

飽和粘土の応力比一定の排水三軸圧縮特性

預球大学 工学部 正 原 久夫
 愛媛県 正 井上 仲男
 広島大学 工学部 正 吉 園 洋
 広島大学 工学部 正 中ノ堂 裕文

1 まえがき

実験室での三軸試験における応力-ひずみ関係を予測する方法の一つとして、粘土を弾塑性体として扱った修正 Cam-clay モデルがある。このモデルを用いて、応力比一定試験 ($\eta = \text{一定}$) の応力-ひずみ関係を予測する場合、実験から得られる応力-ひずみ関係と異なると報告されている。そこで、本研究は、実験的に応力比一定試験の三軸変形特性を明らかにし、修正 Cam-clay モデルの適用性について考察した。

2 実験方法

試料は、50 kPa で圧縮した再圧密粘性土の川崎粘土 ($LL = 89.4\%$, $PL = 36.8\%$, $I_p = 52.6\%$, $G_s = 2.68$) であり、供試体として、直径 35 mm、高さ 88 mm の円柱を用いた。

実験は、漸進荷重による荷重制御方式で、応力比 η を一定に保ちながら排水三軸圧縮試験である。応力比 η は、Fig 1 のように 6 種類選んで行なった。なお、 $\eta = 1.04$ は k 状態に相当している。荷重速度は、過剰間けき水圧が発生しないような速度を選び、排水量は、ビューレットで、軸変位は、ダイヤルゲージで計測した。

また、関連した実験として、応力制御による CID、CAU 試験を行なうて、 $M = 1.43 \sim 1.62$ を得た。

3 実験結果と考察

Fig 2 は、 η 一定試験と標準圧密試験の $e - \log P'$ である。この図の正規圧密域の直線の傾きは、 $C_c = 0.52 \sim 0.62$ であり、実験上の誤差を考慮すると、ほぼ等しいといえる。この直線の切片は、修正 Cam-clay 理論によれば、供試体の初期間

けき比 e_0 が等しい場合は、 η が大きくなるほど、小さくなるが、この図は、 e_0 が異なる、つまり異なるために、 η と切片との間には関係がないように見える。

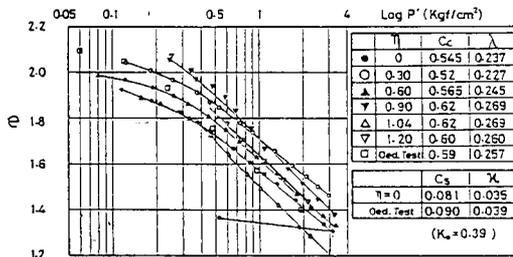


Fig 2 Observed Relationships Between $\log P'$ and Void Ratio Kawasaki clay

Fig 3 に、体積ひずみ-せん断ひずみ関係

を示す。この図より、ひずみ経路は、2つの直線で表現でき、これは Balasubramaniam らの研究と一致している。この2つの直線は、それぞれ正規圧密域、過圧密域に対応しており、正規圧密域の直線の傾きは、 η が大きくなるほど、大きくなる。なお、 $\eta = 1.20$ に過圧密域の直線が観測されていないのは、実験操作ミスによるものである。

次に、Fig 4 に、正規圧密域における η -塑性ひずみ層分比 ($\frac{d\epsilon_p}{d\sigma}$) 関係を示す。($\frac{d\epsilon_p}{d\sigma}$)_p は、弾性せん断ひずみ

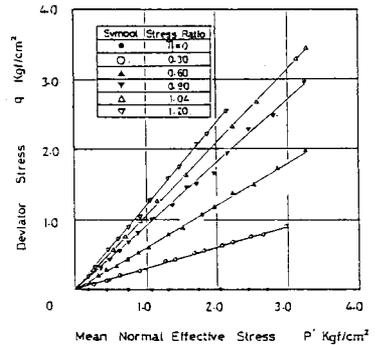


Fig 1 Observed Stress Path on Kawasaki clay

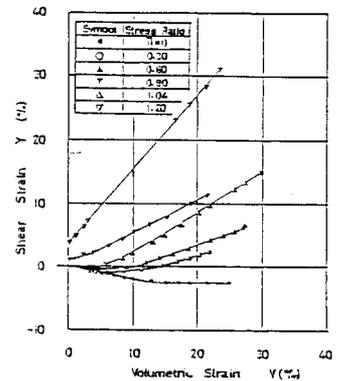


Fig 3 Observed Strain Path on Kawasaki clay

を無視できるとして、 $(\frac{d\epsilon}{dV})_p = \frac{\lambda}{\lambda - k} (\frac{d\epsilon}{dV})_s$ により求めた。この図は、かなりばらつきがあるが、最小自乗法により修正 Cam-clay モデルの $(\frac{d\epsilon}{dV})_p = \frac{2\eta}{M^2 - \eta^2}$ に適合する M を求め曲線を描いた。この時の M は $M = 1.841$ となり、CID, CAU の $M = 1.43 \sim 1.62$ と比較し、かなり大きな値となっている。

Fig 5 には、上から得られた $M = 1.841$ を使、修正 Cam-clay モデルによる理論上の降伏曲線と、実験から得られた塑性ひずみ増分比と直交則によ、得られた実験上の降伏曲線を示す。

実験上の降伏曲線は、修正 Cam-clay モデルの円内よりも、少し内側にあるが、ほぼ円に近い形状となっている。

Fig 6, Fig 7 に、 $\eta = 1.04$ について、理論上と実験上の応力-ひずみ関係を示した。印△は、実験上の応力-ひずみ関係を示し、点線は、それに適合するように修正 Cam-clay モデルのパラメータを图中的表のように選んで得られた応力-ひずみ関係である。このように、適当なパラメータを選べば、実験上の応力-ひずみ関係をかなりよく表現できる。この時の M は、実験から得られた全ひずみ増分比 $(\frac{d\epsilon}{dV})_s$ を $(\frac{d\epsilon}{dV})_s = \frac{2\eta}{M^2 - \eta^2}$ に代入し得られる M にほぼ等しい値となり、CID, CAU の M に比べて大きくなっている。

参考に、CID の $M = 1.53$ と、上述した $M = 1.841$ を使、計算した応力-ひずみ関係を示す。この図から明らかのように、通常使われている CID, CAU の M を使、変形を予測すれば、せん断ひずみを過大評価することになることがわかる。

4 結論

以上に述べた結果を要約すると次のようになる。

- (1) 応力比一定試験の $e - \log P'$ における正規圧密線の傾きは、 η によらず、ほぼ一定となり、ひずみ径路は 2 つの直線で表現できる。
- (2) $\eta - (\frac{d\epsilon}{dV})_p$ 関係は、修正 Cam-clay モデルの式で近似できるが、その時の M は、通常の CID, CAU と比べて、かなり大きな値となる。
- (3) 修正 Cam-clay モデルを用いて、変形を予測する場合、CID, CAU の M を用いると、せん断ひずみを過大に評価することになる。

<参考文献>

- 1) J.B. Burland, Correspondence, Geotech. Vol 15 1965 1211-214
- 2) 池満, 北柳, 三田地, 各種応力経路における異方圧密粘土の変形特性について, 第 37 回土木学会年次講演集 1982, 1183-1184
- 3) A. S. Balasubramanie and Hweeng Zue-Ming, Yielding of weathered Bangkok clay, Soils and Foundations, Vol 20 No. 2 June 1980, 11-15

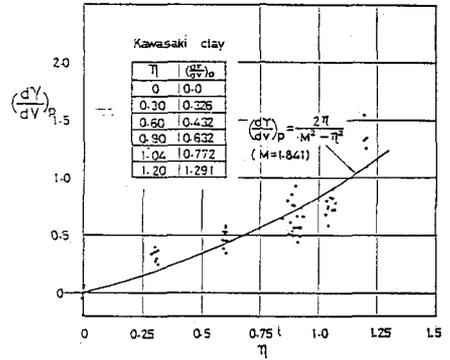


Fig 4 Relationships Between Stress Ratio η and Ratio of Incremental Plastic Strain $(\frac{dV}{dV})_0$

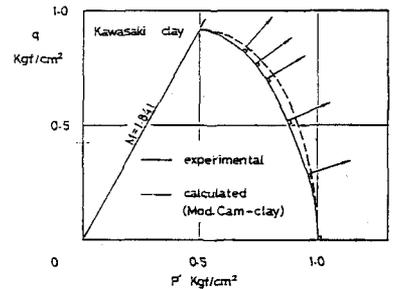


Fig 5 Comparison between experimental and calculated yield locus

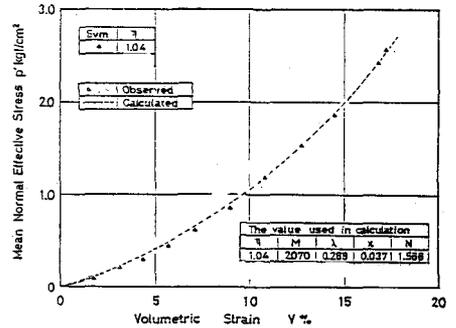


Fig 6 Comparison between Experimental and Theoretical p-v Relationships on Kawasaki clay

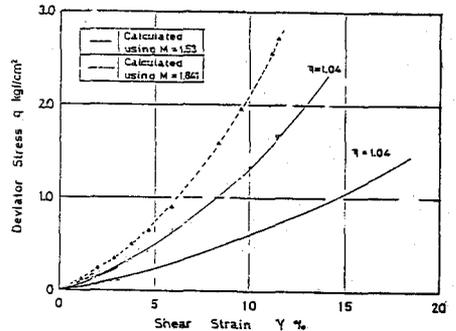


Fig 7 Comparison between Experimental and Theoretical q-r Relationships on Kawasaki clay