

竹中技術研究所

正員 ○田中 芳行

杉本 三千雄

正員 畑中 宗憲

鈴木 善雄

1. はじめに

地盤・土構造物の地震時挙動を把握するためには模型振動実験およびその結果のシミュレーションは有効性が高いと考えられている。しかしながら、数値解析で必要な模型地盤における応力状態、低応力下での地盤の動力学特性に関する研究は実験の困難さも伴って少ない現状にある。^{1) 2) 3)} 杉本他³⁾の実験装置においては供試体内を真空にすることにより拘束圧を加えていたが、この時、供試体に作用する拘束圧は真空圧で調圧した為明瞭ではなかった。そこで実験装置に一部改良を加え、空気圧により密封したセル内の圧力を直接調圧することとし、豊浦砂について2種の密度、4ケースの拘束圧について実験を実施し動力学特性を求め、*Ramberg-Osgood*モデル (以下 *R-O* モデル) によるモデル化の検討を行ったので以下に述べる。

2. 実験装置と実験方法

図-1に実験装置、図-2に実験・データ解析の概要を示す。

図-1の装置は振動台上に固定されており、アクリル製セル内の直径30cm、高さ5cmの円盤状供試体を水平方向に振動させることにより供試体上の加圧板に作用する慣性力をせん断力としている。ここで供試体は単純なせん断変形をすること、供試体の慣性力は無視できるものとする。拘束圧は供試体上面の鉄製加圧板の自重と空気圧による等方圧からなる。

用いた試料は気乾の豊浦砂 ($G_s = 2.65$, $\gamma_{dmax} = 1.660 \text{ g/cm}^3$, $\gamma_{dmin} = 1.330 \text{ g/cm}^3$, 含水比 $\div 0.1\%$) で、行なった実験は供試体の密度と拘束圧をパラメータとし、供試体の密度はゆるづめ ($Dr \div 50\%$) と密づめ ($Dr \div 65\%$) の2種、拘束圧は0.01, 0.02, 0.04, 0.1 kgf/cm^2 の4ケース、合計8ケースである。鉄製加圧板による応力は1枚当たり $\sigma'_m = 0.03 \text{ kgf/cm}^2$ であり拘束圧にあわせて1枚と3枚を使用している。拘束圧による結果の整理に当っては加圧板による応力を加えてある。

供試体の作成は、ゴムメンブレンをセットした後モールド上にカラーを付け、一定重量の試料を投入し周波数30Hzで正弦波加振により行なった。その時の台加速度は、ゆるづめで300gal密づめで650galである。次に供試体の高さを整形し、加圧板を載せ密封した後、セルを固定する。拘束圧は小さく、送圧途中の圧力低下による誤差を防ぐ為セル内の圧力を直接マンオメータで読み取り調圧した。

加振実験は5Hzの正弦波を振動台に作用させ台加速度をゼロから980galまで漸増させることにより微小ひずみ領域から大ひずみ領域に至る動特性を求めた。

加振時に測定した項目は、加速度計により加圧板の水平加速

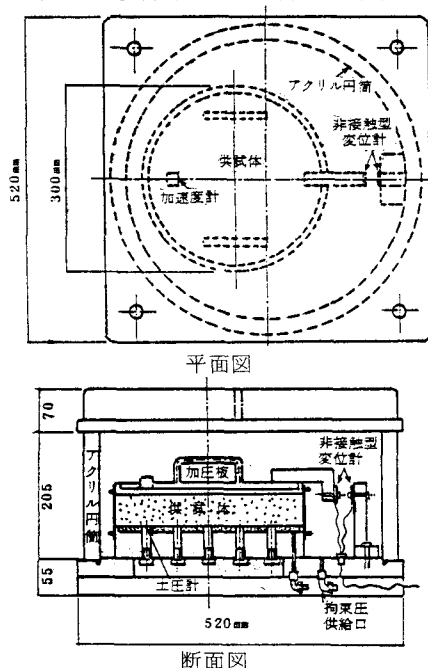
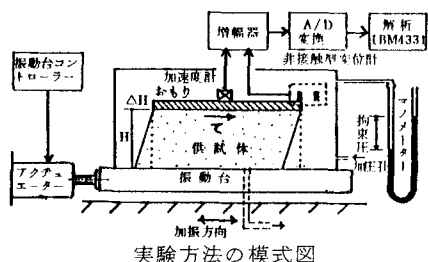
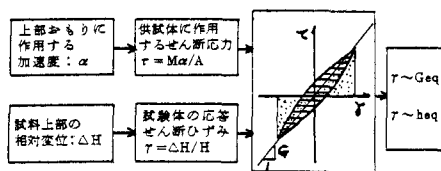


図-1 実験装置



実験方法の模式図



実験データの解析方法

図-2 実験方法の原理とデータ解析の概要

度および非接触型変位計ソイルストレインゲージにより加圧板の相対水平変位（せん断変位）である。加振実験後に供試体の乾燥重量を測定して密度を求めた。

3. 実験結果と考察

図-3 a) b)に各ひずみ振幅に対する等価せん断剛性 G_{eq} を初期せん断剛性 G_0 で正規化した G_{eq}/G_0 と各ひずみ振幅 γ の関係をゆるづめ及び密づめに対して拘束圧をパラメータとして示す。ただし、ここでいう G_0 は後述する実験結果を $R-O$ モデル化して得られた最大等価剛性 G_{eq} である。同図より密度の差にかかわらずせん断剛性のひずみ依存性は拘束圧に影響され、その傾向は拘束圧の減少に伴い G_{eq} のひずみ依存性は大きくなり、従来の結果と定性的には一致している。 $G_{eq}/G_0 = 0.5$ におけるせん断ひずみの範囲は、ゆるづめで $1.8 \times 10^{-4} \sim 6.5 \times 10^{-4}$ 、密づめで $2.5 \times 10^{-4} \sim 8.0 \times 10^{-4}$ にあり、この結果を原他¹⁾、奥村他²⁾と比較すると実験条件、方法および G_0 の定義に差異はあるが、本実験結果ではせん断剛性のひずみ依存性におよぼす拘束圧の影響が小さく評価されている。この原因の一つとしては、供試体のせん断変形が仮定した様に高さ方向に直線的ではなく、供試体上部で大きく変位している可能性があり、現在、供試体の変位分布をチェックして検討中である。

図-4 は実験結果に基づき、 $R-O$ モデルでモデル化して得られた G_0 と拘束圧の関係を示したものである。供試体の密度のバラツキを含めて考えると、定性的には原他¹⁾の結果と同様、拘束圧が大きい場合に比べて G_0 の拘束圧依存性が小さく、 G_0 はほぼ σ'_m の 0.2～0.25 乗に比例している。

今回の実験結果を $R-O$ モデルにより近似した結果を実験値とあわせて、ゆるづめ、密づめ各一例を図-5 a) b) に示す。両者とも $G_{eq} \sim \gamma$ および $h_{eq} \sim \gamma$ 特性は $R-O$ モデルで低拘束圧下においても良好な近似が得られた。このことは、 $R-O$ モデルによる数値解析の可能性を示唆していると考えられる。

4. おわりに

本実験結果より極低拘束圧下においてもせん断剛性のひずみ依存性が拘束圧に影響されていることが及び $R-O$ モデルによる動特性のモデル化の可能性があることが知られたが、本実験方法は完成されたものではなく、供試体内せん断ひずみの一様性、供試体底部の土圧分布など未解明な問題点も多い。しかし、比較的簡易な実験方法の一つとして今後上述の問題点を解決し、また粘土等他の土質材料にも適用を計っていく所存である。

本研究は運輸省港湾技術研究所 構造部ならびに土質部の御指導のもとに進めてきた研究成果の一部であることを付記し、関係各位に厚く感謝いたします。

参考文献) 1) 原他：低上載応力下における砂のせん断変形特性に関する研究，第17回土質工学研究発表会(1982) 2) 奥村他：低応力下における砂質土の剛性率，第17回土質工学研究発表会(1982) 3) 杉本他：低拘束圧の砂の動力学特性，第18回土質工学研究発表会(1983)

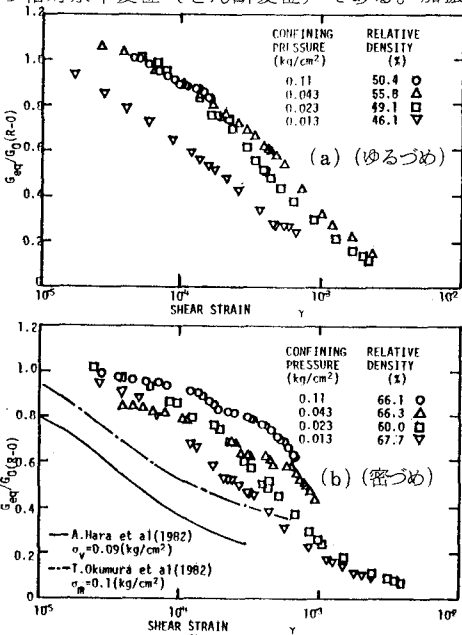


図-3 $\frac{G_{eq}}{G_0}$ ， γ と σ_m の関係

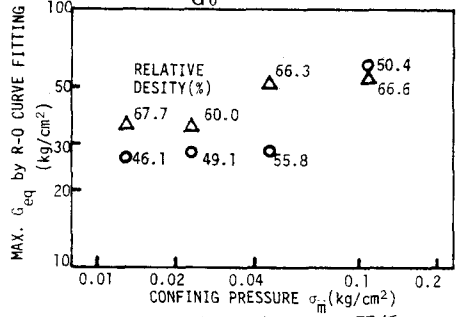


図-4 G_0 ($R-O$) と σ_m の関係

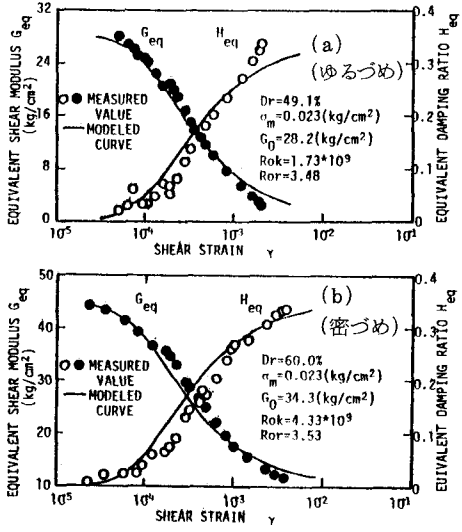


図-5 $R-O$ モデルによるモデル化