれてKaiser効果も表れ、Kaiser効果の発達過程すなわち、砂の弾性状態への移行過程を示すものと思われる。Fig. 8は、応力-水平変位と、A-E累計数-水平変位との対比図を示した図である。この図において、応力-水平変位關係の立ち上がりは急激なのは、砂を繰り返しせん断した後、すなわちFig. 3で示した最終の除荷時点を原点としていたためである。この図のように、A-E発生特性線は、二つの初点をもつ、これら初点は、砂の弾性、塑性および破壊の各状態の境界とよく一致しており、これより、A-Eの発生特性は、砂のミクロ状態による相違することになる。また、A-E累計数-水平変位關係は、各領域において、ほぼ直線性として示している。単位ひずみ中に発生するA-Eの数が、単位ひずみが生ずるために移動する粒子数に比例するとすれば、このことから粒子の1個の平均移動距離は各領域ごと一定であるといえる。以上より、村山の求めた砂の構成式³⁾に用いた仮設の一部がこのA-Eの実験によつて立証されたと考えられる。

また、A-E発生時におけるエネルギー量の測定などにより、波粒現象⁴⁾と共にならば、砂の圧縮とA-E発生との關係について考察中である。

謝辞

本研究においては、京都大学小林昭一教授に、A-E装置についての御助言を受け、また、実験には、摂南大学学生、大住浩司、三宮博之両氏の協力を得、ここに深謝の意を表す次第である。

参考文献 1,2,3) S. MURAYAMA: IX ICSME Constitutive Equations of Soils

PP. 167-199

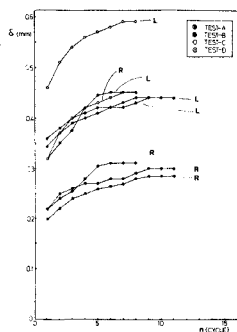


Fig. 4

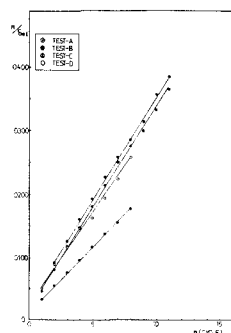


Fig. 5

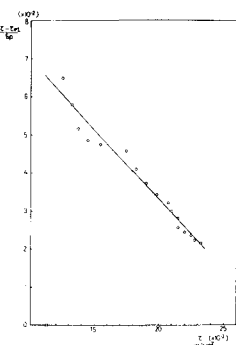


Fig. 6

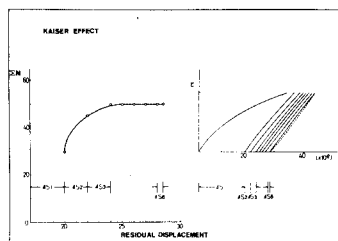


Fig. 7

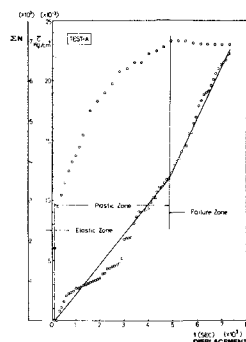


Fig. 8