

大阪大学工学部 正員 〇松井 保
同 同 阿倍 信晴

1)2)3)

目的および方針——筆者らは、いままで土粒子間結合に着目して、飽和粘土のせん断抵抗力発生機構の一般的概念を得、摩擦の凝着理論を土粒子接合に適用することによって、飽和粘土のせん断パラメーター、すなわち内部摩擦角と粘着力の微視的意味を物性論的に明らかにしてきた。そこで、この概念を発展させ、土の力学的挙動の統一的な普遍的概念を得ることを目的として、以下の考えに基いて考察する。すなわち、粒子の集合として構成される土のせん断抵抗力発生の基本的な機構は、粘土と砂、飽和土と不飽和土、正規圧密土と過圧密土などの相違や電気的な力が作用するかどうかにかかわらず、近接した土粒子間に作用する力に基づくものである。言い換えるれば、その機構は近接した土粒子接合のせん断面に垂直に作用する垂直力に起因する土粒子間摩擦力である。一般に、2物体間に発生する摩擦力の物性論的な機構は主として2物体の凝着、すなわち原子的な付着である。そこで、この摩擦の凝着理論を土粒子接合に適用することによって、土のせん断抵抗力の発生機構の統一的な概念が物性論的に明確にされると考える。

土のせん断強度の微視的意味——せん断時の土要素を考える。この要素を微視的にみて、単位面積当りの土粒子接合数を S_s 、1接合に作用する垂直力を P 、 P のうち土要素に外的に作用する力によるものを P_{ext} 、土粒子間の内的な相互作用によるものを P_{int} 、1接合の土粒子間の接触面積を A_c 、 A_c のうち P_{ext} に起因するものを A_{cent} 、 P_{int} に起因するものを A_{cint} 、土粒子の降伏応力を σ_y 、単位面積当りの流動単位数（原子的な結合数）を S と単位面積当りの接触面積の比例係数を χ^* 、土要素のせん断強度を τ_f 、破壊時に流動単位に作用するせん断力を f_f とする。まず、定義より、

$$P = P_{ext} + P_{int} \quad (1), \quad A_c = A_{cent} + A_{cint} \quad (2).$$

摩擦の凝着理論にしたがえば、 $P = \sigma_y A_c \quad (3), \quad P_{ext} = \sigma_y A_{cent} \quad (4), \quad P_{int} = \sigma_y A_{cint} \quad (5).$

原子的な結合数 S が接触面積に比例すると仮定すると、 $S = \chi^* S_s A_c \quad (6).$

いままでに明らかにされた実験事実として、 $\tau_f = f_f S \quad (7).$

式(6)を式(7)に代入すれば、 $\tau_f = \chi^* f_f S_s A_c \quad (8).$

式(2)、(4)、(5)を式(8)に代入すれば、 $\tau_f = (\chi^* f_f / \sigma_y) \cdot S_s (P_{ext} + P_{int}) \quad (9).$

式(9)の意味することは、土のせん断強度は単位面積当りの土粒子の接合に作用する垂直力に比例するというものである。なぜなら、式(9)において $(\chi^* f_f / \sigma_y)$ はほぼ一定と考えられるからである。

土粒子接合に作用する垂直力に影響する要因——土粒子接合に作用する垂直力 P は P_{ext} と P_{int} の和である。

まず、 P_{ext} の要因として、土要素に作用する平均全応力 σ_m および土要素中の平均間隙水圧 u_m が考えられる。また、 P_{int} の要因として、ダイレイタンスに起因するもの P_D 、過圧密状態のような応力履歴によるもの P_H 、van der Waals 力のような電気的な粒子間引力によるもの P_A 、Coulomb 力のような電気的な斥力によるもの P_R 、不飽和土の場合のサクションによるもの P_S 、セメンテーションによるもの P_C などが考えられる。すなわち、

$$P_{ext} = (\sigma_m - u_m) S_s = \sigma'_m / S_s \quad (10), \quad P_{int} = P_D + P_H + P_A + P_R + P_S + P_C \quad (11).$$

式(10)、(11)を式(9)に代入すると、 $\tau_f = (\chi^* f_f / \sigma_y) \cdot (\sigma'_m + S_s P_{int}) = (\chi^* f_f / \sigma_y) \sigma'_m + \chi^* f_f S_s A_{cint} \quad (12).$

式(12)は、 τ_f と σ'_m の線形関係を示しており、一般に土の内部摩擦角および粘着力の微視的意味を物性論的に明らかにしている。また、内部摩擦角によるせん断成分は外的に作用する力による P_{ext} に起因し、粘着力によるせん断成分は内的な相互作用による P_{int} に起因するものであることを示している。

1) 伊藤富雄・松井 保：粘土の流動機構に関する研究，土木学会論文報告集，第236号（1975）

参考文献 2) 松井 保・伊藤富雄：粘土・水素の統一的な流動機構に関する基礎的研究，土木学会論文報告集，第242（1975）

3) 伊藤・松井・伴野：粘土の粒子間結合に関する考察，第30回土木学会年次学術講演会，Ⅲ（1975）