

III-80 任意方向振動をうける粒状体の実験について

東北大学工学部 正員 佐武正雄
同 正員 ○田野久貴
同 学生員 関田欣治

1 まえがき

粒状体の動的性質は構成粒子の挙動が複雑であるため、主として実験的に研究されているが、本文は、水平、垂直両方の振動を合成して任意方向の振動を与えることの出来る試験装置を製作し、これによって粒状体(砂、砂利、礫石)の振動締固め実験を行い、振動角度の変化による影響などについて研究し、考察を行なったものである。

2 実験

2-1 実験装置 実験に用いた装置を写真-1に示す。その原理は図-1に示すように、2台の電磁式加振機(日本測器 517-B型)とそれぞれ水平及び垂直方向に設置し、2台を同時に(同位相)作動させて、2次元的に任意方向の合成正弦振動を得る。振中はオシロスコープを用いて制御を行い、また位相差を生じないように位相調整器を使用した。

2-2 試料 粒状体として表-1に示すような試料を用い、そのうち砂利・礫石については粒径によってそれぞれ4種類に分類し、計9種類の乾燥した試料により実験を行った。

粒径(mm)	砂利	比重	礫石	比重
25~5	I	2.41	I	2.60
5~10	II	2.40	II	2.62
10~15	III	2.43	III	2.63
15~20	IV	2.43	IV	2.62
20以下	砂	2.71		

表-1. 試料

2-3 実験方法 加振台に写真-1, 図-1に示すような容器(60×60×30 cm)を設置し、試料を60kg入れて実験を行った。全振中(1mm)を一定に保ち、振動方向を水平に対して $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ と変化させた。また振動数も2Hzおきに16~24Hzまで変えて行い、さらに $\theta = 0^\circ$ については26Hz, 30Hz, 34Hzをも加え、各試料につき28種類の振動締固め実験を行った。図-2に示すような方法により、実験の前後で間ゲキ比を測定した。

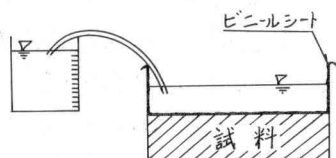


図-2. 間ゲキ比の測定方法

なお振動締固め時間に関しては、各試料について約60分間締固めを行った結果、8分程度で最も安定した間ゲキ比を得ると判断し、本実験では各試料とも8分間振動を加えた。

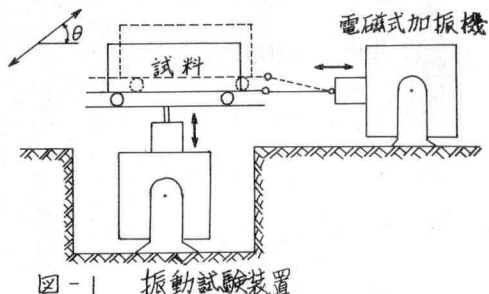


図-1 振動試験装置

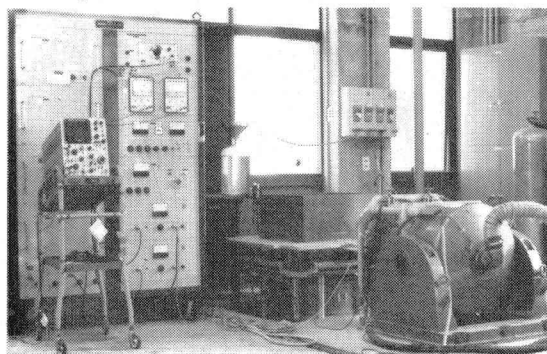


写真-1 振動試験装置

3 実験結果

3-1 合成加速度と間ギキ比の関係

実験結果の主なものを図-3に示す。図に見られるように、各試料とも振動方向が $90^\circ \sim 0^\circ$ になるに従い締固め効果は増加する。また増加の仕方振動方向によってかなりの相違が観察される。すなわち 90° と 0° とでは、曲線の傾向が異なり、 $\theta = 60^\circ$ の場合試料によって何れかに類似の傾向を示しており、 45° 以下では 0° に類似の傾向となっている。

また、一般に、いわゆる最適振動締固め加速度の存在するものと観察される。粒径が

大きくなるにつれて、この加速度も大きくなる。この加速度以上で、水平の場合試料のゆるむ傾向もみられるが、砂については本実験の範囲で、 30° 、 45° の場合にもこの傾向が現われている。

3-2 振動による斜面の形成について

30° 、 45° 、 60° 方向に振動させると写真-2に示すような斜面が形成され、特に高振動数になるに従いこの斜面角は大きくなる。

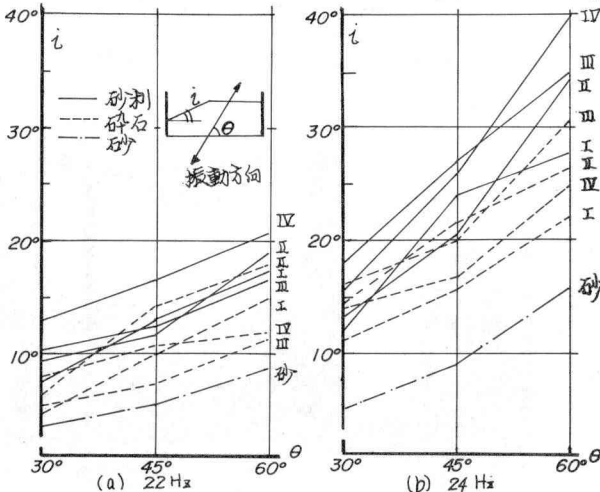


図-4 振動方向と斜面の角度

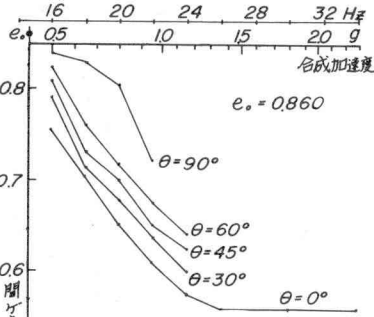


図-3(a) 砕石 I

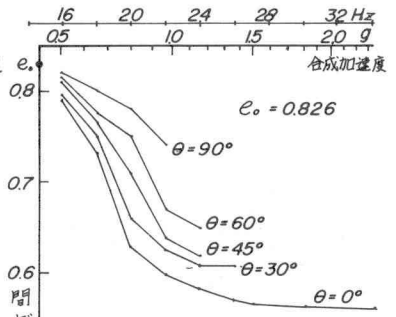


図-3(b) 砕石 IV

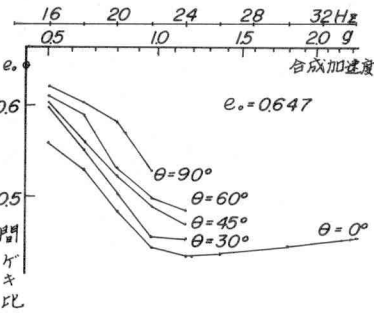


図-3(c) 砂利 I

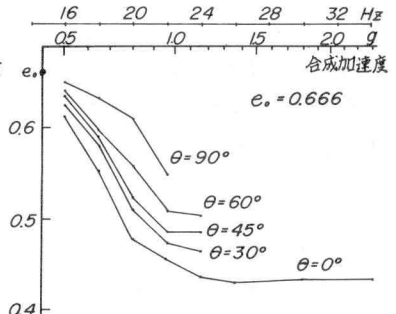


図-3(d) 砂利 IV

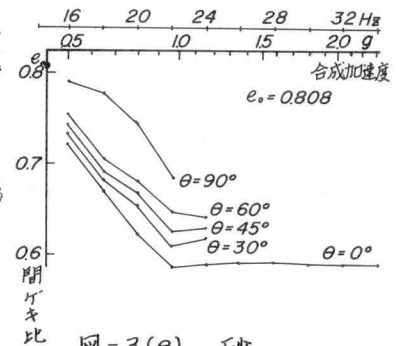


図-3(e) 砂



写真-2

また同じ振動数（合成加速度）においては図-4 に示すように、砂利では ϵ が大きく、砂で最も小さい。なお砂利については粒径の大きい程、 ϵ が大きくなる傾向がある。

4 考察

前節で述べたように、合成加速度を一定に保ち振動方向を変化させた場合には、水平に近いほど締固め効果が大きい。図-5 のように、垂直加速度成分と間げキ比の関係を図示してみると、水平加速度成分の締固めに対する影響の大きいことがわかる。さらに図-6 のように、水平加速度成分と間げキ比の関係を図示してみると、締固めは 殆んど水平加速度成分に依存していることが理解される。

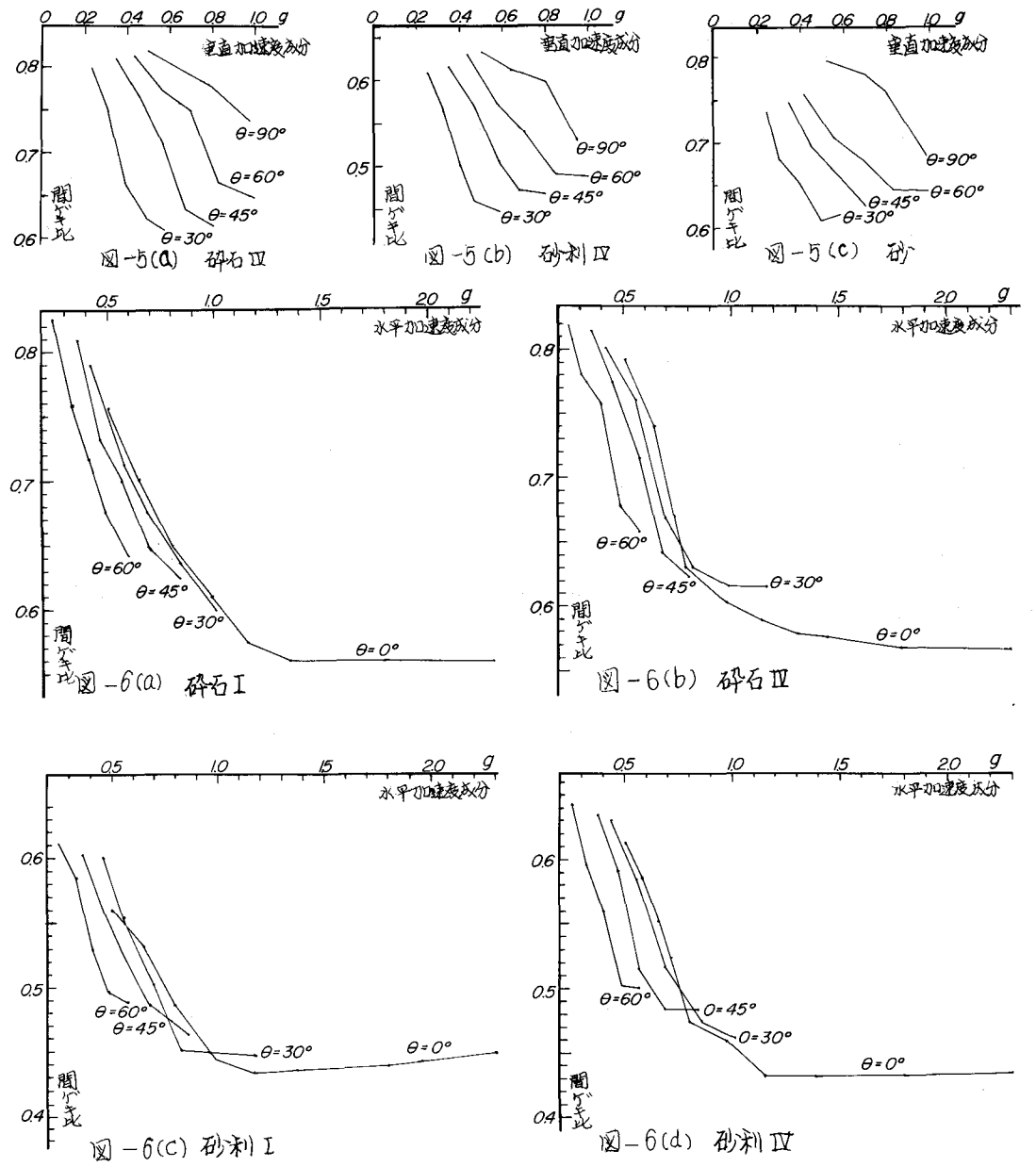


図-6において、ある点でグラフが交叉し、同一の水平加速度成分に対して、締固めの効果が逆になる傾向が観察される。例えば図-6(e)の砂の場合に、水平加速度成分 $0.77g$ 以下では 36° より 45° (すなわち合致加速度の大きい方) が締固め効果が大きく、 $0.77g$ 以上ではその逆になる。この現象は砂、砂利においては見られるが、碎石では明瞭ではない。

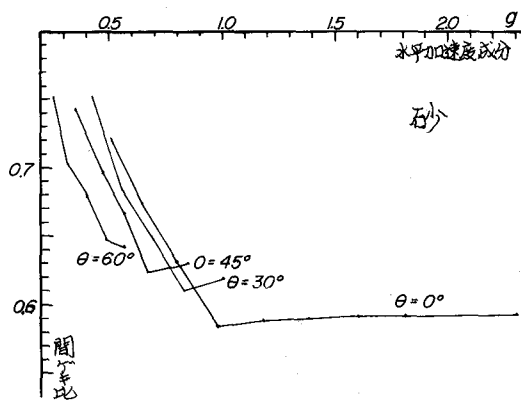


図-6(e)

3-1で述べたように、砂以外に砂利においても最適加速度を越えるとゆるむ傾向があるが、碎石でも試料によってこの傾向がみられた。水平振動に関してはすでにこの事実の報告^{1), 2)}がある。また振動方向が傾斜している場合には、振動締固めにおける最密状態と考えられる場合の最小間げき比に達しない最密状態が存在するということは興味深いことである。なお、この事は碎石については本実験の範囲では明確にできなかった。

また3-2で述べたように傾斜した振動によってある安定した斜面が形成されるが、碎石よりも砂利の方がその角度は大きく、静的な安定角と逆の傾向となっていることが注目される。

5 あとがき

この種の実験には実験値のバリエーションも大きいので、現在まで得られた結果を集約し報告した。振動実験では容器の側面の影響が大きいので、本実験では比較的大きい容器を使用した。試料については粒径のみならず、その材質や形状などの要因についても更に吟味する必要があると思う。また粒状体のモデルとして用いられる球状の人工試料についても実験を行ないたいと考えている。なお紙面の都合上実験結果の主なもののみを記したが、更に詳細な実験やその解析を今後を進めて行きたいと考えている。

実験を行うにあたり、技官石見政男、平形一夫、大学院生大道寺毅の諸氏のお世話になった。ここに謝意を表す。なお本研究は昭和49年度文部省科学研究費によって行ったこととを付記する。

参考文献

- 1) 例えは最上武雄：土質力学 技報堂(1969), 926~932
- 2) 佐武正雄, 浅野照雄：粒状体の力学的特性に関する実験 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集(1968), 113~116