

III-70

飽和粘土の勾配依存型弾粘塑性構成式

岐阜大学工学部 岡 二三生

同 八嶋 厚

東亜建設工業 八川 勝志

1. まえがき

地盤材料の変形は破壊に近づくとき局所化することが知られており、その解析法も種々考えられてきている¹⁾。しかしながら、それらの多くはひずみ速度非依存型の構成式に体するものがほとんどであった。本報告においては粘土の弾粘塑性構成式を用いた変形の局所化解析法として、Aifantis²⁾らの提唱する勾配依存型構成式を用いた方法を提案し、未だ試みられていない有限要素解析法への適用を報告するものである。

2. 勾配依存弾粘塑性構成式

変形の局所化に関して幾つかの方法が提案されている。速度非依存型の構成式に関しては分岐の必要条件が求められている。一方、Aifantis²⁾はひずみの勾配を導入した構成式を用いて、この問題を取り扱っている。ひずみの勾配を構成式の中に導入する目的は、実際に対象とする材料の力学的な性質は材料のある一点における変形や応力の履歴のみでなく、周辺の材料の履歴の影響を受けることを表現するためである。言い換えれば局所的な内部変数のみでは構成式として限界があるということである。ただし、全ひずみの勾配をとることは境界条件の設定を困難なものにするため、ここでは塑性ひずみの空間勾配を考慮した構成式を導くとともに、この種の構成式の問題点であった境界条件について考察する。

まず、基礎となる構成式として、足立・岡・三村による等方硬化型弾粘塑性構成式³⁾を用いる。

$$\dot{\epsilon}_{ij}^{vp} = \langle \Phi(F) \rangle \frac{\partial f_p}{\partial \sigma_{ij}} \quad (1)$$

$$\text{ここで、} \Phi(F) = C \exp \left\{ m' (\sqrt{2} J_2 / \sigma_m' + M \cdot \ln(\sigma_m' / \sigma_{m0}')) - \frac{1+e}{\lambda-\kappa} v_p - g(v_p) - \alpha \nabla^2 v_p \right\} \quad (2)$$

ここで、 Φ_2 は第二材料関数、 $\dot{\epsilon}_{ij}^{vp}$ は粘塑性ひずみ速度テンソル、 v_p は塑性体積ひずみ、 σ_{ij} は有効応力テンソル、 σ_m' は平均有効応力、 J_2 は偏差応力の第二不変量、 e は間隙比、 λ は圧縮指数、 κ は膨潤指数、 m' 、 c は粘塑性パラメーター、 α は勾配依存パラメーター

である。すでに報告したように、 α の符号は線形安定解析より正である必要がある⁴⁾。

3. 有限要素法への適用と境界条件

高階のひずみ勾配に依存した構成式を用いる場合、ひずみの勾配の境界条件の設定が問題となる。これまでの議論ではその点が明確ではなく残された問題となっている。ここでは、仮想仕事の原理の他に、動的な降伏局面を弱形式で定義することにする。この場合、体積塑性ひずみの勾配に対する flux を内部構造変化の flux として導入する。弱形式は次のようにかける。

$$\int_V (f - a_1 v_p - \alpha \nabla^2 v_p) \delta v_p dv + \int_S (\tilde{q} - \nabla_n v_p) \delta v_p n ds = 0 \quad (3)$$

ここで、 δv_p は仮想変位に対する塑性体積ひずみ、 $\tilde{q}$ は内部構造変化のフラックスベクトル、 n は単位法線ベクトルである。境界 s では $\tilde{q}$ が規定される。

4. 解析例 ここで提案した方法をすでに報告している⁵⁾軟弱鋭敏粘土地盤の変形問題に適用してみた。この例では、地盤の表層部は弾性体としているため $\tilde{q} = 0$ 、また他の変位を拘束した境界では $\tilde{q} = 0$ とした。なぜなら、材料の内部構造の変化のフラックスがこのような境界では0と考えられるからである。下図に示すように、 $\alpha = 0$ の場合（図-1）と $\alpha \neq 0$ （図-2）の場合を比べると、勾配を考慮した方が盛土建設終了後の間隙水圧の減少量が小さく、よりデーターの傾向を説明している。

5. 参考文献 1)例えば、岡、龍岡、市川、土と基礎、38-2, pp.115-120. 2)Aifantis, E.C., ASME, J.Engng.Mater., Tech.106, 326-330. 3)Adachi, T., F.Oka & M.Mimura, S. & F., 27,3, pp.31-42. 4)岡他、弾粘塑性構成式の定式化について、平成2年度年土質工学会研究発表会。5)岡、野々山、第22回土質工学研究発表会、昭和62, 3 91. pp.1027-1028.

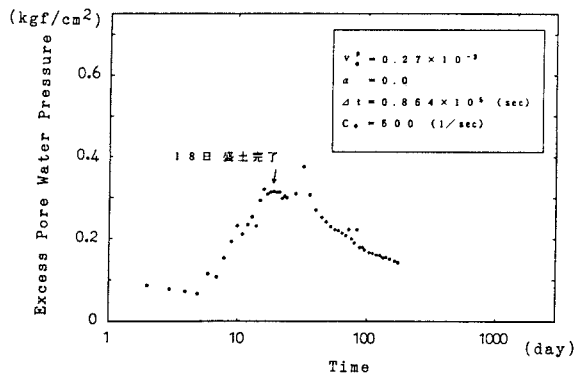


図 - 1

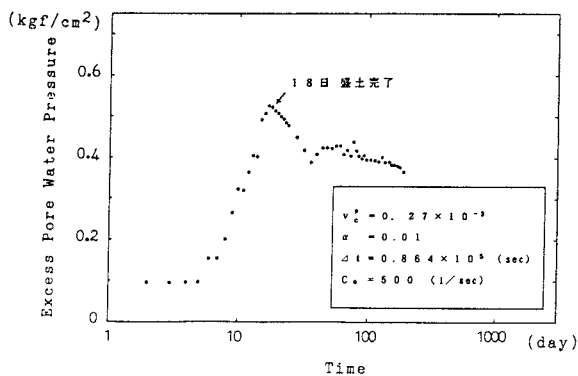


図 - 2