地盤の動的解析法の高度化

岡　二三生*・木元小百合**

1.　研究の目的

多相系地盤の動的解析に用いる応力として水で飽和した地盤材料にはTerzaghiの有効応力やBiot係数を含む有効応力が用いられている.一方,不飽和土にはネット応力,一般化Bishop応力や骨格応力などが使用されている.、有効応力と骨格応力の統一的な誘導を行い、サクションー飽和度関係も導く。

2.　研究の方法

本報告では，Biotの2相系の理論[2)]と3相系に拡張した理論を用いて，多相多孔質モデルでのBiot係数を含む有効応力，骨格応力の定式化をおこなった。ここでは簡単のため線形化弾性モデルについて取り扱うが非弾性体についても適用できる.

3.　得られた成果

固体—液体—気体3相系多孔質モデル[1, 2)]

固体(s)，液体(f)，気体(g)の3相系で，$\varepsilon^{(i)}(i=s,f,g)$ は各相の体積ひずみ、骨格と液体、

骨格と気体，液体と気体の相互作用のパラメータ　α_c,α_d,h_c を用いると，

$$d\sigma^{(s)}=\alpha_b d\varepsilon^{(s)}+\alpha_c d\varepsilon^{(f)}+\alpha_d d\varepsilon^{(g)},\ d\sigma^{(f)}=\alpha_c d\varepsilon^{(s)}+k_c d\varepsilon^{(f)}+h_c d\varepsilon^{(g)},\quad d\sigma^{(g)}=\alpha_d d\varepsilon^{(s)}+h_c d\varepsilon^{(f)}+k_d d\varepsilon^{(g)} \tag{1}$$

浸水試験と浸気試験，排水試験から，物理パラメータとの関係が得られる.

$$A_1=\alpha_b-\frac{\alpha_c(\alpha_c k_d-\alpha_d h_c)+\alpha_d(\alpha_d k_c-\alpha_c h_c)}{k_c k_d-h_c^2},B_1=\frac{\alpha_c k_d-\alpha_d h_c}{k_c k_d-h_c^2},\ C_1=\frac{\alpha_d k_c-\alpha_c h_c}{k_c k_d-h_c^2}$$

$$C_s=C_b\left((1-n)-B_1 n\right),C_w=\left(-\frac{B_1}{A_1}(1-n)+\left(\frac{k_d}{k_c k_d-h_c^2}+\frac{B_1^2}{A_1}\right)n\right),\ C_a=\left(-\frac{C_1}{A_1}(1-n)+\left(\frac{k_d}{k_c k_d-h_c^2}+\frac{C_1^2}{A_1}\right)n\right) \tag{2}$$

ここで，C_b,C_s,C_w,C_a ,n は骨格，土粒子，水と空気の圧縮性、間隙率である.

不飽和土では，分応力は次式で与えられるから，飽和度をSrとすると、

$$d\sigma^{(f)}=S_r n du_w\ ,\ \ d\sigma^{(g)}=(1-S_r)n du_a, \tag{3}$$

全応力増分は，

*京都大学・名誉教授，**同・准教授

$$d\sigma = d\sigma^{(s)} + d\sigma^{(f)} + d\sigma^{(g)} = \frac{1}{C_b} d\varepsilon^{(s)} + B_1 S_r ndu_w + C_1(1-S_r)ndu_a + S_r ndu_w + (1-S_r)ndu_a$$
$$= \frac{1}{C_b} d\varepsilon^{(s)} + \left(1-\frac{C_s}{C_b}\right)(S_r du_w + (1-S_r)du_a) = \frac{1}{C_b} d\varepsilon^{(s)} + \left(1-\frac{C_s}{C_b}\right) dP_f \tag{4}$$

ここで，dP_f は平均間隙圧増分である．σ' を骨格応力とするとBiot 係数を含む骨格応力（skeleton stress）増分が求められる．

$$d\sigma' = d\sigma - \left(1-\frac{C_s}{C_b}\right) dP^f = \frac{1}{C_b} d\varepsilon^{(s)} \tag{5}$$

その他，本定式化から具体的なサクション－飽和度関係が導かれる．

同様な方法で水—固体 2 相系多孔質体についても有効応力が導かれる。

発 表 論 文

1）岡　二三生、木元小百合、多相多孔質体モデルの定式化について、土木学会第 73 回年次学術講演会(平成 30 年 8 月)講演概要集,III−103,205−206,2018

2)Fusao Oka and Sayuri Kimoto,On the Formulation of Multiphase Porous　Geomaterials,　Desiderata Geotechnica, W. Wu ed.,SSGG,Springer Nature Switzerland AG 2019,pp.143-146,2019.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-14987-1_17

参 考 文 献

1) Kimoto, S, Oka, F, Morimoto, Y. 2017, Int. J. Num. Anal. Meth. Geomech., **41**,1184-1907. 2) Biot, M.A. and Willis, D.G., 1957, *J. Appl. Mechanics*:594-601. 3) Nagumo, S., 1965, Bulletin of the Earthquake Research Institute at the University of Tokyo, **43**:317-338. 4)Ishihara, K. 1970, *S&F*, **10**(4):10-38. 5)Oka, F. 1996, *Mechanics of Cohesive-Frictional Materials*, **1**(2): 219-234.