

粘着モデルにおける粒子接点角 β に関する一考察

鹿児島大学院 学生会員 ○宇都遼太郎
 鹿児島大学院 正会員 酒匂一成

1.はじめに

著者らは、降雨時の表層すべり型崩壊の安定性を評価するため、不飽和土中の浸透力¹⁾や飽和度と見かけの粘着成分の関係に関する数値力学モデル(以降、粘着モデルと称す)の提案²⁾を行ってきた。

本論文では、粘着モデルにおける接点角 β の影響について考察を行う。

2.粘着モデルの概要

まず、見かけの粘着成分 c を式(1)のように分類する。

$$c = c_1 + c' \tag{1}$$

ここに、 c_1 : 飽和度に起因する成分、 c' : 飽和度以外の固結力などに起因する成分。

Sako³⁾らは飽和度に起因する見かけの粘着成分 c_1 について式(2)に示すような粘着モデルを提案した。

$$c_1 = \frac{\pi}{4 \cdot (\pi - 2)} \cdot \bar{F}_i \cdot N_c \cdot \tan \phi \tag{2}$$

ここに、 \bar{F}_i : 粒子接触面に垂直に働くサクシヨンに起因する粒子間力、 N_c : 単位体積当たりの粒子接点数、 ϕ : 内部摩擦角。また、式(2)は土粒子の接点角の分布が五角形と仮定して算定されたものである。

なお、サクシヨンに起因する粒子間力は、次式で表される。

$$F_i = 2 \cdot \pi \cdot r' \cdot T_s + \pi \cdot r'^2 \cdot s_u \tag{3}$$

ここに、 r' : メニスカス曲率半径、 T_s : 表面張力、 s_u : サクシヨン。

3.粘着モデルにおける接点角 β の影響

図1に示すように、接点角 β は鉛直方向と土粒子間の中心を結ぶ線とのなす角である。粒子接点にはサクシヨンに起因する粒子間力 F_i が作用している。粒子上に複数の粒子接点があると考えられ、その粒子接点角はそれぞれ異なっていると考えられる。

ここで、単位面積当たりの粒子接点数 N_c は、次式で表される。

$$N_c = \frac{C_a}{2} \cdot N_p = \frac{C_a}{2} \cdot \frac{1}{1+e} \cdot \frac{3}{2 \cdot \pi \cdot r^2} \tag{4}$$

ここに、 C_a : 1粒子あたりの接点数、 N_p : 単位面積あたりの粒子数、 r : 土粒子半径。

また、Field⁴⁾の実験式³⁾より式(5)が与えられる。

$$C_a = \frac{12}{1+e} \tag{5}$$

ここに、 e : 間隙比。

ここで、図2中に示す入力パラメータによると間隙比は $e=1.16$ であるから、1粒子あたりの粒子接点数は6となるがその半分の3つの接点で検討を行う。

図1中の関係より式(7)、(8)が得られる。

$$c_1 = (F_i + 2 \cdot F_i \cdot \cos \beta_i) \cdot N_p \cdot \tan \phi \tag{7}$$

$$\beta = 90^\circ - \theta \tag{8}$$

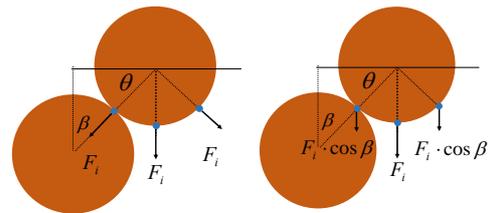
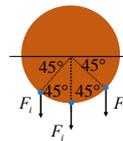


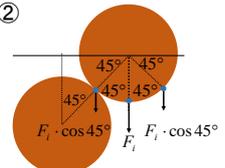
図1 接点角 β と粒子間力 F_i

試料	松元シラス
土粒子密度	2.4 g/cm ³
間隙比	1.16
見かけの粘着力	11.0 kPa
内部摩擦角	36.0°

検討①



検討②



検討③

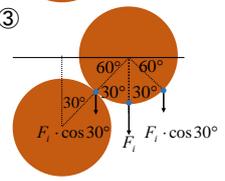


図2 各検討と試料条件

4.計算結果と考察

本論文では、図2の条件の下、1)接点が等分布で、粒子接点に対して、すべて鉛直下向きに F_i が作用している場合(検討①)、2)接点が等分布の場合(検討②)、3)接点が中心よりの場合(検討③)について考察を行う。検討①と検討②では、 $\theta = 45^\circ$ $\beta = 45^\circ$ の条件で、検討③では、 $\theta = 60^\circ$ $\beta = 30^\circ$ の条件で、計算を行った。

横軸に飽和度を、縦軸に c_1 の変化量を取って、各計算結果を図3に検討①を、図4に検討②を、図5に検討③を、図6に各検討の結果を示し、比較を行った。また、今回は飽和状態($S_r = 100\%$)において c_1 の増加量が0として計算を行った。

検討①では、すべて鉛直下向きに F_i が作用していると想定しているため、 c_1 の増加量が最大で2.0kPaと求まった。また、検討②と検討③の結果より接点角 β の変化によって c_1 の増加量に影響を与えることを示した。図6の各検討のグラフの比較を行うことで、接点角 β でそれぞれのグラフの傾きが変化することが示せた。

5.おわりに

本論文では、見かけの粘着成分の水分依存性について検討を行い、 c_1 の変化量に接点角 β が影響を与えることがわかった。今後の展望としては、粘着モデルの妥当性の検討および、式の改良を行う。

参考文献 : 1) K. Sako, M. Tabata, R. Kitamura, M.Niisaka: Slope stability analysis by considering unsaturated seepage force in unsaturated slope, Proc. of the sixth International Conference on Unsaturated Soils (UNSAT 2014),pp.1279-1285,2014.

2)K.Sako, R.Kitamura, M.Yamada:A consideration on effective cohesion of unsaturated sandy soil, Proc. of the 4th International Conference on Micromechanics of Granular Media, Powders and Grains 2001,pp.39-42,2001.

3)Field, W, G. : Towards the Statistical Deformation of a Granular Mass, Proc.4th A. and N. Z. Conf. SMFE,pp.143-148,1963

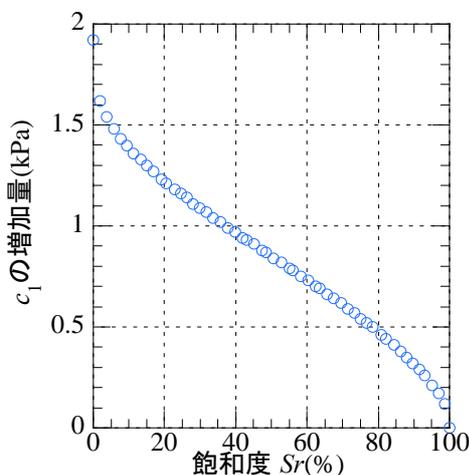


図3 飽和度と c_1 の増加量(検討①)

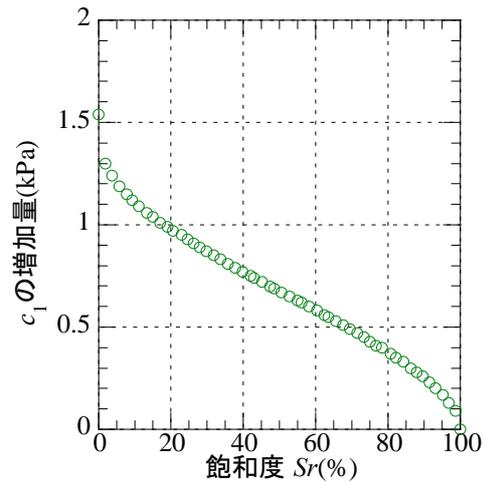


図4 飽和度と c_1 の増加量(検討②)

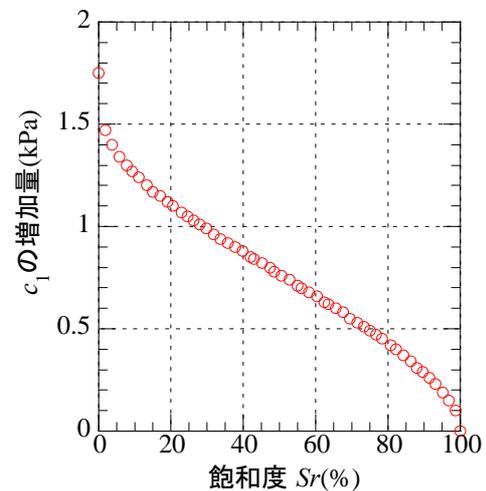


図5 飽和度と c_1 の増加量(検討③)

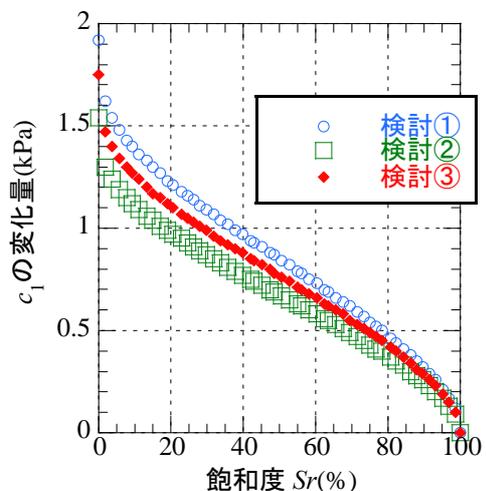


図6 飽和度と c_1 の増加量(比較)