

1 はじめに

土やコンクリートなどの土木材料が、作用する外力の速度によって強度特性が変化することは周知のことである。土の場合、その組成が土粒（固体）、土粒間に存在する水（液体）、空気（気体）の三相混合物であり取扱いが複雑になる。また、作用する外力も建造後の盛土の安定のように何十年のオーダーでの載荷や、発破、地震のように非常に短い載荷まで広範囲であり、その構造物の安定性を評価するためには、それぞれの外力に応じた強度特性を考える必要がある。今回、土のせん断特性を知るうえで一般的に用いられている「ひずみ制御三軸圧縮試験装置」に 16 bit デジタル DC サーボモーターシステム及び「側圧(σ_3)制御装置」を組み込んだ「応力経路可変ひずみ制御三軸圧縮試験装置」を開発し、飽和粘性土のせん断特性に及ぼすひずみ速度の影響について若干のデータが得られたので報告するものである。

2 応力経路可変ひずみ制御三軸圧縮試験装置

今回開発した「応力経路可変ひずみ制御三軸圧縮試験装置」は、軸ひずみ速度制御用の (1) 16 bit デジタル DC サーボモーターシステムと応力経路を制御するための (2) 側圧(σ_3)制御装置及び三軸室から構成されている。(Fig. 1)

(1) 16 bit デジタル DC サーボモーターシステム

これは軸ひずみ速度を $0 \sim 0.002 \sim 21.2 \text{ mm/min}$ の範囲で連続可変に速度変動率 0.1% 以下で高精度に制御できるもので、速度応答も立ち上がり時間 0.037 sec と極めて短い。

(2) 側圧(σ_3)制御装置

従来、応力制御三軸圧縮試験装置でしかできなかった応力経路制御をひずみ制御でも行なうことが、この装置によって可能となる。Fig. 1 において、軸圧 P を ① Load Cell で検出し ② Signal Conditioner で増幅した後に ③ Computing Circuit で設定した応力経路に応じた σ_3 を得るための電圧演算を行ない、④ V/P Transducer で電圧を空気圧に変換して σ_3 を発生させている。④ V/P Transducer は入力電圧 1 ~ 9 V に比例して $0 \sim 5.12 \text{ kgf/cm}^2$ の空気圧を発生するもので $DC \sim 10 \text{ Hz}$ 程度までの入力に対して応答することができる。③ Computing Circuit は簡単な応力経路の場合 IC を 2, 3 石使用した回路でよく、複雑な応力経路もマイクロコンピュータ及び A/D, D/A 変換器を使用して実現できる。今回は平均主応力一定で実験を行なっている。

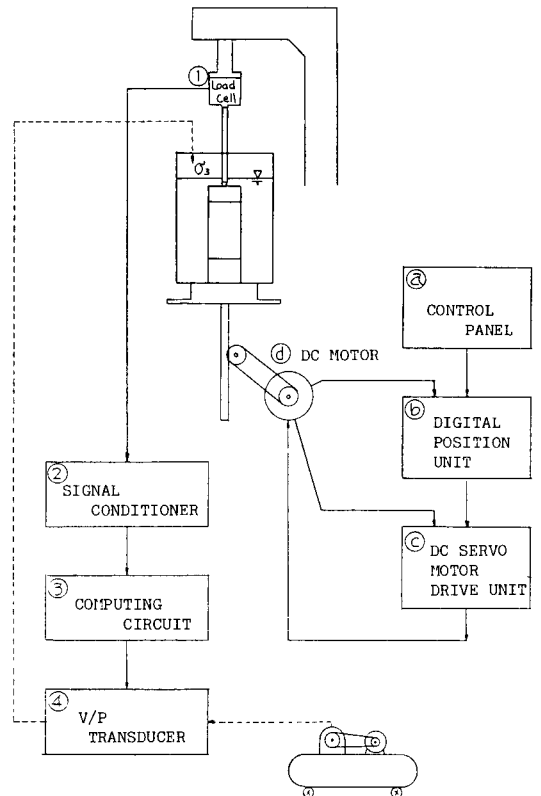


Fig. 1 BLOCK DIAGRAM

3 実験結果

使用した供試体は、乾燥青葉山ロームの840 μ ふるい通過分を含水比400%程度で脱気のために煮沸し、大形圧密容器で圧密(1 kgf/cm²)したものを直径50mm、高さ125mmに整形し、三軸室で48時間圧密(2 kgf/cm², 上下端及び側面排水)したものである。物理諸量は、 $G_s = 2.71$, $LL = 41.7\%$, $PL = 21.8\%$, $PI = 20.1$, 粘土分35.4%, シルト分31.7%, 砂分32.9%, 自然含水比33~34%である。

軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_1$ は10, 1, 0.01, 0.001 %/minで行なった。Fig 2に軸差応力 $q = \sigma_1 - \sigma_3$, 軸ひずみ ϵ_1 の応力-ひずみ曲線を示す。変形初期の q の立ち上がりにはほとんど差がみられないが、変形が進むにつれてひずみ速度 $\dot{\epsilon}_1$ の大きなものほど q が大きくなる。間隙水圧 u と ϵ_1 の関係はFig 3のように $\dot{\epsilon}_1$ が小さいほど u の発生が大きくなる。このため遅れの影響で正確な u の評価が特に $\dot{\epsilon}_1$ の大きなものほどできない。

これらの結果を $p = (\sigma_1 + 2\sigma_3)/3$ と q の p - q 平面に整理するとFig 4のようになる。破壊線及び等ひずみ線が原点を通る直線で回復できるため、縦軸に q , 横軸に p で軸ひずみをパラメータとして表わすとFig 5のようになる。実験を行なった10~0.001 %/minの範囲で中位(0.4~2%)の変形段階では比較的良好な相関をみせている。同様に破壊強度 q_f についてもFig 6に示すように

$$q_f = 2.214 + 0.206 (\log \dot{\epsilon}_1)$$

$$\text{相関係数 } r^2 = 0.9998$$

と大変よい相関関係が得られた。

4 ひずみ

今回開発した装置は低速から高速まで精度よく作動し、データ数は少ないが正規圧密粘土の単調載荷に対するひずみ速度の影響をみることであった。今後はひずみ速度を考慮した粘弾性構成式への適用を計りたいと考えている。

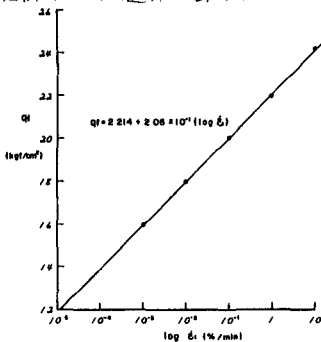


Fig 6 q_f -Strain rate Curve

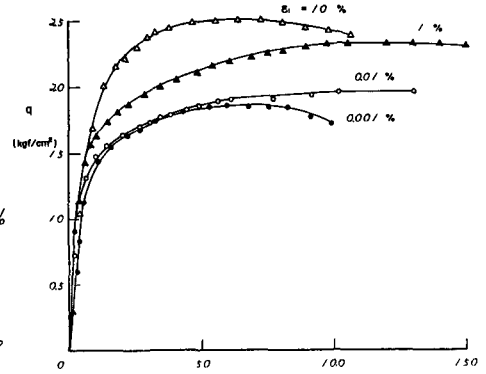


Fig 2 Stress Strain Curve ϵ_1 (%)

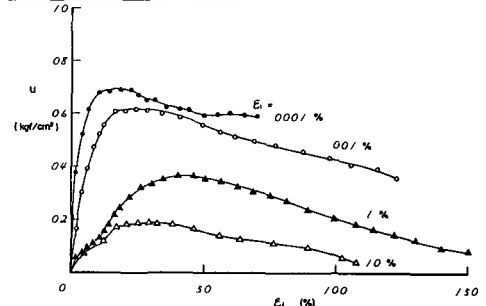


Fig 3 Pore Pressure-Strain Curve

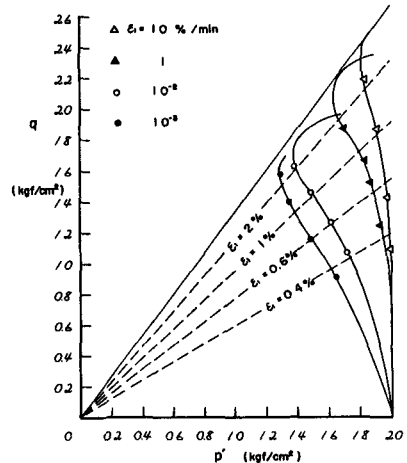


Fig 4 Effective stress path

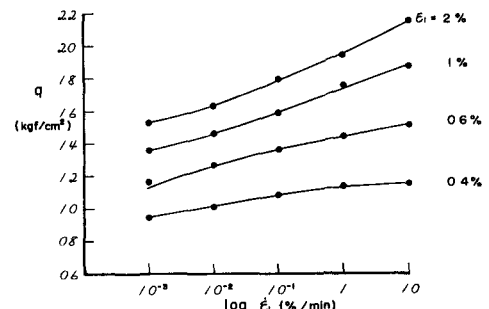


Fig 5 q -Strain rate Curve