

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○尾崎 仁美

京都大学大学院工学研究科 正会員 足立 紀尚

大成建設(株) 正会員 小池 真史

1. はじめに

軟岩の特徴的な力学挙動の一つに、ひずみ軟化現象があるが、この現象は地盤の進行性破壊と密接な関係にあるといわれている。しかし、現在提案されている多くの構成モデルのうち、ひずみ軟化現象を表現できるものは少ない。そこで本研究では、その数少ないモデルの一つである足立・岡のひずみ軟化型弾塑性構成式¹⁾に基づき、ダイレタンシー挙動をより正確に記述できるようなモデルを誘導することを目的とし、その塑性ポテンシャル関数の改良を行う。さらに、堆積軟岩(田下石)を用いた排水・非排水定ひずみ速さ三軸圧縮試験結果との比較において、従来のモデル及び改良したモデルの軟岩への適用性を検討する。

2. 構成式の改良

塑性ポテンシャル関数 f_p の変化し得る限界を規定する過圧密境界面 f_0 を決定するパラメーターに、塑性ポテンシャルパラメーター σ_{mb} がある。なお、過圧密境界面とは、その内側では過圧密挙動を、外側では正規圧密挙動をするという境界を与えるものである。また、過圧密境界面 f_0 は以下の式で規定されている。

$$\bar{f}_b = \bar{\eta} + \bar{M}_m \ln [(\sigma_m + b)/(\sigma_{mb} + b)] = 0 \quad (1)$$

$$\bar{\eta} = (s_{ij}s_{ij}/(\sigma_m + b))^2)^{1/2} \quad (2)$$

b および $\bar{M}_m$ は材料定数である。

従来モデルでは、塑性ポテンシャルパラメーター σ_{mb} として等方圧密試験より求められる圧密降伏応力の値を用い、一定値としている。すなわち、過圧密境界面は移動しない。本研究で提案する改良モデルでは、内部構造の変化に対応して、過圧密境界面は移動する。すなわち、 σ_{mb} の値が塑性体積ひずみの値に応じて変化する。以下にその変化のしかたを規定する。

排水・非排水の両試験において、塑性体積ひずみが発生するが、塑性体積ひずみが発生するということは、供試体の内部構造に変化が生じたものと考えられる。そこで、その変化を反映させ、 σ_{mb} の値を塑性体積ひずみの値に応じて増加・減少するものとした(Fig.1)。それは等方圧密曲線($v-\ln \sigma_m$ 関係)に対応して変化するものとし、以下のように表すことができる。

$$\sigma_{mb} = \sigma_{mb0} \exp \left(\frac{v^p}{\lambda_v - \kappa_v} \right) \quad (3)$$

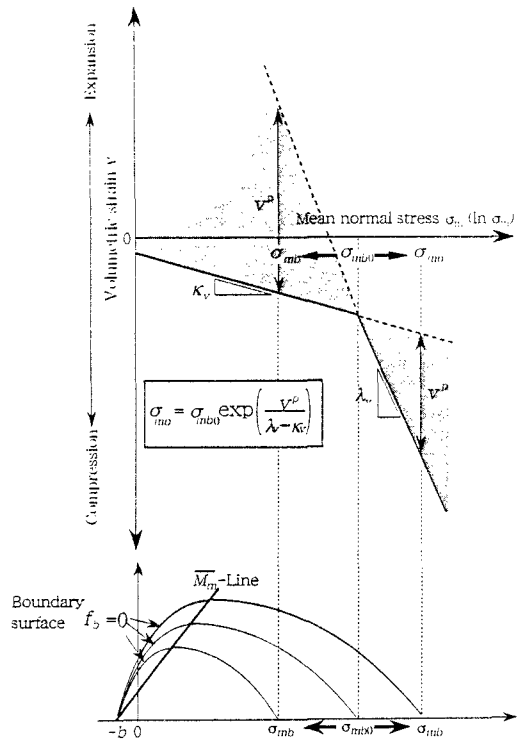


Fig.1 σ_{mb} の変化

Hitomi OSAKI (Kyoto Univ.), Toshihisa ADACHI (Kyoto Univ.)
and Masashi KOIKE (Taisei Corp.)

ここで、 σ_{mb0} は σ_{mb} の初期値であり、圧密降伏応力に相当する値とし、 λ_v および κ_v はそれぞれ等方圧密曲線($v-\ln\sigma_m$ 曲線)の正規圧密領域・過圧密領域における接線勾配であり、 v^p は塑性体積ひずみである。Fig.1に示すように、圧密降伏応力に対応する体積ひずみの値を境に、塑性体積ひずみが増加すれば σ_{mb} の値は増加し、減少すれば σ_{mb} の値は減少する。

3.適用性の検討

従来モデルと改良モデルの双方を用いて、排水・非排水定ひずみ速さ三軸圧縮試験のシミュレーションを行い、その適用性を検討した。使用した材料定数(田下石)をTable1に示す。また、計算結果を実験結果とともにFig.2に示す。(従来のモデルをOriginal theory、改良されたモデルをModified theoryで示す。)

排水試験における偏差応力-偏差ひずみ関係は、従来のモデルと改良されたモデルとで全く同様の結果が得られた。計算結果と実験結果を比較すると、最大強度および残留強度に関してはほぼ正確に表現されている。また、体積ひずみに関しては、従来モデルでは残留状態において膨張側に過大評価される傾向にあり、改良モデルでも過大評価されていることには変わりはない。しかし、その程度は小さくなり、その値の増分量がうまく表されるようになった。

非排水試験における偏差応力-偏差ひずみ関係は、従来モデルで表現できなかった残留強度は改良モデルでも表現できていないが、従来のモデルよりは実験値に近づいている。また、間隙水圧の挙動に関しては、従来モデルでは負の間隙水圧の部分が過大評価される傾向にある。改良モデルでも過大評価される傾向にあるが、その程度は小さくなっている。しかし、初期の正の間隙水圧が急激に増加してしまうという欠点は全く改善されていない。

4.結論

足立・岡のひずみ軟化型弾塑性方程式において、過圧密境界面が移動すると仮定し、塑性ポテンシャルパラメータ σ_{mb} を塑性体積ひずみの値に応じて変化するとして新たに規定した。その結果、排水試験における体積ひずみの値の変化および非排水試験における間隙水圧の挙動の表現が改善された。

Table 1 使用した材料定数(田下石)

Test No.	CD1	CU1
$G(\text{kgf/cm}^2)$	4848.3	3975.0
G'	1568.0	2902.5
$K(\text{kgf/cm}^2)$	4244.3	4244.3
M_r^*	1.86	1.74
$b(\text{kgf/cm}^2)$	7.19	
$\sigma_{mb0}(\text{kgf/cm}^2)$	160	
κ_v	0.0070	
λ_v	0.044	
M_m	1.81	
τ	0.14	0.25

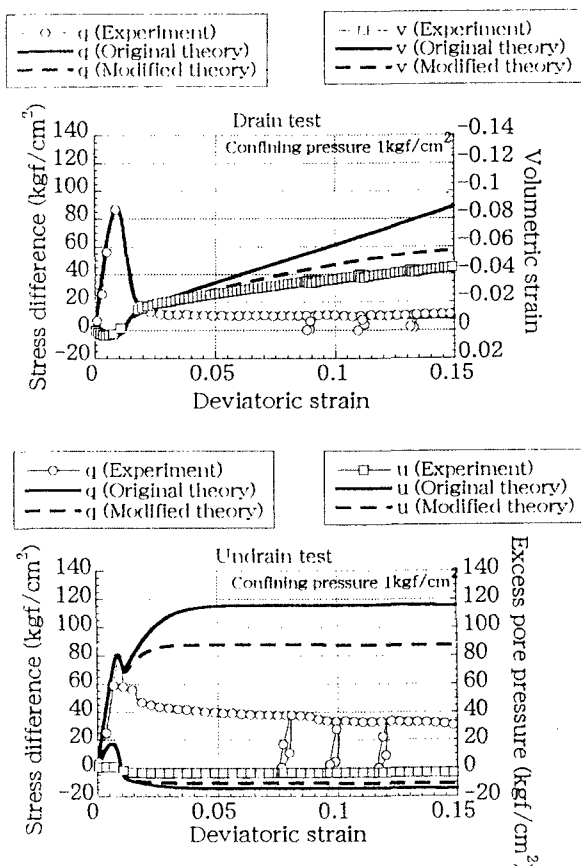


Fig.2 実験結果と計算結果の比較

参考文献 1)足立 紀尚・岡 二三生：軟岩のひずみ軟化型弾塑性構成式,土木学会論文報告集,第445号, pp.9-16,1992.