

砂のせん断時の A・E 特性について

摂南大学工学部 正会員 村山 翔郎
 摂南大学工学部 正会員 道広-利
 大阪工業大学大学院 正会員 坂上 敏彦
 旭 工 務 店 正会員 二宮 博之
 非破壊試験 正会員 大住 浩司

1. はじめに

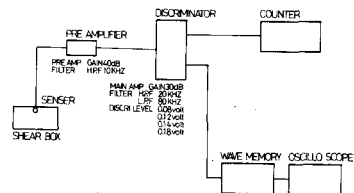
今までは、砂の粒子状態をみるためには、二三の実験方法の他、まだあまり開発されたものがない。そのため、村山は、粒子挙動の観測手段として、砂粒子の移動によって発生する A・E (Acoustic Emission) を利用することの意義と適用性を述べた。

本報告は、この意味で、砂のせん断中の A・E を計測し、砂の状態として弾性、塑性、破壊の三状態の存在することと、A・E が計測した各状態での砂粒子の挙動特性とをきき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影響を明らかにした。

2. 試料、実験装置、実験方法

試料は、豊満産の標準砂で、 0.42mm フリイを通過し、 0.105mm フリイに残留した乾燥砂(比重: 2.64)を使用した。実験装置は、ブロックダイヤグラムで、Fig. 1 に示す。この図において、せん断試験装置は、縦 148mm 、横 290.5mm 、高さ 79.5mm のせん断箱と一つのせん断機である。A・E 検出用トランスデューサとしては、共振周波数 40kHz のジルコン酸鉛のものを使用した。プリアンプは、フィルター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。ポストリミテータは、フィルター、増幅および閾値設定の三機能を有し、それぞれ、フィルター: H.P.F. 20kHz 、L.P.F. (Low Pass Filter) 80kHz 、利得: 30dB 、閾値: 80mV , 120mV , 140mV , 160mV の四段階に設

定して実験を行った。また、カウンタにあるデットの 1sec 間にあける期間時間は、それぞれ 0.5sec とした。このカウンタに計測される波は、周波数領域 $20\text{kHz} \sim 80\text{kHz}$ で、しかも、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る。せん断試験は、シグナル制御方式で、垂直応力は



[Fig. 1]

各場合ともつねに一定とし、ある一定のせん断応力振幅をききこんで繰り返し、残留ひずみが 0 になるまで行い、このときの砂の状態を弾性とした。ついでこので以上にせん断応力を増加し、粒状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、せん断箱底に埋め込んだセーリ-によって、砂の A・E を受信した。

3. 実験結果および考察

Fig. 2 は、砂の繰り返しせん断時の、繰り返し回数ごと各回数における除荷時の残留水

水平変位 δ (変位は初期状態を基準とする) の関係を示し、 δ の増加率は n の増加とともに減少して、砂が弾性状態に近づく過程をあらわす。

Fig.3 は、 n と δ の関係と式(1)の関係を示したものである。 $\frac{\sigma}{\sigma_0} = a + b n - (1)$ に a, b : 定数

この図の関係の直線性より、式(1)の妥当性がうかがわれる。式(1)より、繰り返し回数を無限大にしたときの水平変位は、 $\frac{1}{b}$ の値とすることがわかる。Fig.4 は、さらに σ を増加し、

砂が弾性状態に移行したときの水平弾性変位 $\delta_p(\delta_{el})$ と弾性限界以上のせん断応力 $(\tau - \tau_{el})$ の関係と、塑性状態の砂の構成式³⁾、すなわち次記の式(2)の関係と通ったものである。ここに δ_{el}, τ_{el} : 繰り返しせん断によって弾性に変化した砂の残留水平変位とせん断応力(弾性)

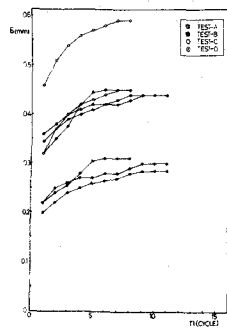
$$\frac{\tau - \tau_{el}}{\delta_p} = \frac{\tau_0}{R} - \frac{1}{R} \tau - (2) \quad \text{ここに } R, \tau_0: \text{定数}$$

この図は、ほぼ一直線の傾きの直線と示されることが、砂は、弾性状態から塑性状態へ移行していることがわかる。Fig.5 は、弾性状態への移行過程と、各繰り返し載荷ごとの AE 発生回数と残留 [Fig.4]

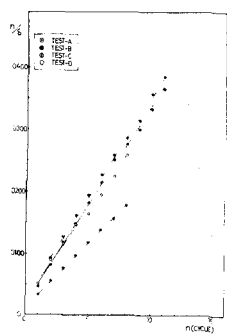
変位の関係を示したものである。この図において、残留変位の減少とともに、AE 発生割合も減少しており、砂が弾性状態に近づくに従って、AE 発生は少なくなるといって消失する。このことは、砂が弾性状態に近づくにつれてカイザー効果を表れ、カイザー効果の発達過程、すなわち、砂の弾性状態への移行過程を示すものと考えられる。

Fig.6 は、応力-水平変位と AE 発生回数-水平変位との対応を示した図である。

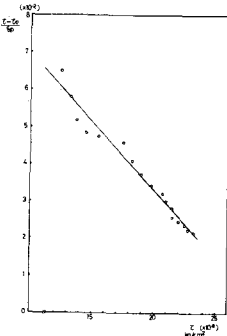
この図のように、AE の発生履歴線は、この応力-変位、すなわち応力-変位の弾性、塑性、および破壊の各状態の過程とよく一致しており、すなわち、AE の発生過程は、砂の三状態によっても関連することが見られる。また、AE 発生回数-水平変位関係は、各領域において、ほぼ直線性を示している。つまり、各領域において変位差を定めた場合の平均発生回数が、単位変位に発生する AE の数に比例するものと考えれば、このことより砂の一回の平均移動距離は各領域ごとで一定であると見られる。以上より、砂の弾性、塑性、破壊の構成式に用いた仮説の一部がこの AE の実験により立証されたと考えられる。本研究は、利研費の助成を受けたものであり、また、AE 装置については、京都大学小林昭一教授より貴重な助言をいただいたこと、ここに深謝する次第である。



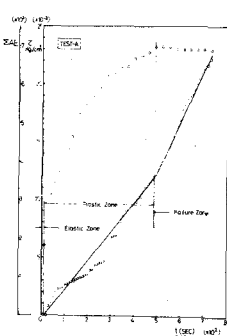
[Fig. 2]



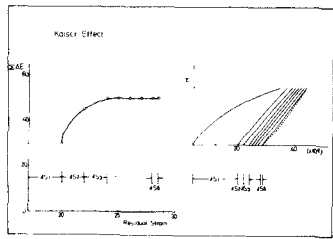
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]

参考文献: 1) S. Murayama: IX ICSMRE Constitutive Equations of Soils pp.183-190
2) S. Murayama: IX ICSMRE Constitutive Equations of Soils pp.187-190