

粘性土のひずみの局所化に関する数値解析

○ 名古屋工業大学大学院 西田 和 宏
 名古屋工業大学 正会員 中井 照 夫
 名古屋工業大学大学院 E.Q.Chowdhury
 名古屋工業大学 山 口 大 介

1. はじめに

粘性土の三軸試験を行うと、ひずみの進行に伴って供試体は徐々に一様性を失い、やがては破壊に達する。つまり材料が破壊するという現象は供試体の非一様な変形を伴い、現象的には要素試験としては表現できない。もし端面に摩擦力の働かない理想的な供試体（以下、理想体）ならば図1の様な変形をし、このような破壊現象を説明することができない。そこで本研究では、粘性土の要素試験において局所的に発生する破壊現象は、供試体に働く端面の摩擦に起因すると考え、平面ひずみ試験を境界値問題としてシミュレーションし、微小変形理論に基づき水～土連成有限要素解析を行い検討する。

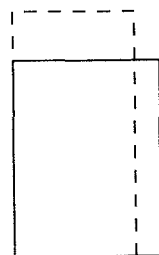


図1 理想体の変形図

2. 解析に用いた等方硬化型 t_{ij} -clay model の概要

等方硬化型弾塑性構成式 t_{ij} -clay model の降伏関数 f 、塑性ポテンシャル g は (1) 式、ひずみ増分はそれぞれ (2)、(3)、(4) 式で表される。

$$g = f = \frac{\lambda - \kappa}{1 + e_0} \left\{ \ln \frac{t_N}{t_{N0}} + \frac{-\alpha}{1 - \alpha} \ln \left[1 - (1 - \alpha) \frac{X}{M^*} \right] \right\} - \varepsilon_v^p \quad \dots\dots (1)$$

$$d\varepsilon_{ij} = d\varepsilon_{ij}^e + d\varepsilon_{ij}^p \quad \dots\dots (2)$$

$$d\varepsilon_{ij}^e = \frac{1 + \nu_e}{E_e} dt_{ij} - \frac{\nu_e}{E_e} dt_{kk} \delta_{ij}, E_e = \frac{3(1 - 2\nu_e)(1 + e_0)}{\kappa} t_N \quad \dots\dots (3)$$

$$d\varepsilon_{ij}^p = \Lambda \frac{\partial g}{\partial \sigma_{ij}} = \frac{\frac{\partial f}{\partial \sigma_{ij}} d\sigma_{ij}}{\frac{\partial g}{\partial \sigma_{kk}}} \frac{\partial g}{\partial \sigma_{ij}} \quad \dots\dots (4)$$

$\lambda/(1+e_0)$	5.08×10^{-2}
$\kappa/(1+e_0)$	1.12×10^{-2}
ϕ	33.7°
α	0.7
ν_e	0.2
k	$1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/min.}$

表1 材料定数

3. 平面ひずみ試験シミュレーション

解析には4個のCST要素を合成した四角形要素を用い、要素数は $10 \times 20 = 200$ 個、供試体は上下左右の対称性を考慮し、図2のような1/4断面を考えた。このような供試体に対して、初期応力 $p = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ の等方状態から、上端面のX軸方向を完全固定し（摩擦角 $= 90^\circ$ ）、Y軸圧縮・伸張両方向に強制変位を与えた。軸ひずみ速度は $\dot{\varepsilon}_a = 0.001\%/min.$ と、各要素完全非排水条件にあたる $\dot{\varepsilon}_a = \infty$ で、境界非排水試験をシミュレーションした。解析に用いた土質パラメータを表1に示す。

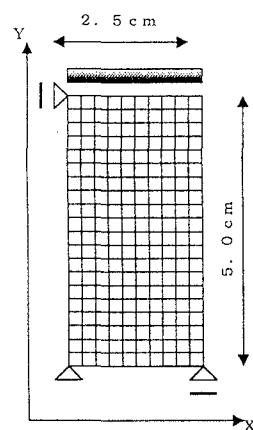


図2 メッシュ図

4. 解析結果

平面ひずみ条件下の圧縮・伸張試験におけるマスとしての応力～ひずみ関係を図3、4、図5、6、7、8には $\dot{\epsilon}_a = 0.001\%/min.$ 、 $\dot{\epsilon}_a = \infty$ における変形図を示す。図3、4では、実線が一要素理想体の基本経路、○は $\dot{\epsilon}_a = 0.001\%/min.$ 、●は $\dot{\epsilon}_a = \infty$ を表す。図3、4では $\dot{\epsilon}_a = 0.001\%/min.$ 、 $\dot{\epsilon}_a = \infty$ のときの軸差応力がピークに達する前に基本経路から分岐している。これは端面に摩擦力が働き、主応力方向の回転に伴い軸差応力が減少するためであると考えられる。次に変形形状について、水～土連成解析した図5、6を見ると、各要素で体積変化を許すため要素どうして水のやりとりがあり、滑らかな変形をしていることがわかる。図7、8に示す各要素体積一定条件下では、軸差応力が一定になった後、徐々に局所的にひずみが集中して行き、せん断帯の生成していく様子が表れている。以上の計算結果から(1)微小変形理論(2)水～土連成解析を用いない各要素完全非排水、の二つの条件でもせん断帯の生成する様子が表現できた。

