

低拘束圧下での砂のせん断弾性係数に関する振動台実験

山口大学工学部 正会員 大原資生
山口大学工業短期大学部 正会員 ○山本哲朗
山口大学工学部 森田 匠
山口大学工学部 森岡弘道

1. まえがき 本文は振動台を利用した実験装置を用いて低拘束圧下での砂のせん断弾性係数を測定した結果を述べている。さらに、その結果と他の方法による通常の拘束圧下での実験で得られた砂のせん断弾性係数とを比較した。今回の実験で用いた装置は、われわれの研究室で試作し、これまで飽和砂の液状化特性などを明らかにするために用いてきた装置^{1), 2)}の一部を改造したものである。以下に、実験装置および方法、結果について順次述べる。

2. 実験装置および方法 実験装置は、図-1に示すとおりである。この装置は、飽和砂の液状化実験などに用いられてきた装置のうちで、供試体内の間隙水圧を測定する回路を除く等の改造を行ったものである。装置の特徴としては、供試体の直径、高さはそれぞれ 60cm、約7.5cm であるので、粒径の比較的大きい試料に対する液状化実験およびせん断弾性係数の測定を行い得ることがあげられる。また、厚さ1cm のドーナツ状の塩化ビニール板リングが供試体の周囲に4 枚積み重ねられているので、供試体のせん断変形が拘束されず、しかも側方への膨れ出しが防止される。今回の実験では、供試体の表面には質量 100kg あるいは 255kg の載荷板がのせられており、これによって供試体の表面には有効鉛直圧 $\sigma'_v = 3.5\text{kPa}$, 8.8kPa が作用する。また、振動時の載荷板などの慣性力によって供試体にせん断応力が作用する。

実験方法は、次のとおりである。まず、供試体は、次のようにして作製した。含水比 (w) が 20 %程度の湿潤状態の豊浦砂をリム (10) に取り付けしたゴムスリーブ内に詰める。その後、砂層の表面に載荷板をのせた後、振動数 (f) = 3Hz, 水平震度 (k_h) = 0.4 の正弦波形の加速度を 90 秒間与えて砂層を締め固めた。このようにして作製した供試体の間隙比 (e) は、ほぼ 0.97 である。

豊浦砂の物理常数は、次のようである。比重 (G_s) = 2.63, 最大粒径 (D_{max}) = 0.84mm, 50% 粒径 (D_{50}) = 0.27mm, 均等係数 (U_c) = 1.6, 最大間隙比 (e_{max}) = 1.028, 最小間隙比 (e_{min}) = 0.678。

次に振動台を駆動して供試体全体に $f = 3\text{Hz}$ で振幅一定の正弦波形加速度を段階的に増加させて与えた。加速度の大きさは、水平震度 (k_h) に換算してほぼ 0.025, 0.05, 0.10, 0.20 およ

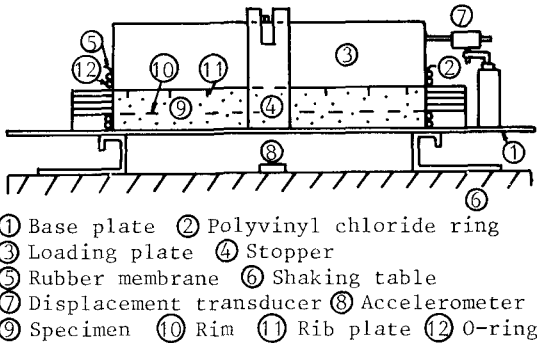


Fig.1 Test apparatus

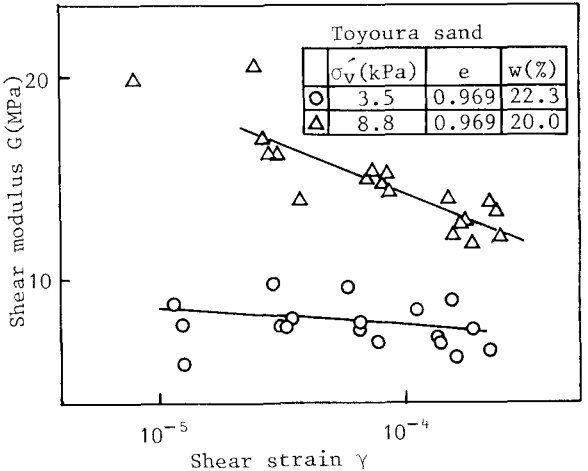


Fig.2 Relation between G and γ for Toyoura sand

び0.30である。また、各加速度の加振時間は20秒である。

実験中には、振動台の加速度および供試体表面上の載荷板の水平変位振幅は、それぞれ抵抗線ひずみ計式の加速度計（容量：5g）、抵抗線ひずみ計式の変位計（容量：10mm）で測定された。これらの測定量は、ペンオシロに記録した。

3. 実験結果および考察 本振動台実験では供試体底面に作用するせん断応力（ τ ）は $\tau = k_n \cdot W/A$ で計算し得る。ここで、 W は（供試体+載荷板+リング）の重量で、 A は供試体の断面積である。せん断ひずみ振幅 γ は $\gamma = \Delta y/H$ で与えられる。 Δy 、 H はそれぞれくり返しせん断変位振幅、供試体の高さである。せん断弾性係数 G は $G = \tau/\gamma$ で与えられる。

図-2はせん断弾性係数 G とせん断ひずみ γ の関係を示す。図中、○印、△印はそれぞれ供試体底面に作用する有効鉛直圧 $\sigma'_v = 3.5\text{kPa}$ 、 8.8kPa での結果を示す。図-2からわかるように、振動台実験で得られた低い有効鉛直圧下での G は、くり返し単純せん断試験機を用いて得られた $\sigma'_v = 100\text{kPa}$ のような通常の鉛直応力下での G^0 に比べると、ややばらつきが大きい、次の点が明らかにされた。すなわち、本実験のような低い有効鉛直圧下における G は、通常の有効鉛直圧下での G と同様に、せん断ひずみ γ が大きくなる場合、また有効鉛直圧 σ'_v が小さくなる場合に減少する。

図-3は本実験で得た砂の G と他の実験で求められた砂の G とを比較するために、奥村らの論文¹⁾での図-8の中に図-2のわれわれの実験値を示した。 $\gamma = 1.0 \times 10^{-5}$ の結果である。図-3に示されるように G は通常の拘束圧下で豊浦砂およびそれに近い砂の G に及ぼす間隙比の影響の度合を表わす係数 $f(e) = (2.17 - e)^2 / (1 + e)$ で除している、各実験間の砂の間隙比の違いが G に与える影響は、無視できる。すなわち、図-3は砂のせん断弾性係数 G と平均主応力 σ'_m の関係を示したものである。 σ'_m は K_0 を静止土圧係数として $\sigma'_m = (1 + 2K_0)/3 \cdot \sigma'_v$ で与えられる。 K_0 は0.4とした。

図-3からわかるように本振動台実験から得られた低拘束圧下での $G/f(e) \sim \gamma$ 関係は、通常の拘束圧下での結果（図-3中の三軸試験およびねじり試験の結果）から外挿される低拘束圧下での結果とほぼ一致する。すなわち、本実験範囲内で有効鉛直圧が 10kPa 以下の場合でも低拘束圧下でのせん断弾性係数に及ぼす平均主応力の影響は、通常の拘束圧下での結果とほぼ同ようであるとの結論が得られた。

4. まとめ 振動台を利用した実験装置を用いて低拘束圧下での砂のせん断弾性係数を求めうことが示された。また、本振動台実験から得られた砂のせん断弾性係数と平均主応力の関係は、通常の拘束圧下での結果から外挿されるその関係とほぼ一致した。

参考文献 1)大原資生・山本哲朗：振動台による飽和砂の再液状化特性に関する実験的研究、土質工学会論文報告集、Vol.22, No.2, pp.123-132, 1982. 2)O-hara, S., Kotsubo, S. and Yamamoto, T.: Pore Pressure Developed in Saturated Sand Subjected to Cyclic Shear Stress under Partial-Drainage Conditions, Soils and Foundations, Vol.25, No.2, pp.45-56, 1985. 3)大原資生・安永文夫・藤井信夫：乱さないシラスの動的性質、土質工学会論文報告集、Vol.14, No.4, pp.107-114, 1974. 4)奥村哲夫・成田国朝・大根義男：低拘束圧下における砂質土の動的変形特性、土木学会論文集、第364号/111-4, pp.67-76, 1985

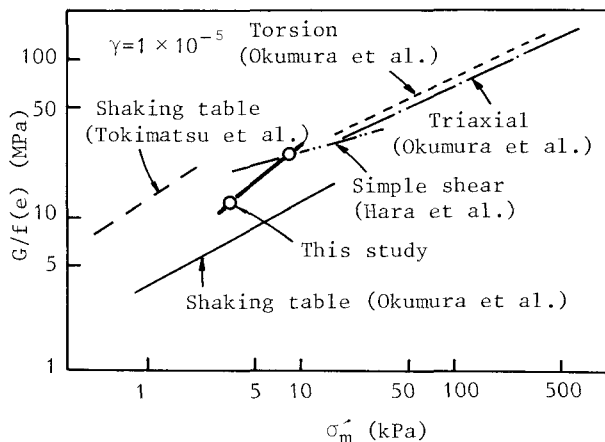


Fig.3 Relation between $G/f(e)$ and σ'_m (after Okumura et al., 1985)