

神戸大学大学院自然科学研究科
神戸大学大学院自然科学研究科
神戸大学工学部
東京工業大学理工学研究科

学生会員 ○ 橘 伸也
学生会員 大野 進太郎
正会員 飯塚 敦
正会員 小林 一三

1.研究概要 「関口・太田モデル」¹⁾は弾性領域内での塑性的な挙動を表現できなかった。これに対し本研究では「関口・太田モデル」に橘口が提案した下負荷面²⁾を導入し、その発展則に含まれる未知の材料パラメータ(以後フィッティングパラメータという)が、どのような影響を与えるのかを考察し、塑性指数を代表させた定量的な検討を行う。また下負荷面を導入した関口・太田モデルの弾性領域内での挙動、繰り返し載荷への適用性を調べる。

2.解析に用いる構成式 関口・太田モデルに下負荷面の概念を導入することにより、得られた応力-ひずみ関係を用いて解析を行う。導入の際用いた橘口の提案した正規降伏面と下負荷面との相似比 R 及びその発展則を次に示す。

$$R = \frac{p'_y}{\bar{p}'_y}$$

ただし、 p'_y : 正規降伏面の尖り点での有効応力、 $\bar{p}'_y$: 下負荷面の尖り点での有効応力

$$\dot{R} = -\frac{m}{D} \ln R \left\| \dot{\epsilon}^p_{ij} \right\|$$

m : フィッティングパラメータ、 D : ダイレイタンスー係数

- 3.構成式を用いたシミュレーション** 得られた応力-ひずみ関係を差分プログラム化し解析を行う。
- ①単純せん断試験シミュレーション** 境界条件を図-1 に示す。解析の対象は一要素、平面ひずみ条件であり与えるひずみは $\Delta\epsilon_{xy} = 0.125(\%)$ であり、それを 320 回与え、ひずみ $\epsilon_{xy} = 40(\%)$ となるまでせん断する。与えた初期応力は同一とし、過圧密状態から、せん断を開始する。
- ②非排水三軸圧縮試験シミュレーション** 境界条件を図-2 に示す。解析の対象は一要素、軸対称条件で与えるひずみは $\Delta\epsilon_y = 0.1(\%)$ 、 $\Delta\epsilon_x = \Delta\epsilon_z = -0.05(\%)$ であり、それを 200 回与える。初期応力は①と同様で過圧密状態である。
- ③繰り返し載荷シミュレーション** 境界条件を図-3 に示す。対象は一要素、軸対称条件で初期応力は $\sigma_{xi} = \sigma_{yi} = \sigma_{zi} = 1.0(\text{kg/cm}^2)$ とした。 $\Delta\epsilon_y = 0.1(\%)$ 、 $\Delta\epsilon_x = \Delta\epsilon_z = -0.05(\%)$ のひずみを任意の回数与え圧縮した後 $d\epsilon_y = -0.1(\%)$ 、 $d\epsilon_x = d\epsilon_z = 0.05(\%)$ のひずみを圧縮と同じ回数与え伸張し、これを繰り返す。

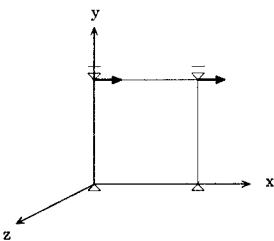


図-1
単純せん断試験シミュレーション図

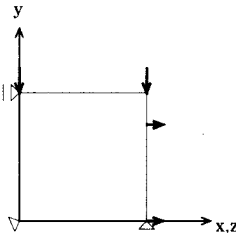


図-2
軸対称条件シミュレーション図

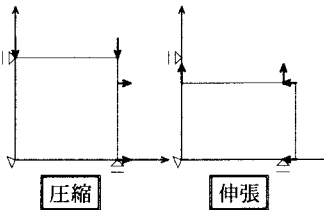


図-3
繰り返し載荷シミュレーション図

4.材料パラメータ

解析に用いた材料パラメータを表-1³⁾に示す。

表-1

	PI=20	PI=60	PI=40	PI=80
M	1.220	0.912	1.022	0.835
Λ	0.697	0.521	0.584	0.477
D	0.051	0.089	0.074	0.099
ν'	0.344	0.409	0.378	0.437
(K_0)	(0.524)	(0.692)	(0.608)	(0.776)
σ'_{yi} (kg/cm^2)	1.0	1.0	1.0	1.0

5.解析結果と考察 解析結果よりフィッティングパラメータと塑性指数との相関性を見出すことはできなかった。図-4に塑性指数 20、OCR2.0 の土の単純せん断試験シミュレーション結果を、図-5に塑性指数 20、OCR2.0 の土の非排水三軸圧縮試験シミュレーション結果を示す。どちらを見ても分かるように降伏するまでに、塑性的な挙動が確認される。また、フィッティングパラメータ m の値が大きくなるにつれ塑性的な挙動の度合いが弱まっていることも分かる。図-6に塑性指数 20、OCR5.0、 $m=0.1$ の土の繰り返し載荷シミュレーション結果を示す。

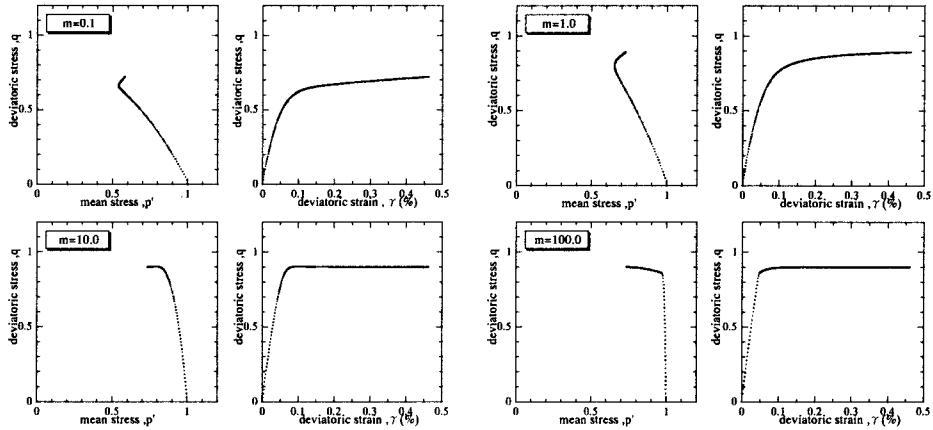


図-4 単純せん断試験シミュレーション結果 応力経路及び応力-ひずみ関係

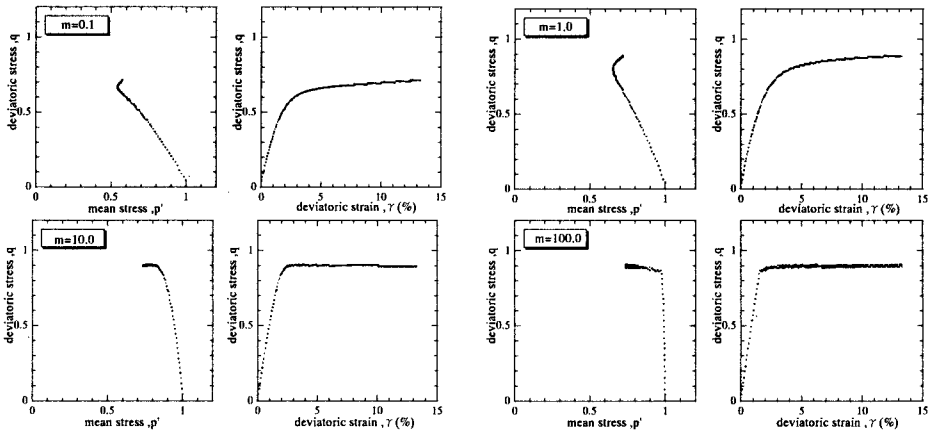


図-5 非排水三軸圧縮試験シミュレーション結果 応力経路及び応力-ひずみ関係

図-6 を見ると、除荷時と再載荷時で同じ経路を辿らず、下負荷面を導入することにより繰り返し載荷を表現できるようになることが分かる。

6.結論 下負荷面を導入した関口・太田モデルの弾性領域内での連続的な塑性体積ひずみの発現を確認することができた。これにより、過圧密状態にある土のせん断時の挙動をよりの確に表現することが可能となり、さらに繰り返し載荷にも適用できるようになった。しかし、フィッティングパラメータ m についてはその定量的な評価を行うことはできず、当面は解析対象の材料実験から最適な値を推定すると言う方法を取らざるを得ない。今後は下負荷面を導入した関口・太田モデルを有限要素プログラムに組み込み補強土の遠心実験や液状化等の解析を行う。

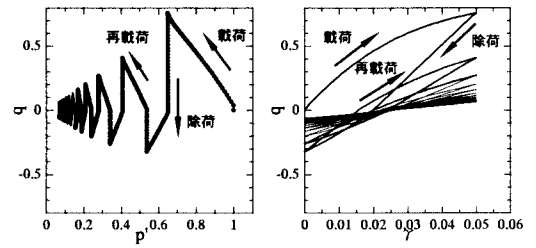


図-6 繰り返し載荷シミュレーション

(参考文献) 1)H.Ohta & H.Sekiguchi: Proc. Specialty Session 9, 9th Int. Conf. Soil Mech. & Foundation Engrg, Tokyo, pp475-484, 1977. 2)橋口公一, 上野正実, 陳忠平: 土木学会論文集, No.547/Ⅲ-36, pp127-144, 1996. 3)杉江茂彦: 金沢大学博士論文, p.86, 1993.