

III-5 完全応力制御による粒状要素モデルの二軸せん断試験

東北大学 学生員 ○鹿子嶋 康 博
同 上 正 員 佐 武 正 雄
同 上 正 員 岸 野 佑 次

1. まえがき

繰返し荷重を受ける粒状体の構成則を合理的に定めるためには、粒状体内部の変形機構を明らかにすることが重要であると考えられる。本研究においては、粒状体の準静的な力学特性を調べるために開発した粒状要素法¹⁾を用いて2次元粒状体の両振り繰返しせん断のシミュレーション解析を完全応力制御の下で行い不完全な応力制御の場合との比較を含めて考察した。以下にその概要を示す。

2. 解析方法

繰返しせん断のシミュレーションに用いた粒子数は122個、粒径は6、9、12mmの3種類で、面積比は1:1:1とした。法線および接線方向の粒子間バネ剛性は 1×10^8 および 7×10^7 dyn/cm、粒子間摩擦角 ϕ は 25° 、粒子と境界との摩擦角 ϕ_b は 0° とした。載荷は排水条件下で行い、平均応力一定値 $\sigma_0 = 1.5 \times 10^5$ dyn/cmとした。応力振幅比は $|\sigma_x - \sigma_y|_{\max} / (\sigma_x + \sigma_y) = 0.15$ 、各載荷ステップにおける軸差応力増分は $\Delta|\sigma_x - \sigma_y| = (\sigma_x + \sigma_y) / 100$ とした。

従来²⁾の境界の制御方法では図-1のx、y方向の伸縮のみを許していたので、応力の主軸が必ずしもx、y方向に一致せず完全な応力制御とすることができなかった。そこで、本研究においては、境界辺の移動にせん断変形も許すような制御方法を採用し、解析を行った。なお、境界辺自身も領域の変形に応じて伸縮するようにプログラムが組まれている。

3. 結果とその考察

(1) 応力ひずみ関係 図-2に応力比軸差ひずみ関係、図-3に体積ひずみの推移、図-4にせん断ひずみの推移を示す。これらの図より、第1サイクルにおける圧縮載荷の応力比0.09~0.14付近で、それぞれのひずみに大きな変化がみられる。これは初めてせん断を経験する第1サイクルで、圧縮載荷の応力比0.09~0.14で局部的に不安定な粒子構造が崩れ、急激にせん断変形が生じたためと思われる。また、大きな変形が生じた第1サイクル後も、体積ひずみとせん断ひずみは引き続き増加している。

(2) 主ひずみ方向 図-5に解析ステップと主ひずみ方向の関係を示す。縦軸に最大圧縮方向をx軸からの角度で示し、横軸にはサイクルごとの解析ステップ数を記してある。また、図中の記号●、○は、それぞれ圧縮、伸張前における等方応力状態を示している。せん断応力反転時にピーク値に達しているが、応力主軸の 90° や 0° には達せず繰り返しもともに小さな振動となる。これは図-4に示すように繰り返しが進むにつれてせん断ひずみ γ_{xy} が進行するためと思われる。このことは、図-5中の●や○、主ひずみ方向が 45° 方向に近づくことにも

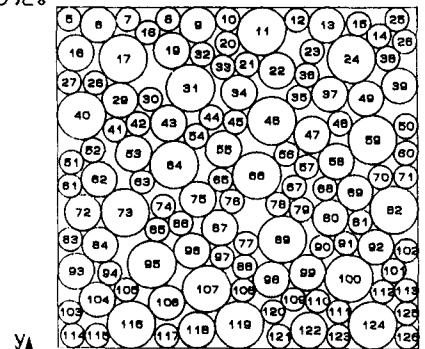


図-1 粒子パッキング

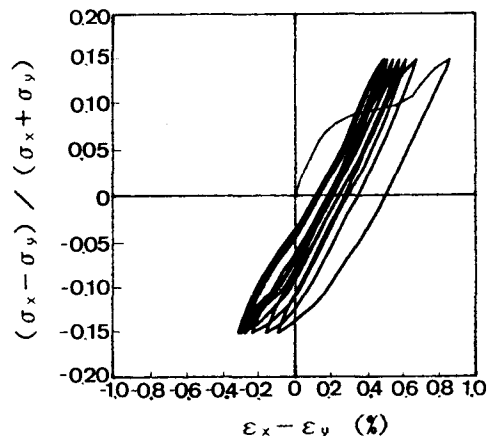


図-2 応力比軸差ひずみ関係

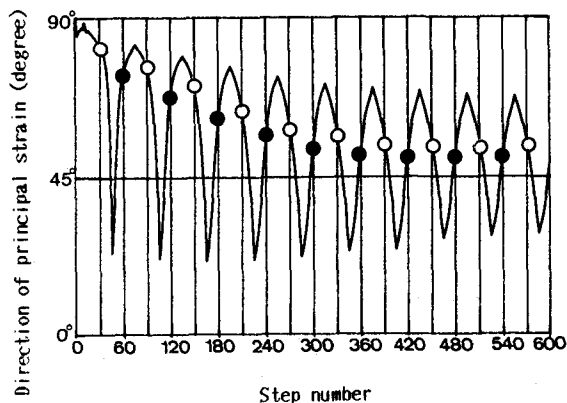


図-5 ステップと主ひずみ方向の関係

示めされている。

(3) 他の制御方法との比較 これを図-6 (a) の不完全応力制御²⁾の場合と比較してみると、圧縮ひずみの生じ方に大きな差がみられる。すなわち、図-6 (a) の場合にははじめに大きなひずみが生じた後、5サイクルまでにひずみの生じ方が急に減衰しているが、図-4においてはこのような傾向が10サイクルまでに見られていない。これは完全応力制御の場合、図-5に示すようなせん断残留ひずみが生じ続けるためであると考えられる。このような非対称的な変形は地盤の繰返しに伴う力学特性と設定する上で重要なことであると考えられる。

次に、図-6 (b) の境界における摩擦角 25° の場合と比較すると、この場合には圧縮ひずみの大きさが極端に小さいがこれは剛性境界辺に支えられたことによる影響と考えられる。このように境界条件の設定によりかなり力学特性が変化するので、構成則の設定においてもこのようなことを考慮する必要がある。

4. あとがき

以上、完全応力制御下における繰返しせん断について考察を行ったが、今後さらに考察を進め、構成則を定める上で重要な手掛りを得るための研究を行いたいと考えている。

5. 参考文献

- 1) 岸野佑次：新しいシミュレーション法を用いた粒状体の準静的挙動の解析，土木学会論文集 Vol.406/III-11, pp.97~106 (1989)
- 2) 鹿子嶋康博ら：粒状体の両振り繰返しせん断のシミュレーションとその考察，土木学会第44回年次学術講演会講演概要集 III-3, pp.506~507 (1989)
- 3) Tatsuoka, F and Ishihara, K: Drained deformation of sand under cyclic stresses reversing direction Soil and Foundations, 14, 3(1974), pp.51-65.

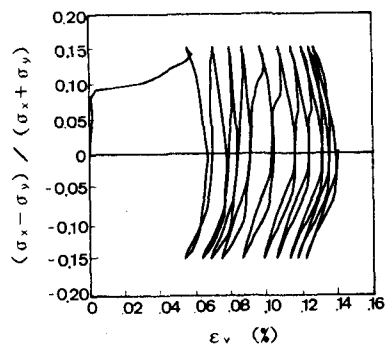


図-3 体積ひずみの推移

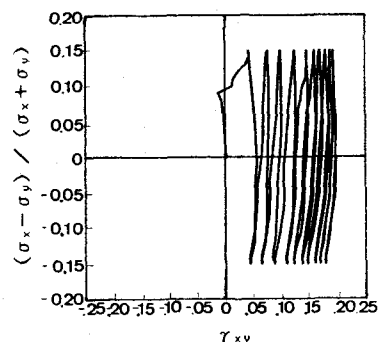
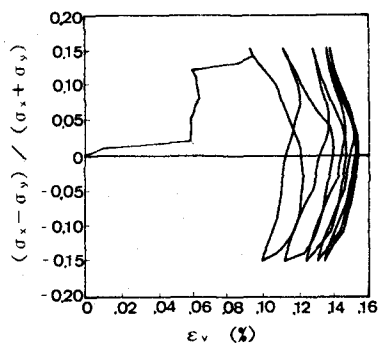
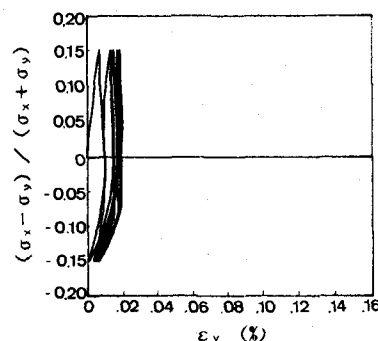


図-4 せん断ひずみの推移



(a) 不完全応力制御 $\phi_b = 0^\circ$



(b) 完全応力制御 $\phi_b = 25^\circ$

図-6 体積ひずみの推移