

繰返しせん断を受ける異方圧密粘土の残留変形および間隙水圧の予測

山口大学工学部

正 員

兵動正幸

村田秀一

中田幸男

基礎地盤コンサルタンツ (株)

正 員

米村公貴

山口大学大学院

学生員

○原本利徳

大村祥平

吉本憲正

1. まえがき

粘性土地盤に対する動的問題は、耐震設計上さほど問題視されてこなかった。しかしながら、昨年の阪神大震災を契機に河川堤防や海岸堤防の耐震性が見直しが行われる中で、粘性土地盤に遭遇することも多く存在し、繰返しせん断挙動を正しく評価することが必要となってきた。本研究は、不攪乱海成粘土を用いて初期せん断応力比を種々に変化させた非排水繰返し三軸試験を行い、発生する残留ひずみ及び間隙水圧の定量的評価を行ったものである。

2. 試料及び実験方法

実験に用いた試料は、佐賀県の有明海岸で採取された不攪乱海成粘土($G_s=2.624\sim 2.730$, $I_p=N.P\sim 67.3$)である。試験機として空圧制御式繰返し三軸試験機を用い、等方及び異方応力状態下の拘束圧 200kPa で 24 時間圧密した後、非排水状態で圧縮側より周波数 0.02Hz の正弦波軸荷重を加えた。

3. ピーク軸ひずみと有効応力比の関係

これまでに、正規圧密粘土に対して繰返しせん断過程に発達するピーク軸ひずみ ε_p は、対応するピーク有効応力比 η_p と一義的な関係にあることが知られている。これにない本試験より得られた不攪乱試料のピーク軸ひずみ ε_p をピーク有効応力比 η_p との関係で表してみたが、図-1 のように良好な対応関係が得られなかった。そこで、これまで過圧密粘土に対して用いられてきた粘着力効果を考慮した修正有効応力比 ($=q/(p-p_c)$) の導入を試み、有効応力比の修正を行った。その結果を図-2 に示したが、図よりピーク軸ひずみ ε_p とピーク修正有効応力比 ζ_p の間に良好な対応関係が存在することが認められた。

4. 非排水繰返しせん断挙動の定量化¹⁾

図-3 に、繰返しせん断による粘土のせん断ひずみと間隙水圧の予測手法をフローチャートで示し、以下その手法について説明する。

①：繰返し破壊強度 R_f は、繰返しせん断破壊に至るに必要な繰返し応力比 $\sigma_d/2\sigma_c'$ と繰返し回数 N の関係を両対数上に示したもののから、初期せん断応力比や繰返し応力比の違いによらず傾き β が一定で切片 κ の異なる直線関係が認められ、式(1)で定式化される。②：相対修正有効応力比 ζ_p と強度比 R/R_f の関係は、初期せん断応力比や繰返し応力比の違いによらず双曲線的な関係が認められることから、式(2)のように定式化される。ここで、強度比 R/R_f は外力としての繰返し応力比 $R=(\sigma_d+q_s)/2\sigma_c'$ を式(1)で定義した繰返し破壊強度 R_f で除したものであり、初期状態の 0 から破壊状態の 1 まで連続的に変化する、いわゆる安全率の逆数に相当するパラメータである。また、初期修正有効応力比 ζ_p と破壊時修正有効応力比 ζ_f の間で、任意の繰返し回数におけるピーク修正有効応力比 ζ_p の相対的な位置

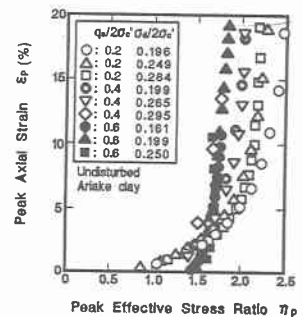


図-1 ピーク軸ひずみ ε_p とピーク有効応力比 η_p の関係

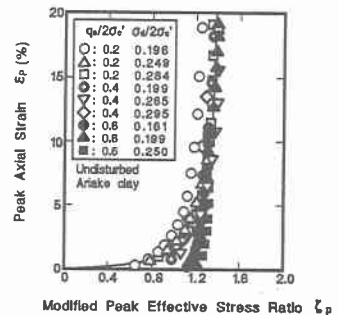


図-2 ピーク軸ひずみ ε_p とピーク修正有効応力比 ζ_p の関係

を表す応力比を相対修正有効応力比 ζ^* とし、式(3)のように定義する。以上の①,②の定式化を基に、軸ひずみ及び間隙水圧のモデル化を行う。③：軸ひずみモデルは、ピーク修正有効応力比 ζ_p とピーク軸ひずみ ε_p の関係から、初期せん断応力比や繰返し応力比の違いによらず双曲線的な関係が認められ、式(4)で定式化される。このモデルにより、残留ひずみの予測が可能となる。④：間隙水圧モデルは、相対修正有効応力比 ζ^* と間隙水圧比 u_r/u_f の関係から、初期せん断応力比や繰返し応力比の違いによらず双曲線的な関係が認められ、式(5)のように定式化される。ここで、最終的な間隙水圧 u_f は式(6)で定式化されることから、これを式(5)に掛け合わせることで、残留間隙水圧の予測が可能となる。以上に

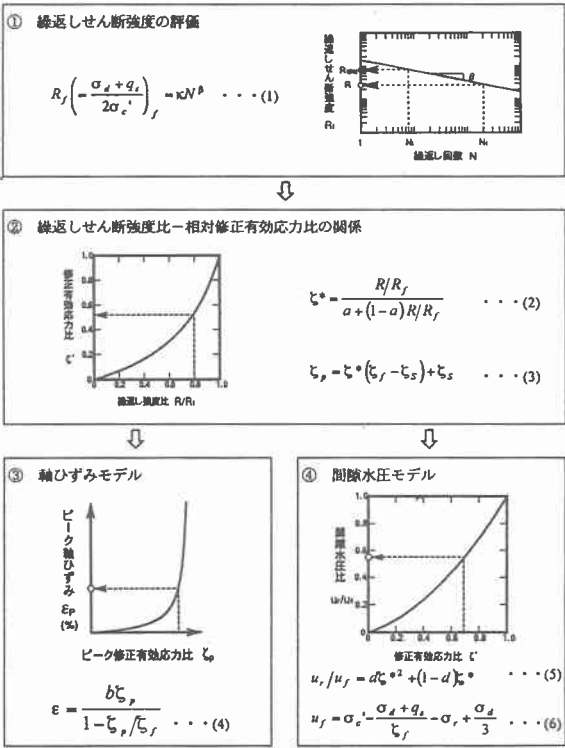


図-3 予測手法のフローチャート

述べた予測手法により得られたピーク軸ひずみ ε_p 及び残留間隙水圧比 u_r/σ_c' の予測結果を初期せん断応力比 $q_d/2\sigma_c' = 0.2$ のものについて、試験結果と併せてそれぞれ図-4、図-5に示す。図から、予測結果は実験結果を比較的うまく表現できていることが認められ、この予測手法の妥当性が明確なものとなった。

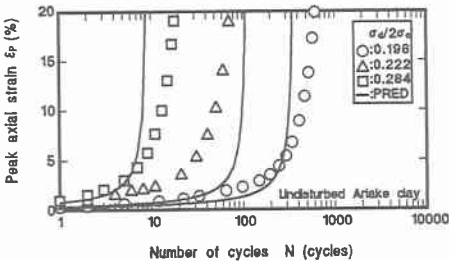


図-4 ピーク軸ひずみ ε_p の予測値と実験値

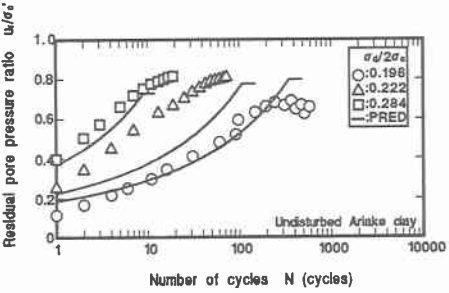


図-5 残留間隙水圧比 u_r/σ_c' の予測値と実験値

5. 結論

提案した予測手法は比較的簡便なものであるが、いずれの初期せん断応力下においても実験結果との整合性よく、妥当なものであることが明らかとなった。

《参考文献》

1)兵動・村田・安福・河田・杉山：繰返しせん断を受ける粘土の間隙水圧およびひずみの評価について，第45 回土木学会中国四国支部研究発表会概要集，pp. 31～32，1993