

III-124

三次元応力状態における砂の非排水変形モデル

筑波大学構造工学系 正員

山田 恭央

Univ. of British Columbia

D. S. Wickremesinghe

1. はじめに

筆者らは、立方体三軸せん断装置による実験結果に基づき、供試体初期構造の異方性および三次元応力状態での異方的な降伏条件を考慮した砂の排水変形モデルについて発表してきた。^{1), 2)} 本研究では、排水状態に対するモデルで計算した体積変化量より過剰間隙水圧を推定し、三次元応力状態における砂の非排水変形挙動を予測するモデルを作成し、実験結果との比較を行ってみた。

2. 排水変形モデルの修正

このモデルの基礎となる排水変形モデルは、松岡らの複合滑動面の概念³⁾に基づき構成されており、三次元応力状態における変形は、図-1のように、3つの仮想的な二次元応力系それぞれで生ずるひずみの総和として与えられる。また各々の応力系に独立した降伏条件を導入することにより、三次元応力状態における異方的な降伏条件を実現している。本研究で使用する排水変形モデルは、基本的には既発表のものと同一であるが、実験結果に現れる除荷・再載荷時の体積減少⁴⁾を表現できるように、応力～ひずみ関係を修正している。即ち、以前のモデルは、各応力系の除荷・再載荷時の変形は線形弾性で、圧縮と伸張ひずみの絶対値が等しいと仮定していたのを、線形性はそのままに、圧縮ひずみが伸張ひずみより大きな絶対値となるよう両者で異なる係数を与えている。この修正により、図-2に例示した円形の応力経路に沿った試験の場合、2サイクル以降にも体積収縮が進行する過程をシミュレートできるようになった。

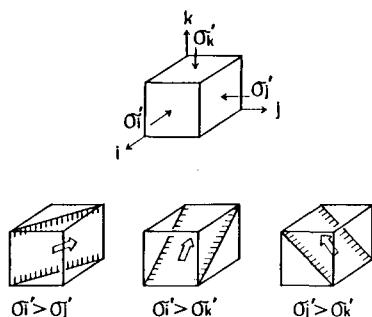


図-1 3つ仮想的なすべり面

3. 非排水変形モデル

非排水時の過剰間隙水圧を予測するには、排水状態と仮定した時に生ずる体積変化量を求め、圧密除荷時の体積膨張係数により水圧変化量に変換する方法がよく用いられている。この考え方を適用し、繰返し等方圧縮試験より定めた体積膨張係数を用いて間隙水圧の算定を試みたが、計算値は実測した水圧の値を大幅に上回る結果となった。実際現象では、せん断力の加わった状態で、体積変化を補償する間隙水圧変化が起こるのに対し、せん断力が負荷されていない等方圧縮試験から体積膨張係数の関数形を定めたことが、間隙水圧の過大評価につながったものと考えられる。種々の応力経路に沿った繰返し圧縮試験を実施した結果、せん断力の存在により体積膨張係数が低下する傾向は認められたものの、間隙水圧の過大評価を十分に改善するには至らなかった。

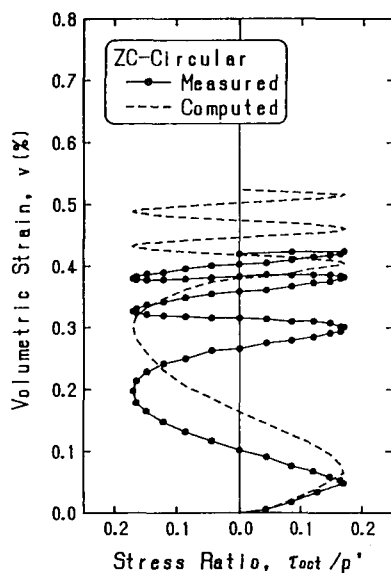


図-2 円形の応力経路に沿った排水繰返し載荷時の体積変化

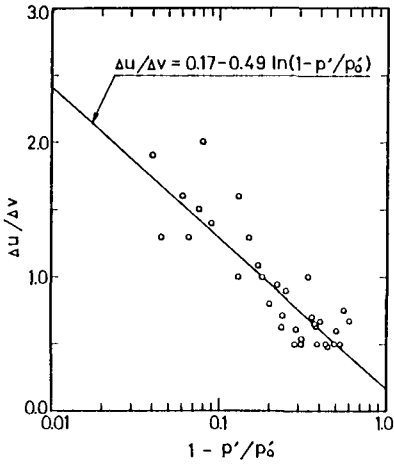


図-3 排水時の体積ひずみ増分と非排水時の間隙水压増加量の関係

そこで、排水時の体積変化と非排水時の間隙水压変化の関係を直接結び付けて検討してみた。図-3がその結果で、体積膨張係数に相当する間隙水压増分と体積ひずみ増分の比は、せん断開始時の平均有効主応力 p'_0 と、その時点での平均有効主応力 p' の比の関数で与えられる。この関数を用いて間隙水压を計算し、有効応力経路の形で計算値と実測値を比較した例を図-4に示す。図(a)は正八面体面上の2つの異なる三軸圧縮応力経路に沿う単調载荷試験、図(b)と(c)はせん断方向の変化する繰返し载荷試験、図(d)は円形応力経路に沿う载荷試験の結果を示しているが、間隙水压が増大した後の除荷時を除き、モデルは応力経路をよくシミュレートしていると言える。

4. むすび

複合滑動面の概念に基づく排水変形モデルを拡張し、三次元応力状態における砂の非排水変形を予測するモデルを作成したが、モデルによる計算値と実験値は比較的よい一致を示した。

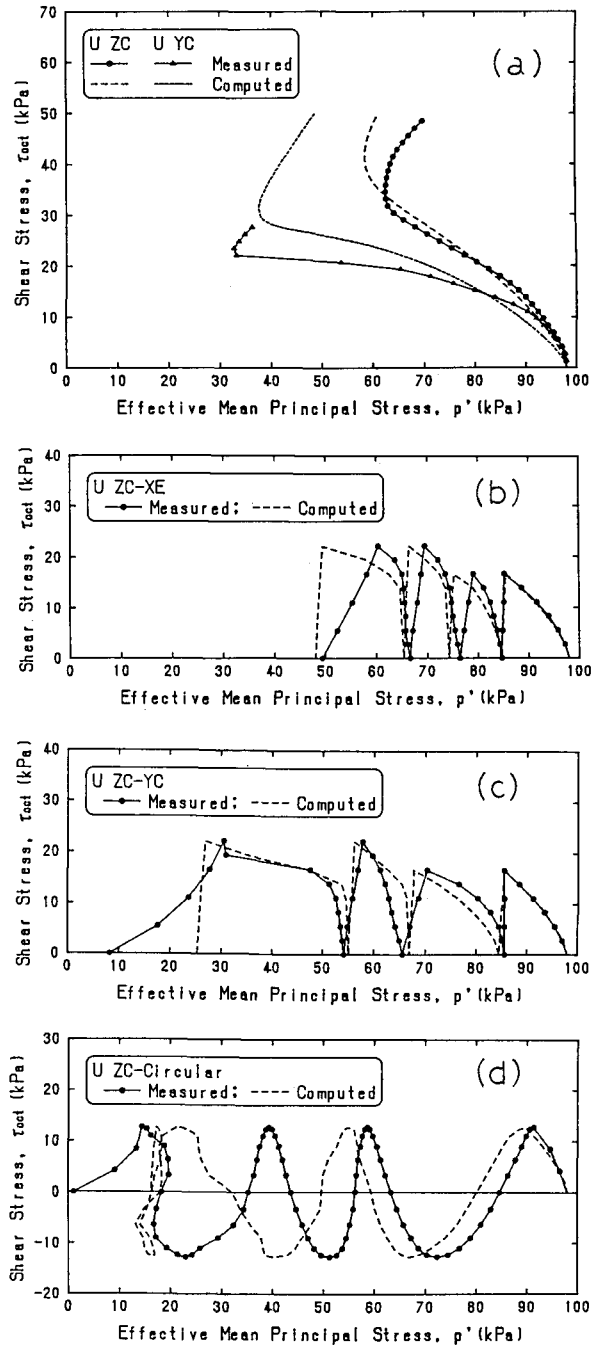


図-4 非排水試験時の有効応力経路の比較

<参考文献>

- 1) 山田・石原 (1980): 第15回土質工学研究発表会講演集, pp.357-360.
- 2) Yamada & Ishihara (1984): Deformation & Failure of Granular Materials, pp.331-342.
- 3) Matsuoka (1974): Soils & Foundations, Vol.14-2, pp.47-61.
- 4) Yamada & Ishihara (1981): Soils & foundations, Vol.21-1, pp.97-107.