

北海道大学工学部 正員 ○土岐 祥介

I 概説

この報告は、砂の動的弾性係数におよぼす、粒径、および均等係数の影響を実験的に求めたもので、乾燥砂の応力とヒズミの関係が、ケルビン-フォークトモデルで表わされると考え、各種粒径および粒度分布の試料を調整し、直径5^{cm}、高さ16^{cm}の供試体の自由曲げ振動を測定して、動的弾性係数と粘性係数を求めたもので、昨年度の報告と同じ装置を用いて実験を行なった。

II 試料

表-1に粒径の影響をしるべし実験に用いた試料の種類を示す。北海道湧払砂を砕いてふない分けしたものである。表-2は、均等係数の影響をしるべし実験に用いた試料で、表-1の試料を有効径が等しく、粒径が加積曲線上で直線になるような配合に調整したものである。湧払砂は石英粒が目立ち、頁岩や安山岩の石基が混在している。顕微鏡により観察すると、粒径の大きなものの稜角は、小さな粒径のものより丸みをおびているようである。

III 粒径と弾性係数および粘性係数との関係

図-1は、有効径と弾性係数の関係を示したものである。表-1に示すように、これらの試料の均等係数はほぼ等しいので、粒度分布の影響はないものと思われる。有効径の増大とともに弾性係数は増大し、拘束圧の大きなものほど有効径の増加とともに急激に弾性係数が増大しているようにみえるが、各実験ケースの弾性係数 E と、同一荷ゲキ比、拘束圧ごとの弾性係数の平均値 E_m との比 E/E_m を有効径に対しプロットしてみると、図-2に示すように、荷ゲキ比、拘束圧の区別なく、 E/E_m の増加割合はおよそ等しく、この実験範囲では、試料の有効径が 0.1^{mm} から 1.0^{mm} に増加することにより、弾性係数は約 15~20% 増加している。砂の粒径の影響について、Herdin-Richart は、砕

表-1

試料番号	粒径 ^{mm}	均等係数	有効径 ^{mm}
No.1	0.075~0.110	1.21	0.078
No.2	0.110~0.149	1.17	0.114
No.3	0.149~0.250	1.30	0.158
No.4	0.250~0.350	1.17	0.260
No.5	0.350~0.420	1.08	0.360
No.6	0.420~0.590	1.18	0.440
No.7	0.590~0.840	1.19	0.620
No.8	0.840~1.410	1.32	0.890
No.9	1.410~2.000	1.19	1.480

表-2

有効径 $D_{50}=0.114$ ^{mm}		有効径 $D_{50}=0.078$ ^{mm}	
試料番号	均等係数	試料番号	均等係数
I	1.17	VI	1.21
II	1.80	VII	1.80
III	3.00	VIII	3.00
IV	5.00	IX	5.00
V	9.00	X	9.00

注) 試料 No.1 と試料 II、
試料 No.2 と試料 I
は同一のものである。

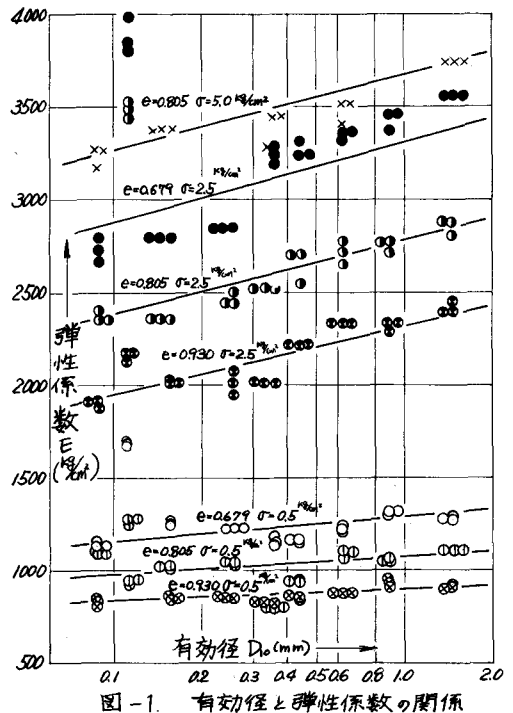


図-1. 有効径と弾性係数の関係

いた3種類の粒径の Ottawa 砂についての実験から、粒径の影響はないとしているし、Kirkpatrick²⁾は、粒径0.3~2.0の6種類の人工的に調整した砂についての実験より、frictional componentは、粒径に無関係という結果を出している。一方、飯田³⁾が砂と鉛散弾について、粒径0.3~1.3の間で粒径を4~5段階に変えて行なった実験

では、粒径の大きなものの弾性波の伝播速度がやや大きくなっており、また、Kolbuszewskiが行なった前述のKirkpatrickと同じ目的の実験は、両者で異なる結果を示している。砂粒子の鉱物的組成、粒形が、粒径の異なる試料のあいだで完全に同一でなければ砂の性質におよぼす粒径の影響をしりべることは出来ない。この実験では、粒径の小さい試料に多少石英以外の鉱物が多かったようであるが、粒形はほぼ一様であり、粒径の影響が求められたと思われ、他の研究と比べ、まだ研究の余地があるようである。粘性係数は、有効径の増加とともに減少し、データのばらつきがやや大きかったが、試料No.9の粘性係数は、No.1の約65%の大きさであった。

IV 均等係数の影響

図-3は均等係数と弾性係数の関係を示したものである。両者は半対数紙上で直線関係にあり、均等係数が1.2から9.0に変化することにより、弾性係数は、約50~80%減少している。これは、各試料の間ゲキ比に一定の値($e=0.68$)にして行なった実験であるので、均等係数の異なる供試体のあいだでは相対密度が違っていることになる。図-4は、相対密度と弾性係数の関係を示したもので、昨年報告した落松砂($C_u=2.1$ $D_{10}=0.2^{mm}$ $e=0.67$)について行なった実験結果が同時に記入されている。図中の数字は、均等係数を示したもので、拘束圧の大きいところでデータのばらつきが大きい、同一拘束圧ごとのデータは均等係数とは無関係に直線付近に集っていて、均等係数による顕著な影響はみられない。均等係数は、ある砂のその間ゲキ比がどの程度のしり具合にあるかを定めるので、相対密度が間ゲキ比と均等係数の影響を同時に表現し、弾性係数と良い相関性を示すものと思われる。

□ 謝辞

この研究に種々御助言をいただき、また便宜をはかり下さった北郷繁教授、ならびに卒業論文として実験を行なった本学卒業生、青藤和秀、佐久間達男君に深い感謝の意を表します。

- 1) 土師石名: 砂の動的弾性係数に関する実験, 第23回土木学会年次学術講演会 昭和43年
 2) W.Kirkpatrick: Effects of grain size and grading on Shearing Behaviour of granular material, 6th Int. Conf. on S.M.F.E. 1965
 3) K.Iida: Velocity of Elastic Waves in a granular Substance, Bull. E.R.I. Tokyo Univ. Vol. XVII, 1939

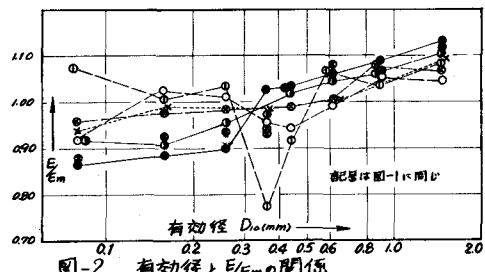


図-2 有効径とE/E0の関係

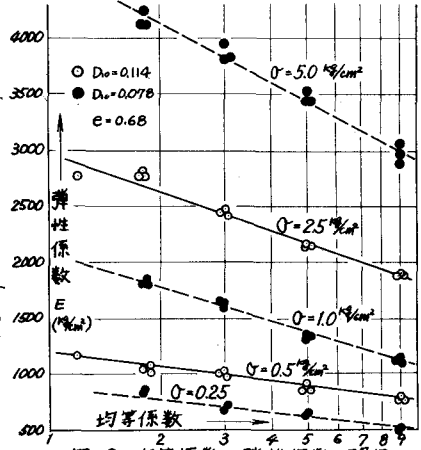


図-3 均等係数と弾性係数の関係

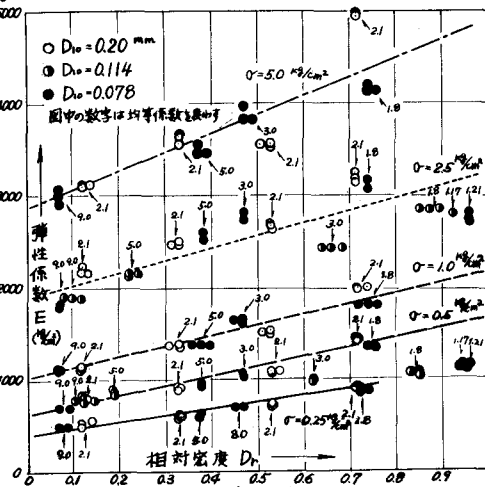


図-4 相対密度と弾性係数の関係