

畿知工大 (正員) 奥村哲夫 成田國綱 大根義男

1. はじめに 筆者らは、フィルタムの耐震設計への基礎資料を得るために、大型模型振動実験(提高 $2m$)あるいは振動実験モデルの解析を行っている。この種の解析を行う場合、模型実験の応力レベルに合った、低応力下の動的変形特性が必要となるが、実験の困難さなどの理由から、一般に用いられる拘束応力($\sigma_m > 0.3 \sim 0.5 \text{ kgf/cm}^2$)で得られる結果を外挿して物性値を推定している。しかし、モデルの作成がローラー等を用いた締固めで行っていることから、モデルには作成時に何らかの先行応力が作用し、特に表層部付近では、一種の過圧密状態にあると考えられる。従って、外挿法により推定した低応力下の物性値はモデルの物性を正確に表現しているとは言えない。このことから、現在使用している振動三軸試験機を一部改良し、精度上のチェックを行って低応力下の動的変形特性について調べてみた。なお、本研究は文部省科研費による研究の一部であることを付記し謝意を表する。

2. 実験方法 提高 $2m$ のモデルでは、

表・1

型 式	差動トランス
容 量	200kg+
分 解 能	∞ (1/1000)
直 線 性	0.5% FS
共振周波数	20 HZ

拘束応力は $\sigma_m = 0.04 \sim 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ (深さ $0.3 \sim 2m$) の範囲であり、この応力レベルで実験を行うために、図1の図中に示すような水柱による載荷方式を採用した ($\sigma_m \geq 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ の実験は空気圧による載荷)。

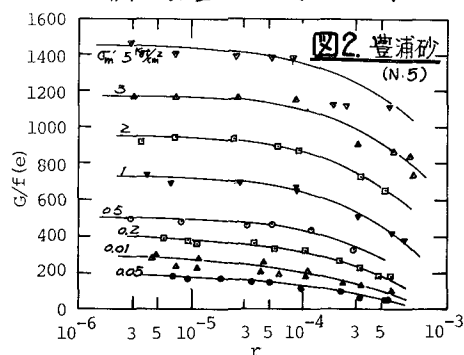
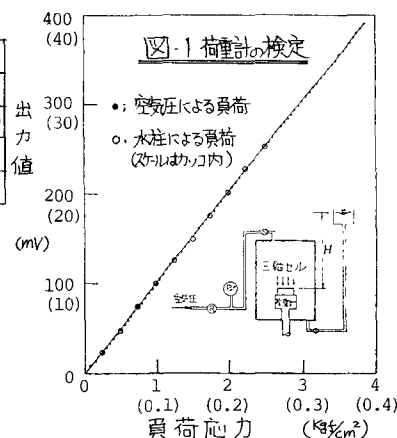
また、低応力下の実験では、①軸応力の測定値に摩擦等が影響しないことと、②軸応力の測定に用いる荷重計(表1)の精度が問題となる。そこで、①に対しては荷重計を防水処理し、三軸セル内で軸応力の測定を行う。②に対しては図1の図中に示す方法で荷重計の検定を行った。

この結果は図1に示すとおりであり、負荷応力と出力値の間には明らかに比例関係が存在し、精度的に問題はないと考えられる。なお、負荷応力は、 0.25 kgf/cm^2 以下では水柱高さ H 、これ以上では精密圧力計(長野計器製、0.25級、最小目盛 0.02 kgf/cm^2)によって決定した。

軸変位の測定は供試体上部キャップと荷重計受圧部(供試体下部)の間に取付けた非接触変位計によって行った。供試体の形状は $50\phi \times 125mm$ 、供試体への軸応力の載荷は変位制御で $f = 0.5 \text{ Hz}$ 、正弦波である。

3. 実験結果 モデル材料を扱う前の基礎実験として、豊浦砂を用いて実験を行い、低応力下のせん断弾性係数 G の特性と、本試験機から得られるデータの検証を行った。実験は飽和供試体で圧密排水条件とした。 G の算定は、載荷回数 $N \div 5$ 回目の応力-ひずみ履歴ループから $\nu = 0.5$ として通常用いられる弾性式により行った。

得られた G を密度補正した $G/f(e) = \{f(e) - e\} / (1 - e)$ とせ



断面のずれの関係(図2)から、 $G/f(e)$ と σ_m の関係を求めた。
この関係は図3に示すように直線関係となり、応力 K に対しても実験式、 $G=A(r)f(e)\sigma_m^{m(r)}$ 、 $\{A(r), m(r)\}$ は r の関数¹⁾が成立することがわかる。また、 $A(r), m(r)$ の値を岩崎らの結果と比較すると表2のようになり、本実験値の $A(r)$ が幾分低めであるがほぼ同一の結果となっている。

図4は r のずれ依存性を示しており、実線は本実験値(G_0 は $r=10^{-6}$ のときの G とし図2から推定した)、破線は柴田らの提案式($G_0=1+10^3 \frac{r}{\sigma_m}$)による結果である。

表 2

r	$A(r)$	$m(r)$
1×10^{-5}	$\frac{850}{720}$	$\frac{0.44}{0.43}$
1×10^{-4}	$\frac{700}{630}$	$\frac{0.50}{0.50}$
上段：岩崎ら(共置法) 下段：本実験値		

これによると、本実験値は柴田らの結果と比較して全体的に下側に位置しており、 $\sigma_m=0.05 \text{ kg/cm}^2$ の小さいずれレベルで両者の差が著しいことがわかる。

図6は振動実験モデルから不攪乱状態で採取した試料の $G/f(e) \sim r$ 関係(図5)を用いて $G/f(e)$ と σ_m の関係を求めた結果である(実験はU-U条件、試料の物性は、 $G_0=2.673$ 三角座標分類 砂質ローム、 $\gamma_{dmax}=1.888 \text{ g/cm}^3$, $W_{opt}=12.4\%$)。この結果をみると $\sigma_m=0.2 \sim 0.3 \text{ kg/cm}^2$ 付近を境に直線の傾きが異なっており、一般の応力レベルの結果から応力下の G を推定することはできないことが知られる。

図7は $r=4 \times 10^{-6}$ のときの G を G_0 として $G/f(e) \sim r$ 関係を求めた結果である。 $\sigma_m > 0.5 \text{ kg/cm}^2$ の結果は豊浦砂と同様に一般に知られている傾向を示しているが、 $\sigma_m < 0.2 \text{ kg/cm}^2$ では小さいずれレベルにおいて上記とは全く逆の傾向となっている。

4. まとめ 以上の結果から、モデルの解析に当ってはモデルの応力レベルで G を求め、 G のずれ依存性に十分注意を払う必要があることが知られた。

- (参考文献) 1) T. Iwasaki and F. Tatsuoka: Effects of grain size and grading on dynamic shear moduli of Sands, Soil and Foundations, Vol.17, No.3, 1977.
2) 柴田徹, Djoko S. Soelarno; 繰返し載荷を受ける砂質土の応力-ずれ特性, 地盤工学報告集, 第239号, 1975.
3) 龍岡, 足立, 新体系土工学(18), 技報堂出版.

