

東日本旅客鉄道株式会社 正員 寒河江 健也
金沢工業大学 正員○ 外崎 明
東海大学 正員 赤石 勝
UC, Davis Dafalias.Y.F

1. まえがき

古くは強度増加率 c_u/p と呼ばれていた非排水強度と鉛直有効応力の比 S_u/σ_v に関する多くの研究によると、試験時の条件によって得られる S_u/σ_v の値は大きく変化することが知られている。たとえば、三軸圧縮試験から得られる S_u/σ_v 値は、三軸伸張試験から得られるそれより大きく、その差は等方圧密試料のそれより K_0 圧密試料の方が大きい。しかし、降伏面が等方的に拡大する修正 Cam Clay モデルでは、非排水伸張試験の非排水せん断挙動を的確に評価できない。 K_0 圧密試料の伸張時の応力ひずみ挙動を説明するには異方降伏関数を用いた構成式が必要と思われる。この報告は K_0 正規圧密粘土の非排水せん断試験の有効応力経路から異方降伏面の形状を推定し、その異方降伏関数を用いた非排水三軸せん断挙動について検討している。

2. 試料および実験方法

東京郊外 3 カ所の宅地造成地で粘土試料を採取した。 Table 2.1 Physical properties of soils tested

粘土試料の物理的性質は、Table 2.1 に示した。液性限界以上の含水比で練り返した粘土を一次元圧密容器に詰め、所定の圧力で予圧密した。予圧密後の粘土塊から高さ 12cm 直径 5cm の供試体を成形し、三軸室で 1 日間 K_0 圧密した後、非排水圧縮あるいは

Sample	Gs	LL%	PL%	clay	silt	sand
A	2.65	112.0	50.5	47.0	38.4	14.6
B	2.64	130.9	53.4	58.2	29.0	12.8
C	2.67	69.0	37.0	24.0	52.0	24.0
D	2.67	82.6	20.8	54.0	41.0	5.0

伸張せん断試験を実施した。非排水せん断時の軸ひずみ速度は、0.05 %/min であり、全供試体に 98 kPa のバックプレッシャーを作用させた。

3. 実験結果と考察

Fig.3.1 は、4 種類の試料の K_0 圧密後の非排水圧縮ならび伸張試験の有効応力経路を示している。非排水せん断時の有効応力経路は、せん断前の初期降伏面の少し外側に位置することを考慮すると、 K_0 圧密粘土の降伏面は、回転、変形した楕円形が推測される。Fig.3.1 観察された有効応力経路の形状を考慮し、この報告では、式(3.1)に示す異方降伏関数を採用する。

$$F = q^2 - 2bpq + b^2 pp_0 + N^2(p^2 - pp_0) \quad (3.1)$$

ここに、 β と N は土の定数、 p_0 は降伏面のサイズパラメーターである。

Fig.3.2 に異方降伏面の一例を実線で示した。比較のため Roscoe et al.(1963) あるいは太田等(1971) によって提案された異方降伏面を点線で示した。図中 N と限界状態線の勾配 M の下付添え字 C, E はそれぞれ圧縮と伸張を意味する。以後この下付添

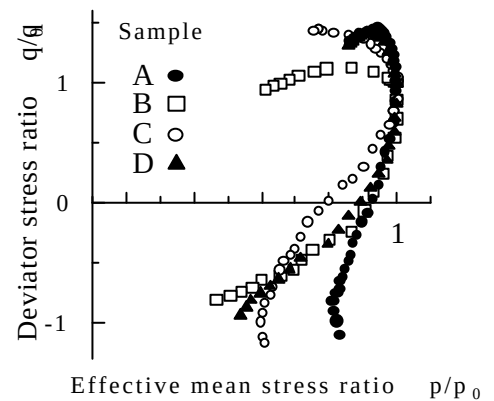


Fig.3. 1 Observed effective stress paths

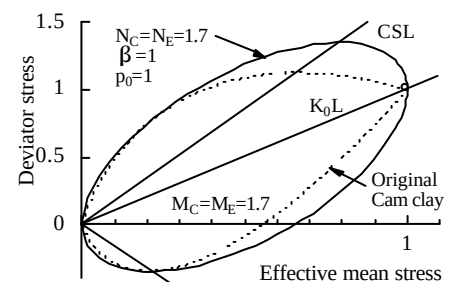


Fig.3.2 Yield surface

キーワード：粘土、異方降伏関数、非排水強さ、 K_0 圧密

連絡先：金沢工業大学 TEL076-294-6712 FAX076-294-6713

え字のない場合、圧縮と伸張で等しい値をとるものとする。式(3.1)の定数NをMに等しくし、 $\beta = 0$ とすれば、式(3.1)は修正 Cam Clay の等方降伏関数に一致する。異方降伏関数式(3.1)を用いた異方圧密粘土の非排水せん断時の有効応力経路は、式(3.2)で表される。

$$\frac{p}{p_i} = \left(\frac{h_i^2 - 2bh_i + N^2}{h^2 - 2bh + N^2} \right)^{1-k/1} \quad (3.2)$$

ここに、 p_i は、異方圧密時の平均有効応力、 $\eta_i (=q_i/p_i : q_i$ は偏差応力)は、有効応力比、 λ と κ は、それぞれ圧縮、膨張曲線の勾配である。

Fig.3.3 と Fig.3.4 に非排水せん断試験における有効応力経路の計算例を示した。両図から提案モデルの有効応力経路は、定数 β とNによって大きく変化することが観察される。圧縮側と伸張側で定数を変えれば、有効応力経路の変化の範囲は更に拡大する。また、NがMより小さい Fig.3.4 の有効応力経路では、小さなひずみ軟化が計算されている。両図において圧縮側で β が1を越え、伸張側では1未満の β の場合、有効応力経路は降伏面内を通過し弾性挙動のため鉛直線となっている。しかし、Fig.3.1の実験結果では、このような挙動は観察されない。したがって、この報告では K_0 圧密粘土の圧密非排水試験を前提に式(3.1)および式(3.2)の定数 β を静止土圧係数 K_0 を用いて式(3.3)から求める。Fig.3.3 と Fig.3.4 に示した有効応力経路の計算例では、 $K_0 = 0.4$ を用いているので $\beta = 1$ となる。すなわち、定数 β は K_0 圧密の応力比 η_i に該当するため、式(3.2)の有効応力経路は式(3.4)で示される。

$$b = \frac{3(1-K_0)}{1+2K_0} \quad (3.3) \quad \frac{p}{p_i} = \left[\frac{N^2 - h_i^2}{N^2 - 2h_i h + h^2} \right]^{1-k/1} \quad (3.4)$$

4. 有効応力経路の予測と実験結果の比較

圧密非排水せん断試験における有効応力経路の再現計算に必要な式(3.4)の定数Nの決定に、この報告では最大偏差応力 q_p における平均有効応力 p_p と応力比 $\eta_p (=q_p/p_p)$ を利用した。非排水せん断試験における有効応力経路の予測と実験結果を比較したのが、Fig.4.1 と Fig.4.2 である。計算された有効応力経路は、実験結果と比較的良好に一致している。最大偏差応力時の平均有効応力 p_p と応力比 η_p を用いて定数Nを決定しているため当然の結果であるが、圧縮ならびに伸張試験の計算された (S_u/σ_v) の値は、実測値にほぼ一致している。

5. むすび

K_0 正規圧密粘土の非排水せん断試験の有効応力経路から異方降伏面の形状ならびに異方降伏関数を推定した。変形回転した楕円形状を示すの異方降伏関数を用いて計算した K_0 正規圧密粘土の圧密非排水三軸圧縮ならびに伸張試験の有効応力経路は、実測値にかなり近いことを明らかにした。提案する異方降伏関数に含まれる定数Nを試験時の最大偏差応力等の測定値で決定すれば、圧縮ならびに伸張側の非排水せん断強度と鉛直有効応力の比 S_u/σ_v の実測値を再現計算可能であることを示した。

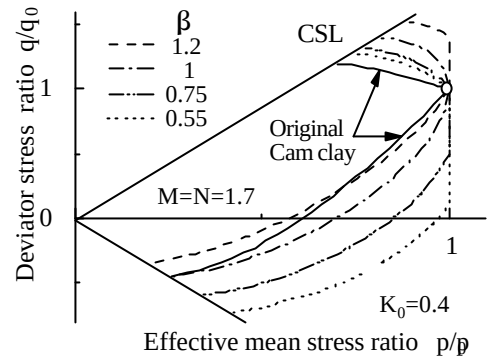


Fig.3.3 Calculated effective stress path

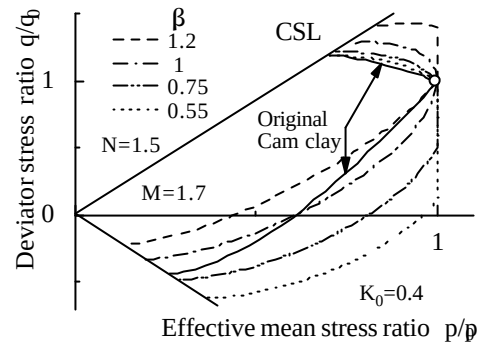


Fig.3.4 Calculated effective stress path

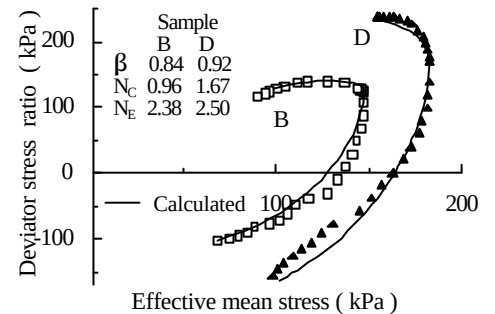


Fig.4.1 Observed and calculated effective stress path

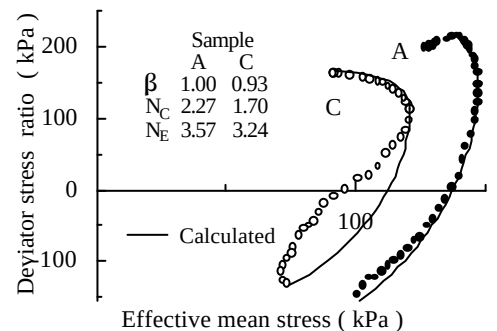


Fig.4.2 Observed and calculated effective stress pat