

III-701

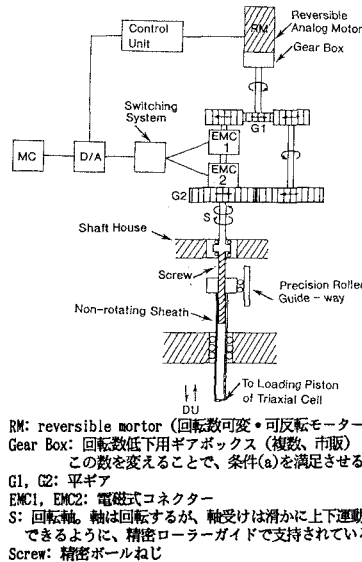
精密変位載荷装置の改良について

東京大学生産技術研究所 ○正 佐藤剛司
 東京大学生産技術研究所 学 John N. Mukabi
 東京大学生産技術研究所 正 龍岡文夫

はじめに： 大型橋梁・超高層ビル・長大トンネルなど重要構造物の建設に伴う地盤・構造物の変形・変位（例えば、掘削時の地盤変形・構造物基礎の沈下）の解析では、土のせいぜい 0.1% (10^{-3})程度以下での小ひずみレベルでの変形特性が必要となる場合がある。従って、設計に必要な地盤の変形・強度特性を合理的に求めるためには、一つの供試体を用いて微小ひずみレベルでの弾性的変形係数・ひずみレベル依存性・ピーク強度・大ひずみでの残留強度の全てが連続的に測定できることが必要である。この際、地盤材料の変形は可逆的弾性変形と非可逆的塑性変形から成り立っているため、その区別ができる測定が非常に重要である。この目的には、微小ひずみレベルからピークまでの連続した広範囲のひずみにおいて、単調載荷の任意の段階で載荷軸変位振幅が $1\mu\text{m}$ 以下の極めて小さい繰返し載荷を正確に加えることにより、弾性的変形特性を測定することが有効である。本報告は、三軸圧縮試験用に開発した精密変位制御微小繰返し軸載荷装置と、それを用いた粘性土の三軸試験結果例を示す。

微小繰返し載荷装置（図1）：設計方針としては、(a) 広い範囲のひずみ速度が設定でき、ひずみ速度の一定性が高い。(b) 通常の土の単調載荷試験では、0.001%以下のひずみレベルで線形弾性が表れることから、0.0005%以下のひずみレベルでの応力・ひずみ関係が滑かに記録できる。(c) 0.001%程度のひずみ振幅の繰返し載荷ができる。(d) 載荷方向の反転時の時間遅れがなく、比較的高荷重でも載荷軸の完全停止ができる。(e) マイクロコンピュータで自動制御できる、の条件を設定した。常に一方方向に回転しているモーターと平ギアと電磁クラッチ・ブレーキ、電磁クラッチ・ブレーキ制御装置を用いて載荷方向を反転することにより、上記を満足できる微小繰返し載荷装置を開発した（佐藤ら，1991）。今回、以下に報告する改良を行った。

図2に示すように、スピードコントロールモーターは常に一方方向の回転をしており、複数のギアボックスで回転数を落とし、平歯車A，Bに常に逆回転を与えて置き、電磁クラッチ・ブレーキのon, offをD/A変換器を介してマイクロコンピュータ制御で瞬時に回転軸の瞬時逆回転・停止を行う。しかし、外部荷重（軸荷重）によって載荷用回転軸に軸回転トルク（軸荷重400kgfで28.3kgf-cm）がかかっているため、クラッチ・ブレーキのon, offを瞬時にしてもわずかの時間的ずれが生じるために、その間に供試体及び載荷装置の弾性により載荷軸はわずかに動いてしまう。そこで、offタイム遅延回路を設けることによってクラッチ・ブレーキの解放時間を0.1-0.2sec



RM: reversible motor (回転数可変・可反転モーター)
 Gear Box: 回転数低下用ギアボックス (複製、市販)
 この数を変えることで、条件(a)を満足させる
 G1, G2: 平ギア
 EMC1, EMC2: 電磁式コネクター
 S: 回転軸、軸は回転するが、軸受けは滑かに上下運動
 できるように、精密ローラーガイドで支持されている
 Screw: 精密ボールねじ

図1. 繰返し載荷装置の構造

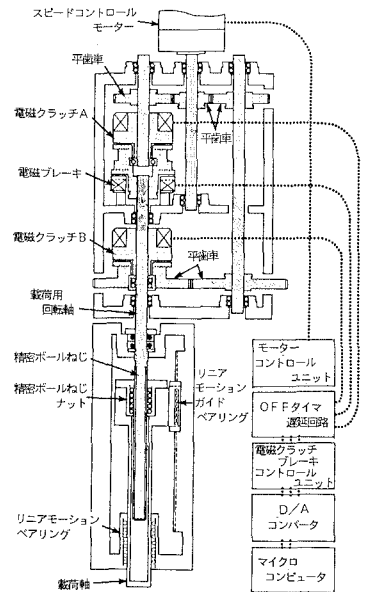


図2. 繰返し載荷装置の概要

遅らせることにした。この方法によって、回転軸は常にクラッチA、B、ブレーキの何れかと接続されている状態になり、载荷軸の遊びのない精密な微小繰返し・停止ができるようになった。

三軸試験結果の例：

図3(a)~(d)、図5に、大阪湾から採取した洪積粘性土を原位置の応力レベルまで異方圧密した非排水三軸圧縮試験の結果を示す。なお、0.0001%の軸ひずみは $0.1\mu\text{m}$ に相当する。今回はベディンガーの影響が無視できると考えられるので、非接触変位形(proximity transducer)を用いてキャップの動きを測定して軸ひずみを求めた。以下のこと

が分かる。図3(c)では、0.01%の軸ひずみまでに、応力ひずみ関係は既に大きな非線形を示している。従って少なくとも0.01%以下の精密な応力ひずみ関係を測定しなければ、弾性的性質を調べることはできない。0.002%程度以下で始めて線形弾性的性質を示し、図3(d)から繰返し载荷中の変形係数と類似であることから、弾性的であることが分かる。図4から、次のことが分かる。(1) 载荷開始が極めてシャープであり、ひずみ速度は常にほぼ一定である。(2) 広いひずみ範囲で実験が行えている。(3) 载荷方向反転時の時間遅れは殆ど無い。また、約0.003%の軸ひずみ($3\mu\text{m}$ の変位)の振幅での繰返し载荷が行われている。

あとがき： ひずみ速度の一定性が高く、0.001%程度のひずみ振幅の繰返し载荷ができ、载荷方向の反転時の時間遅れがないこと、及び载荷軸の無効束状態の出現をなくするなど当初予定した性能がほぼ得られた。粘性土でも微小ひずみレベルで線形弾性域が存在することが確認された。

謝辞： 本装置の主要な部品は生研試作工場で作成した。末筆ながら、感謝の意を表します。

参考文献： 佐藤、K. Ampadu、N. Mukabi、龍岡(1991)：変位制御微小繰返し载荷装置の開発、第26回土質工学研究発表会

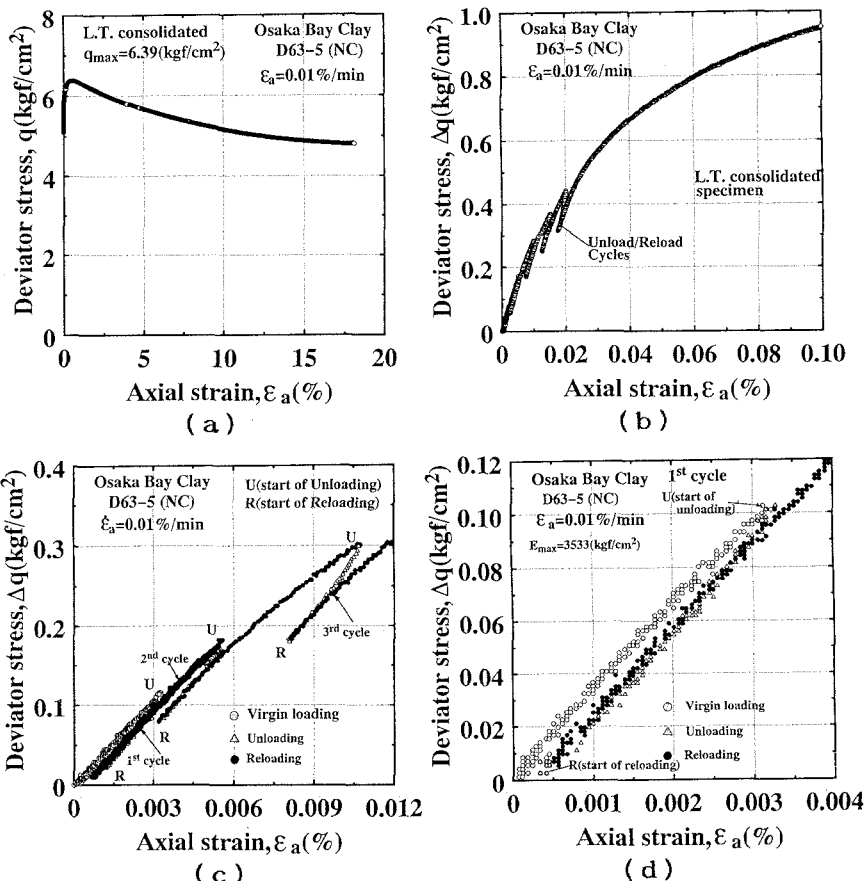


図3. 異方圧密大阪洪積粘性土の非排水三軸圧縮試験結果

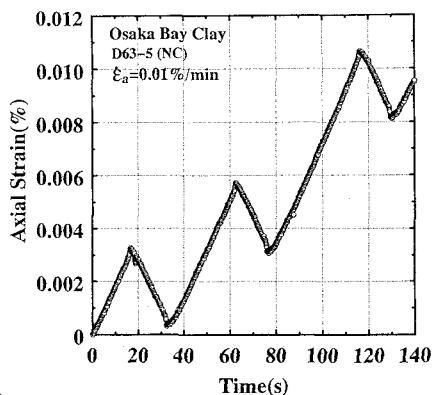


図4. 载荷初期の軸ひずみ～時間関係