

III-155

砂質土におけるせん断帯の発生とAE計測

神戸大学工学部 正会員 ○田中 泰雄
運輸省 松良 精三

まえがき

室内試験により土の変形・強度特性を検討する上で、応力～ひずみ関係のどのあたりから供試体内のひずみの均一性が崩れ、せん断帯が発生するかを理解することは非常に重要である。せん断帯発生の研究は、近年急速に成果が挙げられおり、例えば、龍岡他(1990)や上野他(1991)などにより、供試体内でひずみの局所化が生じる過程が、微視的な観察により明らかにされている。しかしながら、微視的な土粒子の移動状態を、通常の土質試験あるいは原地盤において測定することは難しく、なんらかの間接的手法によりひずみの局所化を察知することが望まれる。

本研究の目的は、間接的な変形計測法の1つであるAE計測を、ひずみ局所化問題へ適用することである。研究手法としては、龍岡他(1990)と同様に平面ひずみ試験を用いており、土粒子の移動量計測結果とAE計測結果を比較して、ひずみの局所化が発生する機構を検討した。

実験方法

試料は気乾状態の相馬砂を使用した。比重は2.627、平均粒径は0.72mm、均等係数は2.36であった。平面ひずみ試験の供試体寸法は厚さ30mm x 幅100mm x 高さ65mmの直方体である。試験装置及びAE計測装置は既報とほぼ同様であるが、供試体側面の拘束板には透明なアクリルを用いており、供試体側面からビデオ撮影が可能のようにしている。また、粒子の移動を計測できるように着色した砂試料を用いている。

空中落下法で密度が約 1.65g/cm^3 の供試体を作成した。応力履歴としては、載荷及び除荷中に K_0 値を0.45の一定値に保つ異方圧密履歴を与えている。最大圧密応力としては 10kgf/cm^2 の鉛直応力まで載荷し、その後、過圧密比が1から9となるように除荷している。せん断過程では、ひずみ制御方式で載荷し、セル圧一定条件で鉛直応力のみを増加している。

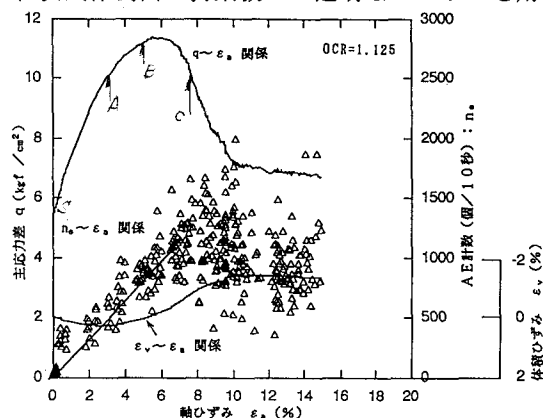


図-1 平面ひずみ試験結果の一例(OCR=1.125)

実験結果及び考察

せん断試験結果の一例(過圧密比=1.125)を示すと図-1のようである。図のように、軸差応力 q と軸ひずみ ϵ_a の関係は、 ϵ_a が約6%あたりで最大値を示し、それ以降は軟化して一定値に収束している。一方、AE計数は $q \sim \epsilon_a$ 関係が最大値を示すまではほぼ一定の増加率を示し、ピーク強度後は一定あるいは若干の減少傾向を示す。体積変化としては、強度がピークを示す前にダイレイタンスー変化点が現われている。

一方、ビデオ撮影による粒子移動量の計測結果を図-2に示す。図中の記号でS-A-B-Cは、図-1において、それぞれせん断初期、 $\epsilon_a=3.2, 5.5, 7.7\%$ での計測

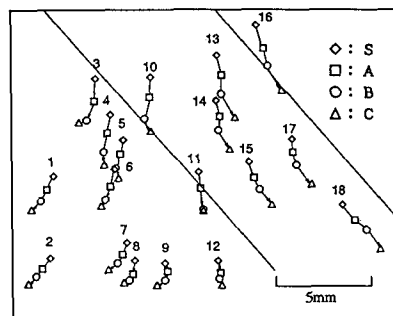


図-2 ビデオ撮影による粒子移動計測

結果を示している。図に示すように、せん断面を境として、粒子の移動方向が急変していることが分かる。

次に図-2の粒子移動量を基に、局所的なせん断ひずみ γ 及び体積ひずみ v を求めた。計算方法としては、まず図-3のように、粒子中心位置を結ぶ三角要素のメッシュ網をS-A-B-Cの状態について作成する。次に、各状態間での全ての要素の接点変位 u_i を求め、有限要素法における線形要素近似の手法を用いて各要素の γ と v を求める。図-4は、上述のS→A→B→C間のせん断ひずみの変化を示したものである。S→AとA→B間での γ はあまり大きく変化

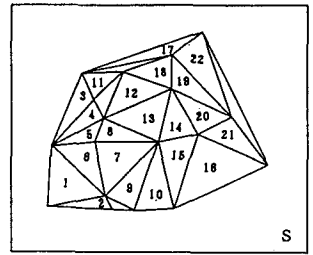


図-3

粒子位置の三角メッシュ

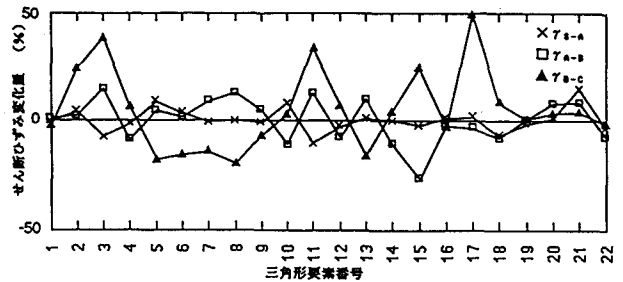


図-4 载荷中の局所的せん断ひずみの変化

一方、AE計測結果と上記の局所的なひずみ分布の変化との関係を検討したものが、図-5である。図の横軸は、2分間毎の供試体の成す仕事量の変化(dW)を示したもので、 $\text{仕事量の変化} = \text{平均主応力} \times \text{体積ひずみ} + \text{主応力差} \times \text{せん断ひずみ}$ として求めたものである。ここで、体積ひずみとせん断ひずみは供試体の高さ変化と体積変化から算定したものである。図の縦軸は、2分間毎のAE計数率を示す。従来の研究より、AE計数率と dW との関係は直接対応し、両者の関係は一本の直線で近似できることが知られている。これに対し、図-5から明らかなように、ピーク強度まではAE計数率と dW との関係はほぼ直線的であるが、ピーク後の両者の関係は図中の直線から上方に大きく離れたものとなっている。なお同図のabcdは、ピーク強度(すなわちB(c)点)の前後での計測値を細かく表わしたもので、2分間毎のAE計測値を示したものである。本実験では、前出の図-4に示したように、供試体内のひずみ分布に不均一性が顕著となるのは、ほぼピーク強度(すなわちB点)に対応していた。

従って、局所的なひずみが場所によって大きく異なると、AE計数率と dW との関係は直線関係から大きく逸脱するものと判断される。以上のことより、AE計測を併用した室内試験から、供試体内のひずみ分布の変化を推定する1つの可能性が示されたと考えられる。末尾であるが、本研究は科学研究費03650407の援助により可能であったことを記し、謝意を表す。

参考文献

Tatsuoka, F. et al (1980): Strength Anisotropy and Shear Band Direction in Plane Strain Test of Sand, Soils and Foundations, Vol.30, No.1, 35-54

上野勝利、三浦均也他(1991): 粒状体のせん断層の幅と粒子寸法の影響について、第26回土質工学研究発表会、425-428

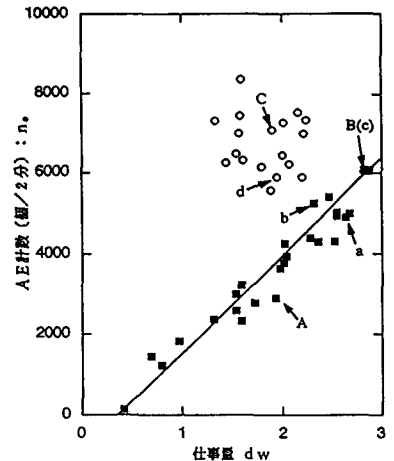


図-5

AE計数率と仕事量変化 dW の関係