

運輸省 港湾技術研究所

正員 〇善 功企

正員 梅原 靖文

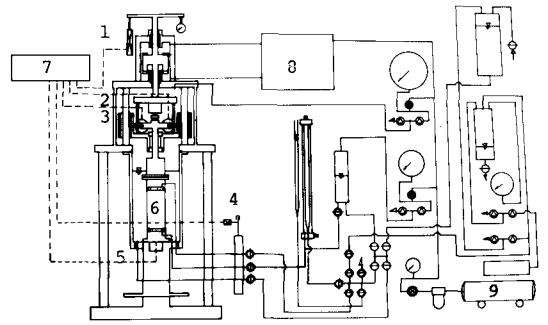
学生員 浜田 浩二

1. まえがき

粘性土の動的変形係数 G を調べる室内試験法として、共振法と振動三軸法がある。前者は微小ひずみ領域、後者は中大ひずみ領域の G を測定するために用いられている。広範なひずみ振幅に対する G の変化を測定するさいに、特に乱さない試料を用いる場合、両種の試験が連続的に実施可能であれば、試料採取・供試体作成・圧密時間などの観点から、経済的・労力的・時間的に好ましい。ここでは、広範なひずみ振幅における G を測定するために試作した装置の紹介と、その適用性について検討を行なった結果を報告する。

2. 装置概要および試験方法

図1に装置概要を示す。この装置はHardin¹⁾による装置に、供試体軸方向の振動が可能な振動装置を結合したものである。ひずみ振幅 $\gamma=10^{-5}$ ～ 10^{-3} の領域では共振法を用い、 $\gamma=2 \times 10^{-2}$ ～ 2×10^{-1} 領域では振動三軸法により等価弾性係数 E を求めポアソン比 ν を仮定して G を得る。供試体寸法、形状は $125\text{mm} \times 50\text{mm}$ 、中実円柱形を標準としている。底部パデスタルは全体が荷重検出器になっており、供試体セット後等方圧密時の軸力の測定や振動三軸法における軸荷重検出に用いられる。パデスタル上下部には供試体のスリップ防止のため、金属刃が取り付けられている。向けき水圧測定は供試体下部、排水およびバックプレッシャー負荷は供試体上部で行なわれる。一次圧密終了後、まず共振法により測定可能な最小ひずみ振幅から最大ひずみまで段階的に共振振動数と加振速度を測定する。共振法終了後、直ちに振動三軸法により振動数1Hzの正弦波を加え、軸応力、軸変位を測定する。この間は非排水状態で、向けき水圧を記録する。記録装置としてブラウン管オシロ、電磁オシロ、X-Yレコーダーを用いている。試料は本牧粘土²⁾を使用した。



- 1: 軸変位計, 2: 速度計, 3: 振動子, 4: 向けき水圧計
5: 軸荷重検出器, 6: 供試体, 7: 電圧計制御装置
8: 軸荷重載荷装置 (空気圧式, 出力波形: 正弦波, 台形波, 三角波) 9: コンプレッサー

振動子: 加振力 1.0kgf, 振幅 Max 5mm P-P, 加振速度 Max 30g
同後継器成 DC $\times 10^4$ Hz, 可動部重量 30g, 寸法 $\phi 76 \times 82\text{mm}$
共振周波数: 2~2kHz, 速度検出器: 振幅 Max 2mm P-P, 感度 200mV/kine, 同後継器成 DC $\times 10^3$ Hz

図-1 装置概要図

3. 適用性の検討

(1) ひずみ振幅 γ について: 共振法および振動三軸法におけるひずみ振幅の求め方は異なっている。中実供試体による共振法では供試体上部にねじり振動を与えるので、変位量の算定位置によってひずみ振幅が異なる。図-2(a)はひずみ振幅算定位置が供試体半径 R の1, 2/3, 1/2 における $G \sim \gamma$ 曲線を示したものである。本牧粘土の場合、 $\gamma=2 \times 10^{-4}$

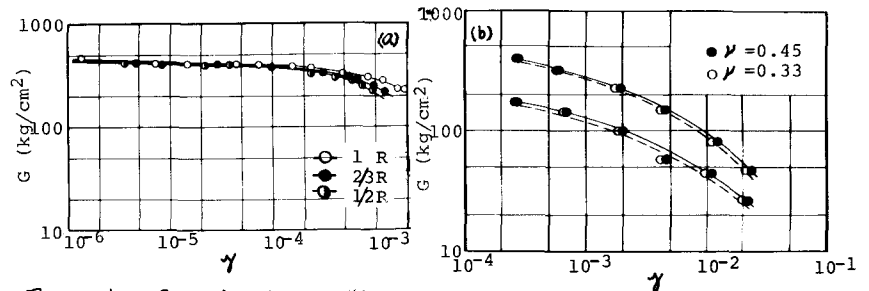


図-2 ひずみ振幅のとり方と $G \sim \gamma$ 曲線

以下の微小ひずみ領域では算定位置の違いによる $G-\gamma$ 曲線の相違はみられない。 $\gamma=2 \times 10^{-4}$ 以上では $G-\gamma$ 曲線の非線形性が強まり、 γ の算定位置により異なり、 $\gamma=10^{-3}$ におけるその差は $\gamma_R/\gamma_{3R}=1.18$, $\gamma_{1R}/\gamma_{3R}=0.86$ となる。図-2(b)は振動三軸法で求めた E から $\nu=0.45$, 0.33 を仮定して得られる $G-\gamma$ 曲線を示している。この方法では ν の決め方に不明確な点も存在するが、普通 $\nu=0.3 \sim 0.5$ が用いられており、図-2(b)から判断するとこの範囲の ν が $G-\gamma$ 曲線に及ぼす影響は小さい。

(2)共振法、振動三軸法により求まる $G-\gamma$ 曲線の相関性について：図-3は両方法によって求められた結果である。共振法では γ として平均ひずみ(3 γ_R に相当)振幅を、振動三軸法では $\nu=0.45$ を採用したものである。 $\gamma=2 \times 10^{-4} \sim 10^{-3}$ の領域において両者の結果を比較すると、その結果はよく一致しており広範なひずみレベルに対して連続的な $G-\gamma$ 曲線が得られている。振動三軸法では図-2(b)に示されるように、 ν の相違による $G-\gamma$ 曲線の差が微小なこと、および図-3の $G-\gamma$ 曲線のなめらかな連続性から判断して、中実供試体を用いた共振法において平均ひずみ振幅を用いることの妥当性が推定できる。さらに、図-3の結果から、共振法と振動三軸法の2つの異なる試験方法を用いて G を求めても、 γ が同じであれば同一の結果が得られることが明らかである。

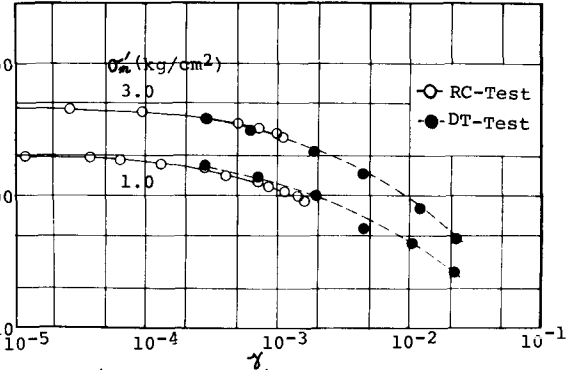


図-3 共振法(RC-Test)と振動三軸法(DT-Test)による $G-\gamma$

(3)全応力、有効応力による $G-\gamma$ 曲線の表示につ

いて：共振振動三軸試験では1つの供試体を用いて数段階の γ に対する G を測定する。この場合、各段階の振動により供試体中に間げき水圧が発生する。 γ が小さく 10^{-3} 程度以下では間げき水圧発生量は微小で、 G の値に影響がないとみなされる。 γ が 10^{-3} 程度以上になると供試体中の発生間げき水圧が大きくなり、有効応力が減少する結果、全応力表示と有効応力表示では $G-\gamma$ 曲線が異なってくる。全応力表示の $G-\gamma$ 曲線は振動回数 N の影響を受け、 $\gamma=5 \times 10^{-3}$ において $G_{N=200}/G_{N=10}=0.83$, $G_{N=200}/G_{N=10}=0.70$ 程度になる。

一方、有効応力表示では N の影響が有効応力の变化として把握され、 $G-\gamma$ 曲線は N と無関係になる。図-4は各 γ について各々1個づつ供試体を用いた場合(Fresh test)と1個の供試体で各々の γ に対する G を求めた結果(Stage test)である。後者の G が前者よりも小さいのは、振動による間げき水圧の発生にともない有効応力の減少に起因するものと思われる。しかしながら、振動中の間げき水圧の増分を測定し平均有効応力 σ'_v で整理すると、Fresh および Stage testで得られた有効応力表示の $G-\gamma$ 曲線は一致すると考えられる。図-4で $\gamma=10^{-2}$ 以上では必ずしもこのことが言えないようであるが、この理由は1回の振動で供試体はすでに破壊領域に近くなっており、間げき水圧測定にタイムラグなどの誤差が含まれているためと思われる。

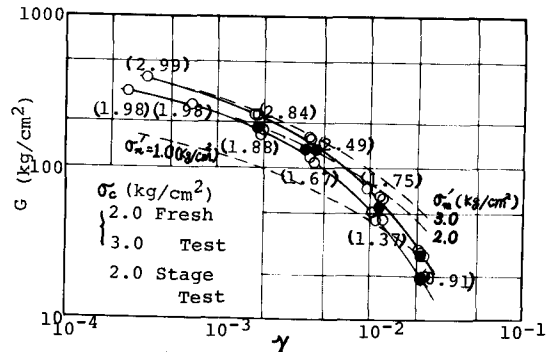


図-4 全応力、有効応力による $G-\gamma$ (○内 σ'_v kg/cm²)

4. むすび 広範なひずみ領域の G を求めるために、共振法と振動三軸法を結合した共振振動三軸試験装置を試作し、その適用性について検討した結果、本装置の有用性が認められた。

5. 参考文献 1) Hurdin, B.O., Music, J.: "Apparatus for Vibration of Soil Specimens During the Triaxial Test", Symp. on Instrumentation and Apparatus for Soils and Rocks, STD 392, ASTM, 1965 2) 梅原, 他: "粘性土の非排水強度と動的変形定数について", 第12回国土工学研究発表会, 1977 3) 梅原, 他: "不攪乱川崎粘土の動的変形定数について", 第32回土木学会年次講演会, 1977