

東北大学工学部 正 柳沢繁司
同 上 学 O 楊 煜亮
同 上 学 渡辺 登

1 はしがき

土工学においては、地盤や土の弾性波の伝播の知識の利用が重要であると言われており、例えば1960年 F.E. Richart は弾性波の伝播の知識を利用して基礎の振動を研究している。また弾性波速度は耐震工学上必要な基本的な量であるのでこのような値が実験室的に求められることが望まれている。本報告は共振柱試験装置を利用して様々な応力状態における粒状材料の動的剪断弾性係数 G を直接求める方法について述べるものである。

2 共振柱試験

共振柱試験の原理は供試体を1自由度の強制振動で振動させることにより共振点を求めることにある。強振力の振動波形を $\theta \sin \omega t$ で表わせば、次式により G が求められる。

$$G = \frac{128\pi h}{d^4} \times J \times f^2$$

h : 供試体の高さ

d : 供試体の直径

J : 排振とダミーの慣性二次モーメント

f : 共振動数

剪断弾性係数の知られているダミーサンプルを利用して、様々な応力状態の J の値をあらかじめ求めおき、実験的に f を測定することより波速を扱うことなしに直接 G が求められる。

主応力空間において、 σ_1 と $\sigma_2 = \sigma_3$ の平面上で静水圧軸に直交する直線における奥の八面体主応力は $\sigma_{oct} = \text{const.}$ である。(図-1)

$$\sigma_{oct} = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$$

八面体剪断応力 τ_{oct} は

$$\tau_{oct}^2 = (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2$$

$$\sigma_2 = \sigma_3$$

$$\tau_{oct}^2 = \frac{2}{3}(\sigma_1 - \sigma_3)^2$$

で示される。

この実験の目的は σ_{oct} 、 τ_{oct} を変化させることにより、上述の G が如何に変化するかを求めることにある。

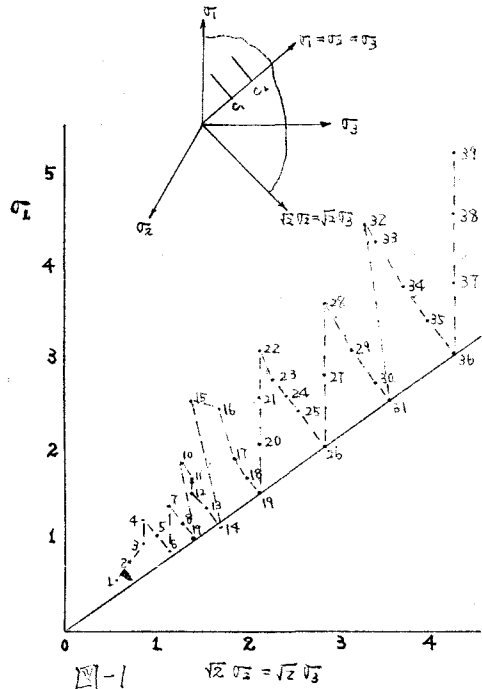


図-1

試	2	8	16	20	22	25	27	30	35	36	39
σ_{oct}	0.59	1.00	1.61	1.68	2.02	1.99	2.49	2.30	3.00	3.01	3.74
第1回月 G	6.03	6.52	6.84	6.30	7.13	7.01	7.91	7.37	7.91	7.27	9.12
(載荷) 変動率	+16.4	20.2	22.1	11.5	20.6	10.8	17.2	11.9	10.1	3.6	0
第1回月 G	5.43	5.75	5.76	6.13	6.41	6.33	6.66	6.66	7.28	7.01	9.12
(除荷) 変動率	-4.8	6.0	2.8	8.6	0	0	-1.3	-1.3	1.2	0	0
第2回月 G	5.18	5.42	5.60	5.65	6.41	6.33	6.75	6.58	7.19	7.01	9.12
第3回月 G	5.18	5.42	5.60	5.65	6.33	6.16	6.66	6.58	7.10	7.01	9.12
変動率	0	0	0	0	-1.3	-2.6	-1.3	0	-1.2	0	0

表-1 載荷/除荷、応力経路による G の変動率(%)

$$G: \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$$

3 実験方法

実験装置は、三軸試験機を応用したものであり、カプセルの上部にはねじり振動を加えるため、2個の起振機が取り付けられている。起振機は外部の発振器に連結されており、発振器によって振動数に変化させられる。拘束圧と軸圧は空気圧によって加えるようにしてある。

実験方法は、まず、三軸試験機と同様に円柱の供試体を作成し、直径、高さ、重量を測定して、カプセルをセットする。図-1の応力経路にしたがって各応力状態に対して、発振器によって振動数を変化させることによって、加速度計によって共振振動数を測定する。サ一回目の载荷は図-1の応力経路に従って、1から39までの各点で測定を行う。その後、39点の応力状態のまま10分間载荷して（振動は加えない）から载荷応力経路の逆方向に沿って除荷しながら、各点における点でそれぞれの共振振動数を読む。サ二回目の载荷はサ一回目の応力経路に沿って载荷する。それぞれの応力状態の共振振動数を読む。又サ三回目の载荷はサ一回目の応力経路と異なる経路で载荷する。

4 実験結果及び考察

標準砂を用いた実験結果によれば、サ一回目の载荷の Q が一番大きい。除荷する時の Q が小さくなり、サ二回目载荷の Q はほぼ一定値になる。サ二回目载荷の Q を基準として変動率を表-1に示す。過去の最大応力と Q を測定する応力状態との比が小さいほど、変動率が小さくなる。点39の応力状態が常に最大応力状態になるようにしながら、この応力状態では Q の変動は小さい。サ二、三回目の結果の比較によつて、preloadしてからの応力経路の差異による Q の値の変化は少ない。表-2に示すように Q は σ_{oct} に依存するが σ_{oct} の Q に対する影響はほとんどない。 σ_{oct} が一定である時、 Q はほぼ一定値であり、この時の偏差はほぼ5%以内である。図-2に $Q-e$ 関係を示す。図-3に $Q-\sigma_{oct}$ 関係を示す。砂の場合には Q が σ_{oct} の0.33乗に比例する。ガラスビーズの Q は σ_{oct} の0.48乗に比例する。

点	22	23	25	26	28	29	30	31	32	33	34	36
σ_{oct}	2.02	1.98	1.99	2.00	2.52	2.49	2.50	2.51	3.01	3.01	2.98	3.01
τ_{oct}	0.53	0.29	0.16	0.00	0.54	0.16	0.02	0.00	1.01	0.75	0.29	0.00
Q	5.16	5.20	5.12	4.98	5.43	5.49	5.31	5.28	6.36	6.07	5.99	5.82
Q_{ave}		5.12			5.38				6.06			
偏差	0.9	1.6	0.2	-2.6	1.0	2.0	-1.2	-1.8	4.9	0.2	-1.2	-3.9

表2 σ_{oct} , τ_{oct} と Q の関係

偏差: % $Q: \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$

