

正規圧密された中間土のせん断強度の算定

福岡大学 工学部 正〇大嶺 聖 正 吉田 信夫

九州大学 工学部 正 落合 英俊

1. まえがき

著者らは、これまで中間土の強度特性について有効応力の立場から考察してきた。しかしながら、非排水状態においてせん断応力がピークを示した後も間隙水圧が増加する場合には、最大主応力差 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ と最大主応力比 $(\sigma_1 / \sigma_3)_{\max}$ のいずれかで破壊を定義するかによってせん断強度が異なってくる。そのため、中間土の強度特性を評価するためには、このような特性についても明らかにする必要がある。本報告は、有効応力経路の考察をもとに正規圧密された中間土のせん断強度を算定する手法を示し、非排水三軸圧縮試験の結果との比較により、その適用性について検討したものである。

2. 中間土のせん断強度の算定

正規圧密された中間土のせん断特性は、細粒分含有率の減少にともない次第にゆる詰め状態にある砂のみの特性へと近づいていく。したがって、粗粒分の卓越する中間土の有効応力経路は、軸差応力がピークを示した後も平均有効主応力がかなり減少する。図-1は、このような中間土の有効応力経路を示したものである。このときの平均有効主応力の減少の度合いを評価するために、次のパラメータを導入する。

$$a = p_a / p_0 \quad (1)$$

ここで、 p_0 および p_a はそれぞれせん断初期および最終状態の平均有効主応力である。この係数 a および限界状態の応力比 M と非排水せん断強度の関係について考察する。

これまで中間土の応力増分-ひずみ増分関係式¹⁾について検討してきたが、この関係式において非排水条件、すなわち、体積ひずみ増分 $dv=0$ となる応力条件は、次式で与えられる。

$$\frac{dp}{p} + \frac{k(1+e)}{\kappa} \frac{q}{p} d(q/p) = 0 \quad (2)$$

ここで、 k ：限界状態の応力比の1/2の点における応力比-せん断ひずみ関係の接線勾配の逆数、

κ ：膨潤指数、 e ：間隙比

上式を $p = p_0$ のとき $q=0$ という初期条件のもとで解くと、有効応力経路は次のように表される。

$$q = p \left\{ -\frac{2}{k} \frac{\kappa}{1+e} \ln \left[\frac{p}{p_0} \right] \right\}^{1/2} \quad (3)$$

このとき、限界状態(点A)における応力条件； $q = q_a$ 、 $p = p_a$ 、 $M = q_a / p_a$ を式(3)に代入すると、係数 a と各パラメータの関係は次のように表される。

$$\ln a = -\frac{k}{2} \frac{1+e}{\kappa} M^2 \quad (4)$$

さらに、軸差応力が極大となる点($q = q_f$ 、 $p = p_f$)では、 $dq/dp = 0$ であるので、式(2)からこのときの条件を求めると、次式が得られる。

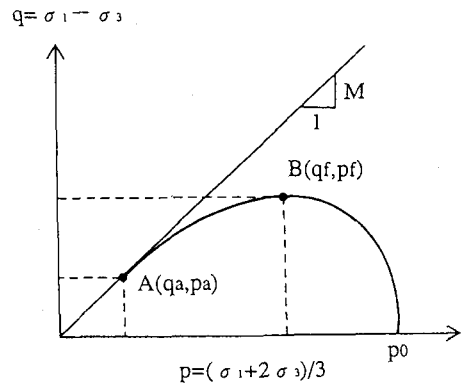


図-1 有効応力経路

$$\ln \left[\frac{p_f}{p_0} \right] = - \frac{1}{2} \quad (5)$$

したがって、式(4)および式(5)の関係式を式(3)に代入し、非排水せん断強度 $c_u = (\sigma_1 - \sigma_3)_{\max} = q_f/2$ と定義すると、強度増加率 c_u/p_0 と限界状態の応力比 M の関係は次のように表される。

$$\frac{c_u}{p_0} = \exp(-1/2) \frac{M}{2(-2.1 \ln a)^{1/2}} = 0.214 \frac{M}{(-\ln a)^{1/2}} \quad (6)$$

すなわち、中間土の非排水せん断強度と限界状態の応力比が係数 a をパラメータとして関係付けられる。

3. 実験結果による検証

1) 係数 a と細粒分含有率の関係 圧密非排水三軸圧縮試験²⁾の結果より得られた係数 a と細粒分含有率の関係を図-2に示す。実験に用いた試料は珪砂とカオリンの混合土であり、珪砂については粒径の違いによる影響を調べるためにシルト、細砂および粗砂の三種類のものを用いた。係数 a は、細粒分含有率 F が50%程度までは大きな違いは見られないが、それ以下になると著しく減少する。また、係数 a は、同一の細粒分含有率では粗粒分の粒径に依らずほぼ一定値を示す。ここでは、係数 a と細粒分含有率の関係を定量的に表すために、 a の値が $F \geq 50\%$ で一定、 $F_r \leq F < 50\%$ で直線的に減少するものとする。なお、 F_r は、粗粒子と類似した特性を示す境界の細粒分含有率²⁾である。

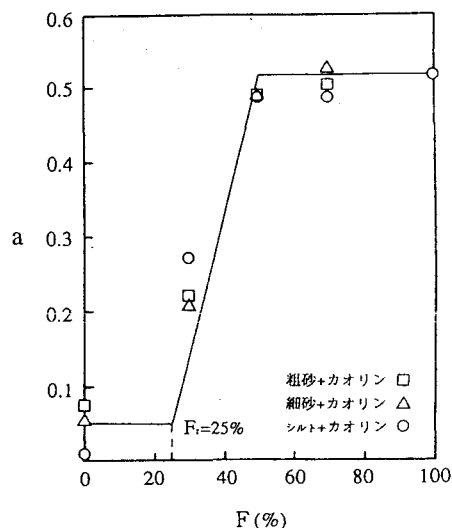


図-2 係数 a と細粒分含有率の関係

2) 実験値と計算値の比較 式(6)の強度増加率 c_u/p_0 の適用性を確かめるために、実験値と計算値の比較を図-3に示す。計算値は図-2における係数 a と細粒分含有率の関係およびこれまで提案している限界状態の応力比 M の算定式を用いて求めた。細粒分含有率が30%以下では強度増加率がかなり小さくなるが、これは式(6)において係数 a の値が M の値に比べて著しく小さいためである。図より、正規圧密された中間土の非排水せん断強度は、ほぼ式(6)で求められる。

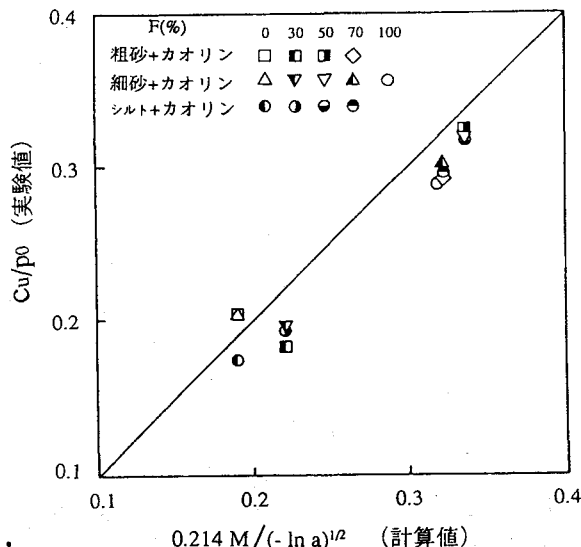


図-3 非排水圧縮強度に対する式(6)の適用性

4. まとめ

平均有効主応力の減少の度合いを表す係数 a 導入することにより、中間土の非排水せん断強度と限界状態の応力比の関係を考察した。さらに、その算定式の適用性を非排水三軸圧縮試験の結果を用いて確かめた。今後は、この係数 a の決定法について検討していきたい。

【参考文献】 1)大嶺, 落合(1992): "三軸圧縮応力状態における中間土の応力-ひずみ関係", 第27回土質工学研究発表会, pp.735~738. 2)大嶺他(1993): "細粒分含有率の異なる混合土の応力-ひずみ関係", 平成4年度 土木学会西部支部研究発表会。