

(Ⅲ-57) 年代効果を有する粘土の動的強度の評価

山口大学工学部 正会員 ○兵動 正幸
東海大学工学部 正会員 杉山 太宏
三井建設技術研究所 正会員 山本 陽一

1. まえがき

近年のウォーターフロントの開発が進められる中で、軟弱な粘土層に遭遇することが多く、これらの波浪や地震による動的挙動の評価を行うことが必要となることも多い。しかしながら、原位置における粘土の動的性質を示す実験データは極めて少ない現状にある。本研究は、原位置における粘土の繰返しせん断強度を評価するため、塑性指数の異なる海成粘土の不攪乱試料を用いて過圧密比や拘束圧を種々に変化させた非排水繰返し三軸試験を行ったものである。その結果から原位置の粘土の繰返しせん断強度を統一的に評価するために、塑性指数、土被り圧、圧密降伏応力、過圧密比などをパラメータとした実験式を作成した。

2. 試料及び実験方法

本研究で用いた不攪乱試料は、広島市五日市より採取した五日市粘土、広島港宇品地区より採取した広島粘土、熊本県の白川下流域で採取した有明粘土、横浜港より採取した横浜粘土の四種類である。いずれの粘土も、海底地盤より固定ピストン式シンワールサンプラーにより採取した海成粘土である。実験は空圧制御式繰返し三軸試験機を用い、所定の等方応力下で圧密を行った後、非排水状態で周波数 $f=0.02\text{Hz}$ の繰返し軸荷重を与えることにより行った。実際の地震時の周波数 $1\sim 2\text{Hz}$ 程度に比べ、このように低い周波数を用いた理由は、三軸供試体内における間隙水圧の発生の一様性を確保するためである¹⁾。

3. 原位置における粘土の非排水繰返しせん断強度の評価

本研究においては粘土の繰返しせん断強度として、繰返し回数 $N=20$ で軸ひずみ両振幅 $DA=10\%$ に至るに必要な繰返し軸差応力 $R_L (=q_{vc}/p_c)$ により定義を行った。図-1は、正規圧密粘土について、繰返しせん断強度 $R_L (N=20)$ をプロットしたものである。図中、様々な塑性指数から成る粘土に対する結果が示されているが、繰返しせん断強度と塑性指数 I_p の間に式(1)で表される良好な対応関係が認められる。図中には不攪乱の他に再構成試料の結果もプロットしているが、両者の結果に差は見られない。これは不攪乱試料においても正規圧密応力状態ではagingの効果が薄れ、粘土固有の物性である I_p のみに依存する結果となったためと考えられる。

$$R_L = 0.0093 I_p + 0.48 \quad (1)$$

図-2は、すべての実験結果の R_L と式(1)による R_L との対応を示すものであるが、過圧密の結果は上方に大きく外れている。そこで次に、このような過圧密粘土の繰返し強度について評価を試みた。ここで、過圧密の定義としては原位置における長期堆積による構造を有する疑似過圧密状態(正規圧密aged clay)と所定の過圧密比となるような応力履歴を加えた状態の両方を含めている。まず、疑似過圧密粘土の繰返しせん断強度を評価するために、圧密試験より求めた圧密降伏応力 p_v と原位置における有効土被り圧 p_o の比 p_v/p_o をパラメータとして用いる。図-3は片対数紙上に図-2における実験結果と式(1)の偏差である $R_L (N=20) - R_L$ と原位置におけるみかけの過圧密比 p_v/p_o の関係を示したものである。図から両者には明瞭な関係が認められ、 p_v/p_o の増加にともない、強度が直線的に増加している。そこで、縦軸の $R_L (N=20) - R_L$ と p_v/p_o の関係は次のように定式化される。

$$R_2 = 0.2121 \log_{10} (p_v/p_o) \quad (p_v/p_o \geq 1) \quad (2)$$

図-4には、図-3の關係にさらに大きな過圧密比を有する、有効土被り圧 p_o より小さな圧密応力による実験結果も併せてプロットした。図中、aged clayの疑似過圧密比よりも大きな過圧密比を有する試験結果は、さらに上方に位置していることがわかる。図-5は、粘土の繰返しせん断強度 $R_L (N=20)$ と R_1+R_2 の關係を示したものである。図中のばらついているプロットは、図-4と同様さらに過圧密比が大きな結果である。ここで、過圧密比を表す尺度として、三軸等方応力としての p_c と有効土被り圧 p_o の比 p_o/p_c を用いることにする。図-6は、 $R_L (N=20) - R_1 - R_2$ と p_o/p_c の關係を示したものである。図から $p_o/p_c < 1$ 、つまり疑似過圧密も含む正規圧密の結果については、ほぼ $R_L (N=20) - R_1 - R_2 = 0$ であることから式(1)、(2)により繰返し強度が評価できることがわかる。一方、 $p_o/p_c \geq 1$ の場合は、図のように両者の間には直線的増加傾向が存在することが認められる。そこで $R_L (N=20) - R_1 - R_2$ を R_3 とすると両者の關係は、次のように定式化することが可能である。

$$R_3 = 0 \quad (p_o/p_c < 1), \quad R_3 = 1.5451 \log_{10} (p_o/p_c) \quad (p_o/p_c \geq 1) \quad (3)$$

図-7は、繰返しせん断強度 $R_L (N=20)$ と $R_1+R_2+R_3$ の關係を示したものである。両者の關係は、図-2、図-4において見られた上方でのばらつきが修正され非常に良好な対応関係にあることが認められる。すなわち、原位置における粘土の非排水繰返しせん断強度は、塑性指数 I_p と長期堆積による疑似過圧密比 p_v/p_o 、および拘束圧の変化に対応した p_o/p_c を考慮することによりほぼ評価可能であることがわかる。以上により、海成粘土の原位置繰返しせん断強度 R は、正規圧密、疑似過圧密および過圧密粘土共に、 I_p 、 p_v/p_o 、 p_o/p_c のパラメータを用いて以下のように評価されることが明らかとなった。

正規圧密粘土・・・ $R = R_1$ 、正規圧密 aged clay・・・ $R = R_1 + R_2$ 、過圧密粘土・・・ $R = R_1 + R_2 + R_3$

《参考文献》 1)山本陽一・兵動正幸・杉山太宏・安福規之・村田秀一：粘土の非排水繰返しせん断特性に及ぼす載荷周波数の影響，第27回土質工学研究発表会，pp. 903～906，1992。

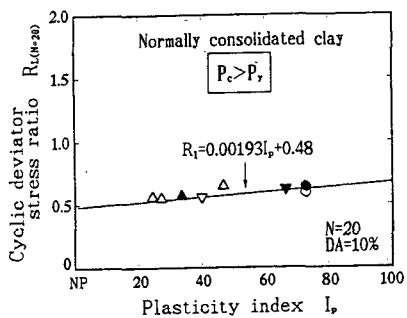


図 - 1

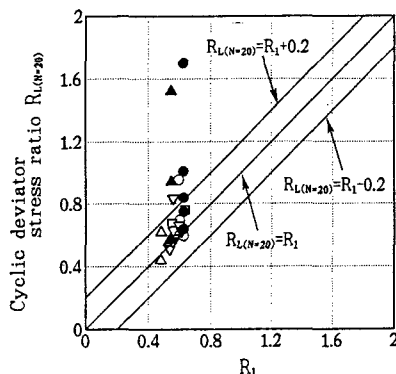


図 - 2

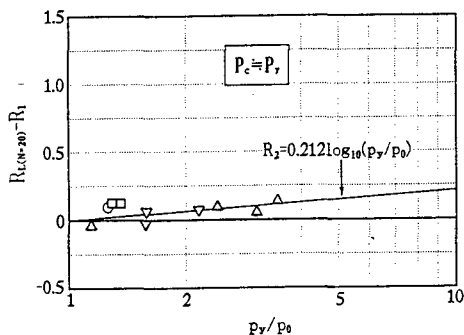


図 - 3

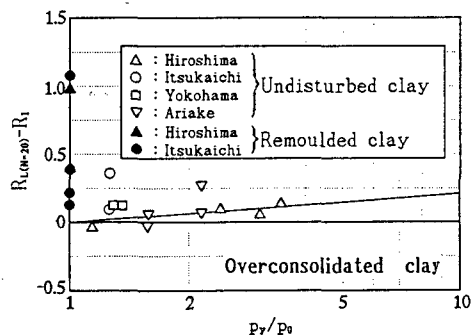


図 - 4

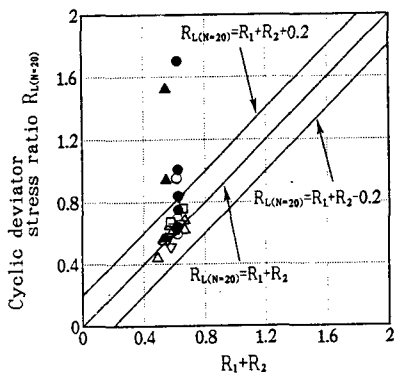


図 - 5

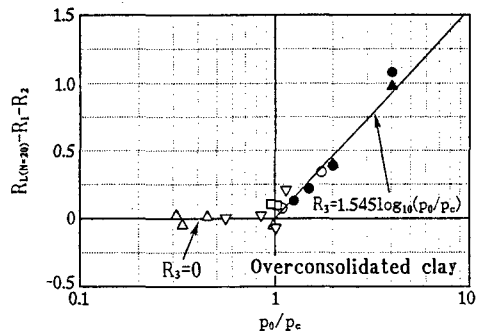


図 - 6

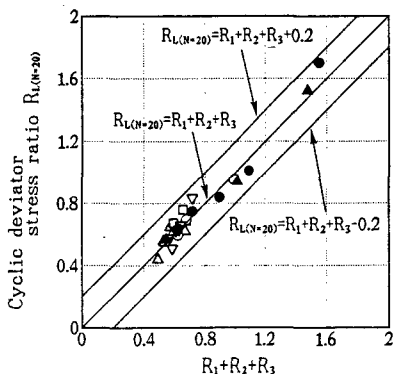


図 - 7

