

土のダイレイタンス特性と AE 特性の相関について

神戸大学工学部 正員 谷本 喜一
 (株)阪神コンサルタンツ 〇 中村 潤一
 (株)日建設計 石川 正紀

1. まえがき これまで土のせん断に伴うアコースティック・エミッション(AE)の特性に関する研究を行ない、土が膨張し始める状態において AE 特性に変化が現われることを示してきた。^{1), 2)} ここでは、そのような土のダイレイタンス特性に注目することにより、土の AE 特性に変化が現われる原因について考察を加える。

2. 変形挙動と AE 特性 気乾状態のまき土試料を締め固めて作成した供試体に対する三軸圧縮・伸張試験の結果をすでに報告したが²⁾、拘束圧一定のひずみ制御および応力制御の圧縮試験の結果をここで再度示すことにする。実験結果を示すにあたって、主応力差を $q = \sigma_a - \sigma_r$ 、平均主応力を $p = (\sigma_a + 2\sigma_r)/3$ 、応力比を $\eta = q/p$ 、体積ひずみを $v = \epsilon_a + 2\epsilon_r$ 、せん断ひずみを $\gamma = \epsilon_a - \epsilon_r$ 、AE 計数率(1分間当りの計数)を n_e とする。ここで、応力およびひずみの符号は圧縮を正としている。

ひずみ制御および応力制御の圧縮試験結果から得られた $\eta \sim \gamma$ 、 $v \sim \gamma$ 、 $n_e \sim \gamma$ 関係をそれぞれ図-1 および図-2 に示す。図-1 のように、ひずみ制御試験においては、点 I までのオ1過程で γ の増加とともに n_e が漸増し、点 I 以後のオ2過程で n_e がほぼ一定となる。また、図-2 に示す応力制御試験においては、点 I までのオ1過程で γ の増加とともに n_e が漸増し、点 I 以後のオ2過程で n_e が更に急増する。両試験では、AE の発生傾向は異なるが、AE 特性曲線の変化点におけるせん断ひずみ γ_I と体積膨張が生じ始める際のせん断ひずみ γ_D が載荷方法にかかわらずほぼ一致することが明らかになった。

上記の γ_D における応力比は、Roscoe 他³⁾ あるいは Schofield と Wroth⁴⁾ がエネルギーの関係から導いた

$$\eta = M - dv/dE$$

の M に相当する。ここに、 $dv = d\epsilon_a + 2d\epsilon_r$ 、 $dE = 2(d\epsilon_a - d\epsilon_r)/3$ である。なお、Schofield と Wroth は critical state における応力比を M としているが、Atkinson 他⁵⁾ あるいは宮森⁶⁾ は、砂のせん断時に体積膨張が生じ始める応力比も M に相当することを示している。上式は、外力による単位体積当りの仕事を $dE = p \cdot dv + q \cdot d\epsilon$ で表し、摩擦による消散エネルギーを $dW = M \cdot p \cdot d\epsilon$ と仮定して、両者を等値することによって求めているが、この M は摩擦係数に

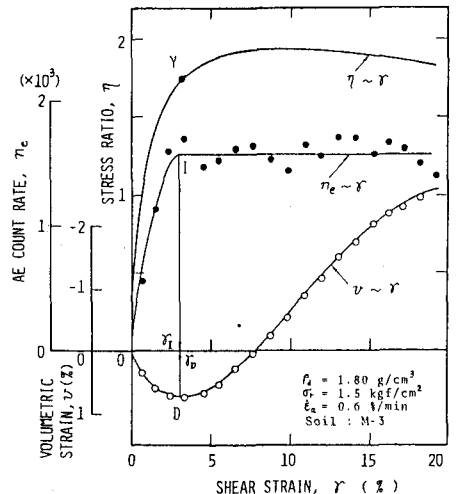


図-1 変形挙動と AE 特性(ひずみ制御試験)

Kiichi TANIMOTO, Junichi NAKAMURA, Masaki ISHIKAWA

相当するものである。したがって、 $\eta = q/p > M$ すなわち $q > M \cdot p$ の状態になると、土粒子の配列内にすべり層が生じ始め、土粒子のせん断的変位が生じると考えられる。この変位により土粒子の再配列が行なわれ、その結果として体積膨張が生じると考えられるが、そのような土粒子間のすべりは局所的な破壊現象とみなされる⁷⁾。AE 特性の変化点におけるせん断ひずみが体積膨張を生じ始めるせん断ひずみにほぼ等しいことは前述のとおりである。したがって、AE 特性の変化点は、供試体内に局所的な破壊現象が開始したことに起因して現われると考えられる。

応力～ひずみ特性に関して、Frydman 他⁸⁾は、応力～ひずみ関係が直線から曲線に移移する応力レベルにおいて体積膨張が生じ始め、その応力レベルにおいて真の粒子間摩擦が発揮されるとしている。したがって、そのような応力～ひずみ曲線上の点において局所的な破壊が開始しているものと思われる。

図-1, 2 においては、 $\eta \sim \gamma$ 関係には最初から直線性はなく、Frydman 他⁸⁾のいう真の粒子間摩擦が発揮される点を $\eta \sim \gamma$ 関係から定めるのは困難である。ここでは、供試体に局所的な破壊現象が始まると変形は増大し、応力～ひずみ関係はそれ以前とは異なるものになるという観点から、 $\eta \sim \log \gamma$ 関係の変化に注目する。

$\eta \sim \log \gamma$ 関係の 1 例として、図-1 の結果を図-3 に示す。同図から、 $\eta \sim \log \gamma$ 関係は点 Y を境に直線から上に凸の曲線となり、次第に変形は流動的になることがわかる。したがって、この点 Y において局所的な破壊現象が開始するものと思われる。このようにして求めた点 Y を図-1, 2 の $\eta \sim \gamma$ 曲線上に示したが、両者とも点 Y における応力比は前述の体積膨張が生じ始める応力比あるいは AE 特性の変化点における応力比にほぼ一致していることが認められる。したがってこの観点からも、AE 特性の変化点は、供試体内に局所的な破壊現象が開始したことに起因して現われるものと考えられる。

3. まとめ 土の AE 特性とダイレイタンシー特性の相関について考察した結果、AE 特性曲線上の変化点は供試体内の局所破壊現象の開始に起因して現われることが推定された。

参考文献

- 1) 谷本・中村(1982): 土質工学論文報告集, 22巻, 3号, 2) 谷本他(1982): 第17回土質工学, pp.318~316,
- 3) Roscoe, et al. (1963): *Geotechnique*, Vol.13, 4) Schofield and Wroth (1968): *Critical State Soil Mechanics*, McGraw-Hill, 5) Atkinson and Bransby (1978): *The Mechanics of Soils*, McGraw-Hill, 6) 宮森(1976): 土学会論文報告集, 第255号, 7) Rowe (1962): *Proc. Royal Soc. of London, Series A*, Vol.269, 8) Frydman and Zeitlen (1969): *Proc. 7th ICSMFE*, Vol.1, 9) 谷本・中村・石川(1983): 土質工学論文報告集, 23巻, 1号。

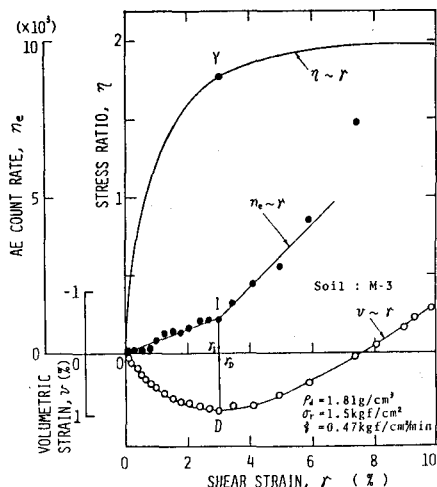


図-2 変形挙動とAE特性(応力制御試験)

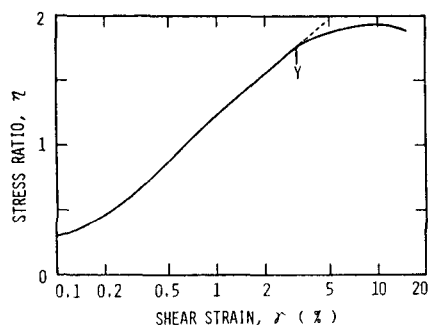


図-3 $\eta \sim \log \gamma$ 関係(ひずみ制御試験)