

京都大学工学部 学生員

○崎谷 淨

京都大学工学部 正会員 足立 紀尚 建山 和由

1.はじめに

ゆる詰めめの砂に振動荷重を加えると砂粒子の相互移動が生じ、その結果全体として砂の高密度化 (Packing) が生じる。粒子の接触状況が関係する現象としては、熱や電気の伝導があり、特に、電気抵抗は測定が容易なので、金属粉体の充填過程の測定などにも利用されている。この電気抵抗測定により、畠山・福本らは銀メッキを施した電導砂を用いて砂の深さ方向の振動性状を調べている¹⁾。本研究は、電気の良導体であるコークス粉末を用いて、振動場の特性および粒状体の特性が、Packing 現象にどのように関与しているかを明らかにするために、振動台実験を行ったものである。

2.実験装置および実験手法

試料は様々な大きさに砕いたコークスをふるいで各粒径ごとに揃えたものを使用した。粒径は 4.75~2.0mm、2.0~0.85mm、0.85mm 以下とした。実験装置を図-1 に示す。側壁に電極を取り付けたアクリル製の土槽に、分別したコークスを敷き詰め、水平方向に振動させる。そのときの電気抵抗の変化を電極間の電圧変化として計測した。加速度計測・電圧計測およびそれらの記録には波形処理装置 (FFT ANALYZER, 小野測器製) を用いた。なお、加振時間は約 2 分とした。

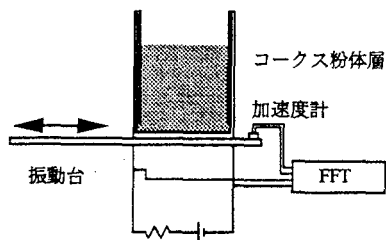
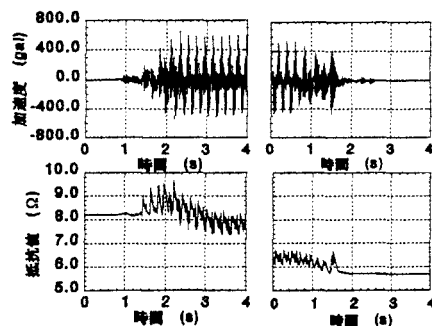
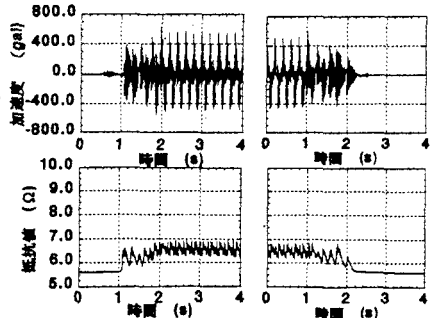


図-1 実験装置

3.実験結果

1) 振動中の粒子状況の変化に関する考察 図-2 に振動開始後と振動終了前の 4 秒間の加速度と抵抗値のグラフを示す。振動中の電気抵抗の変化をみると、振動開始と同時に一旦は抵抗値が上がるが、その後だんだんと下がっていく傾向がうかがえる。これは、振動がおきると砂粒子のかみ合いが外れ、砂粒子が一瞬浮き上がって不安定な状態になっていることを示していると言える。そしてその後の振動で砂粒子が相互移動現象、いわゆる Packing 現象を起こし、だんだんと密な状態へと変化しているため抵抗値が下がっているものと考えられる。

図-3 は図-2 の振動の後、再び同じ振動を与えたときの振動開始後と振動終了前の 4 秒間の加速度と抵抗値のグラフを示す。ただしこのとき、黒鉛粉体層は一回目の振動により粗から密な状態になっている。この図では、振動開始時に抵抗値が上がり、そのままの抵抗値が上がった状態で推移し、振動終了時にもその抵抗値の値となっている。これは、振動開始により粒子が再び不安定な状態となり、その後の振動によって密な状態になろうとするが、その与えられた振動強度によっては、それ以上の高密度化が進行しないことに起因していると考えられる。

図-2 加速度と抵抗値の時間変化 (1回目)
粒径 2.0~0.85mm 振動数 5.00Hz 振幅 4.96mm図-3 加速度と抵抗値の時間変化 (2回目)
粒径 2.0~0.85mm 振動数 5.00Hz 振幅 4.96mm

本実験では、完全に乱されたコークスを、締固めなどを一切行わずゆる詰め状態で試料として用いた。つまり試料には空隙が多く、振動開始によってその空隙を埋めるようにして起きるいわゆる一次沈下と、その後の振動によって、粒子どうしがさらに密な状態になろうとして滑動しあって起きる二次沈下があるものと思われる。その傾向は図一2のように振動開始後の抵抗値の傾きが急激に下がり、その後緩やかになっていることからうかがえる。

2) 振動前後における密度変化と電気抵抗比の関係 電気抵抗比は次式で定義される。

$$\text{電気抵抗比} = R_0/R_x$$

ここに、 R_0 は初期抵抗値を表し、 R_x は振動後の抵抗値を表す。 R_0/R_x の値は粒子間の電気抵抗値が、初期値からどれだけ変化したかを示すものである。 R_x は完全に粒子が離れた状態で無限大の値を取るのので、 R_0/R_x の値は0になり、もつとも密な状態の時に粒子の大きさ、形状ごとに、ある一定の最小値 R_1 の値を取るのので、 R_0/R_x の値はこのとき最大となると考えられる。つまり、 R_0/R_x は粒子の接触状況の変化を定量的に表すパラメータと考えることができる。

図一4にコークス粉体層の振動前後の密度変化と電気抵抗比の関係を示す。これらの図は粒径ごとに三枚の図になっており、それぞれの図は各振幅ごとにプロットしてある。全体的な傾向としては、粒径4.75～2.0mm、2.0～0.85mmにおいては、密度が少ししか変化していない領域の R_0/R_x の値の傾きが大きくなり、それ以上密度が増すと、抵抗値と密度変化の関係にある程度相関関係が見られる。それに比べて、粒径0.85mm以下においては密度変化と R_0/R_x の関係がほぼ比例関係となっている。

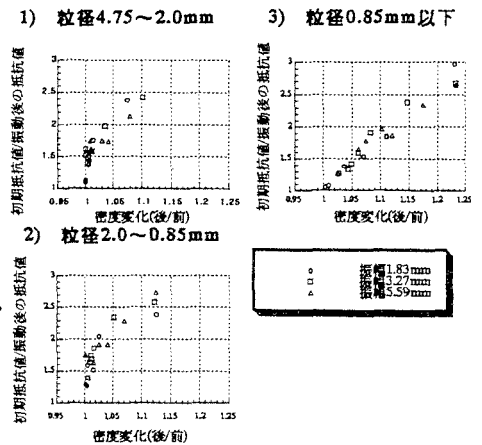
3) 振動数と電気抵抗比の関係 図一5に振動数と電気抵抗比の関係を示す。図一5を見ると振動数の増加にともない R_0/R_x の値は増加する傾向が見られる。そして振幅が大きくなるにつれ振動数が小さいときの R_0/R_x の値が増加する傾向が得られている。これは振幅の大きい方が振動強度が大きいので、それだけ粒子の相互移動も起こりやすいからと考えられる。粒径による違いだが、粒径0.85mm以下の R_0/R_x の最大値が他の二つより大きいのは、振動により大きい粒子の間に小さい粒子が入り込み密になりやすいからと考えられる。

4. 終わりに

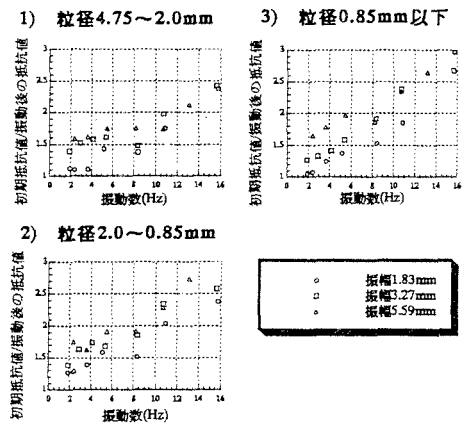
振動粉体層の電気抵抗変化の解釈は簡単ではないが、以上の結果より、粒子相互の接触数や接触強度などの粒子間の相互作用の程度、あるいは振動場の振動強度に関係していると考えられる。今後振動中の粒子状況の変化を把握するために、さらなる実験装置の改良を行いたい。

参考文献

- 1) 畠山直隆・福本武明：振動中の砂の接触圧および比抵抗変化について，土木学会関西支部講演概要集，pp101-1～2，1965.
- 2) 荒川正文：粉体の動特性と粒子特性，材料，第23巻，第250号，pp2～12，1973.



図一4 密度変化と電気抵抗比の関係



図一5 振動数と電気抵抗比の関係