

福岡大学 工学部 正○大嶺 聖
九州大学 工学部 正 落合 英俊
九州大学 工学部 正 林 重徳

1. まえがき

著者らは、砂と粘土の中間的な性質を持つ土の応力-ひずみ関係を求めるために、中間土を構成する粗粒子とマトリックス(細粒子と水からなる部分)に着目して、その応力-変形特性を粗粒子およびマトリックスの特性から評価する手法を示した¹⁾。本文は、その考え方に基いて求められる中間土の限界状態の応力比について実験結果との比較を行い、その妥当性を検討したものである。

2. 中間土の限界状態の応力比

中間土の限界状態の応力比を求めるための基本的な考え方を図-1に示す。まず、中間土の土構造は、粗粒子骨格とマトリックスがある割合で混在している状態にあると考え、このときの粗粒子骨格およびマトリックスの体積含有率を粗粒子同士の接触割合を評価することにより算定する。さらに、中間土に作用する応力は、粗粒子骨格とマトリックスで分担されるものとし、このときの応力分担割合を粗粒子骨格およびマトリックスの仕事量増分の考えを用いて評価する。このような考えに基づく、中間土の限界状態の応力比は、次のように表される。

$$M = \frac{(b-1)R+1}{bR/M_s+(1-R)/M^*} \quad \dots (1)$$

ここで、 $R = 1/[1+(1+e_{eo})\{1/(100/F-1)-1/(100/F_r-1)\}]^2$

$$b = (k^*M^*)/(k_sM_s)$$

M_s, M^* ; 粗粒子骨格およびマトリックスの限界状態の応力比

k_s, k^* ; 粗粒子骨格およびマトリックスの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

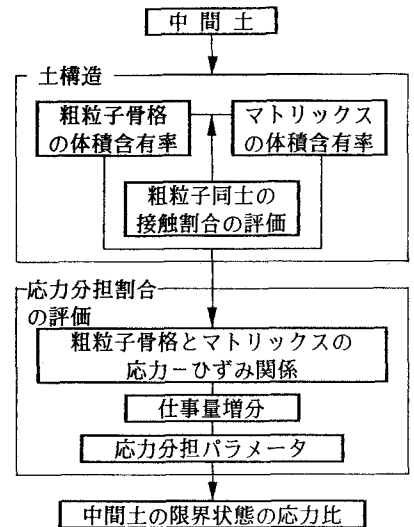


図-1 中間土の限界状態の応力比を求めるための基本的な考え方

粗粒子骨格の体積含有率 R は、細粒分含有率(全土粒子に対する細粒子の体積率) F 、 $F=100\%$ における間隙比 e_{eo} 。および粗粒子と類似した特性を示す境界の細粒分含有率 F_r を仮定することにより求められ、また、応力分担割合を表すパラメータ b は、粗粒子骨格とマトリックスの材料定数 M_s, M^*, k_s, k^* を用いて表される。

3. 実験結果による検証

(1) 試料および実験方法 実験に用いた試料は、カオリン、ベントナイトおよび豊浦砂を任意の割合で混合したものであり、次の2つの種類に分けられる。

中間土-A: 豊浦砂($G_s=2.65$)に細粒分としてカオリン($G_s=2.70, I_p=23.6$)を混合した試料

中間土-B: 豊浦砂に細粒分として重量比で1:1に配合したカオリンとベントナイト($G_s=2.50, I_p=307.1$)を混合した試料

中間土-Aは低塑性の細粒分を、中間土-Bは高塑性の細粒分を含む混合土である。また、豊浦砂の粒径は、カオリンおよびベントナイトに比べてかなり大きく、提案式の検証に適したものである。実施した試験は、等方圧密非排水三軸圧縮試験である。なお、実験方法の詳細は、前報¹⁾を参照されたい。

(2) 計算結果と実験結果の比較 中間土の限界状態の応力比 M と細粒分含有率 F の関係について計算結果と実験結果の比較を図-2に示す。式(1)における粗粒子骨格とマトリックスの材料定数は、 $F=0$ および 100% の場合の三軸圧縮試験の結果より得られる次の値を用いた。

中間土-A ; $M_s=1.347$, $M^*=1.270$, $k_s=0.014$,
 $k^*=0.033$ ($b=2.22$)

中間土-B ; $M_s=1.360$, $M^*=0.618$, $k_s=0.015$,
 $k^*=0.100$ ($b=3.03$)

$F=0\%$ の場合の M は、粗粒子の応力比 M_s に等しく、 $F=100\%$ の場合の M は、マトリックスの応力比 M^* に等しい。中間土-Aの場合、 M は、 F の減少に伴い、次第に $F=0\%$ のときの値に近づいていく。計算結果は、実験結果と比較的良好一致を示す。また、中間土-Bの場合、 M_s と M^* の値が大きく異なるが、 M は、中間土-Aの場合と同様に F の減少に伴い、次第に $F=0\%$ のときの値に近づいていく。計算結果は、このような中間土の傾向を表すことができる。

一方、Lupiniら²⁾によって行われたベントナイトと砂の混合土のリングせん断試験により得られた内部摩擦角 ϕ' と細粒分含有率 F の関係を図-3に示す。計算結果は、式(1)および $\sin \phi' = 3M/(M+6)$ の関係を用いて求めた。粗粒子骨格およびマトリックスの材料定数は、 $M_s=1.274$, $M^*=0.810$, また、 k_s および k^* の値は測定されていないため、ここでは、応力分担パラメータ b の値を 3.0 とした。図より、計算結果は、豊浦砂とベントナイトの混合土の内部摩擦角と細粒分含有率の関係をよく表すことができる。

以上のことから、提案式は、中間土の限界状態の応力比と細粒分含有率の関係を粗粒子とマトリックスの特性を用いてほぼ予測することができる。

4. まとめ

中間土の限界状態の応力比を粗粒子とマトリックスの特性から予測する手法を提案した。提案式は、低塑性および高塑性の細粒分を含む2種類の中間土の実験結果と比較し良好な結果が得られた。

【参考文献】

1)大嶺他(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回土質工学会研究発表会(投稿中)。2)J.F.Lupini et al(1981):The drained residual strength of cohesive soils, Geotechnique, Vol. 31, No. 2.

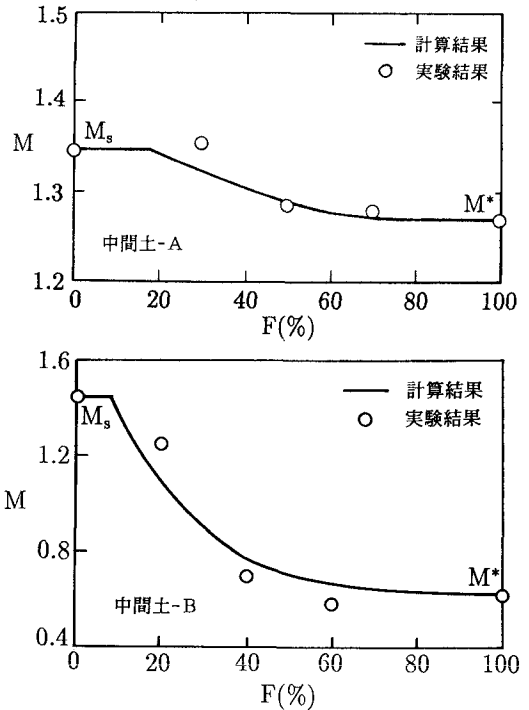


図-2 限界状態の応力比 M と細粒分含有率 F の関係

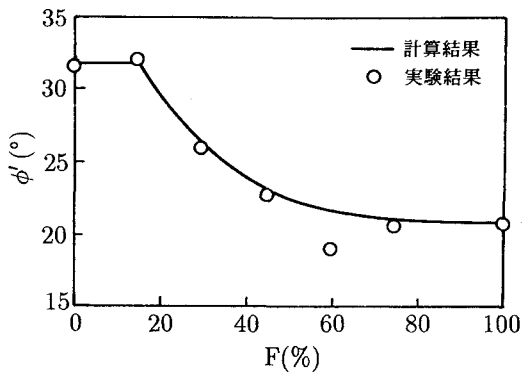


図-3 内部摩擦角 ϕ' と細粒分含有率 F の関係 (Lupiniらの実験結果²⁾との比較)