

長さ 262 cm 、巾 50 cm 、深 100 cm の振動箱内につめた厚さ 70 cm の砂層に種々の加速度の水平振動（周期 0.3 sec の正弦振動）を与えて、飽和した砂層の振動による流動化と加速度、間隙比の関係、流動化しているときの間隙水圧などを調べた。実験は砂層表面と水面が一致している場合と水面が砂層表面より 20 cm 下にある場合について行なった。実験に使用した砂は小名浜砂、高萩砂の2種類でその粒径加積曲線を図-1に示す。参考のために新潟港泉洋埠頭および万代島から採取された砂の粒径加積曲線も書き加えた。

実験結果

- 1) 振動箱側壁にとりつけられているガラス板を通して観察したところ、砂層は表層部から流動化して、次第に流動化した部分が下方に及び、下方から徐々に安定な状態にもどつた。
- 2) 振動を与える前の砂層の間隙比、与えた振動の加速度と砂層の流動化との関係を図-2に示す。
- 3) 砂層が流動化していないときには間隙水圧は静水圧を中心に周期的に増減する。砂層の上部が流動化しているときには、下方の流動化していない砂層内の間隙水圧は静水圧よりも大きな圧力を中心に周期的に増減する。
- 4) 振動に対応して周期的に増減する間隙水圧の中心（1周期内の最大値と最小値の平均、仮りに静的間隙水圧と呼ぶ）が、砂層が流動化しつつあるときと安定化しつつあるときについて調べると図-3のごとくであつた。
- 5) 砂層が完全に流動化したときには、静的間隙水圧は飽和砂と同じ単位体積重量をもつ流体の静圧とほとんど一致した。

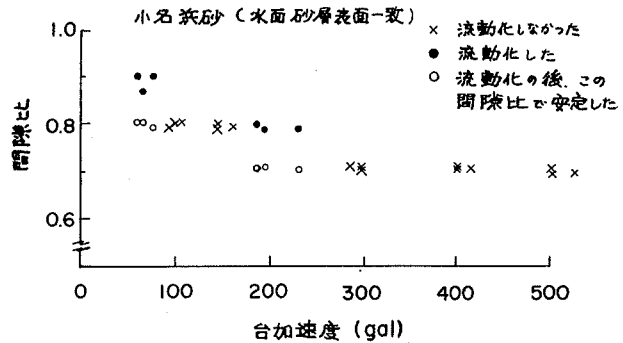
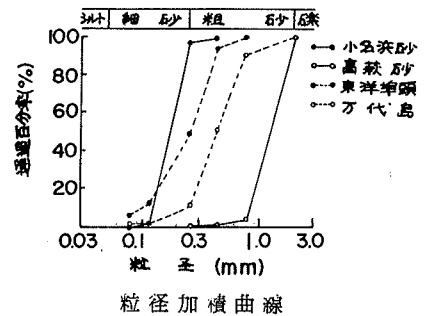


図-2 間隙比、台加速度と流動化の関係

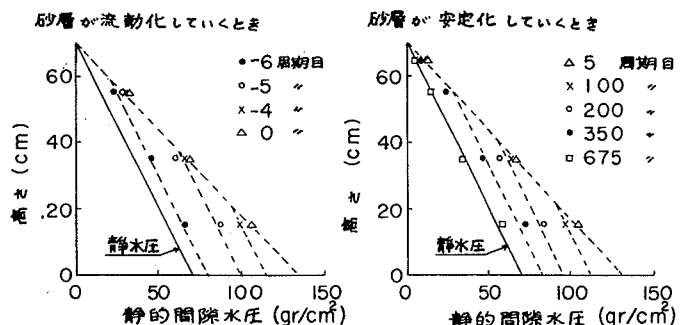


図-3 静的間隙水圧の変化（小名浜砂、 76 gal 、所定の加速度に達したときとゼロ周期目とし、振動周期も単位として時間を示す）

6) 砂層が完全に流動化したときには、圧力計（土圧と水圧の和を計る）と間隙水圧計とで計られた値はほぼ同じであつた。

7) 砂層が完全に流動化したときに振動箱の端壁にかかる圧力（砂による圧力と水による圧力の和）は、砂層を飽和砂と同じ単位体積重量の液体と考えて静圧を求め、Westergaard 公式を準用して求めた動圧を加えたものとほぼ一致した。（図4 参照）

8) 上に述べた結果はすべて砂表面と水面が一致している場合である。水面が砂層表面より 20 cm 下にある場合には砂層は著るしく安定となり、高萩砂の場合 500 gal 以下では流動化しなかつた。

9) 小名浜砂と高萩砂について得られた結果は定性的には一致している。

考 察

上に説明した実験結果から、飽和した砂の振動による流動化は次のような現象と思われる。飽和砂が振動を受けるとき、砂の間隙比がある限界値以下であれば安定を保つ。しかし、限界値以上であれば粒子の再配列を起し、より強固な粒子骨格を形成し、間隙比は減少する。この限界値は砂の種類、振動の加速度等の関数と思われる。透水性の悪い砂で粒子の再配列が急激に行なわれようとすると、間隙水の流出が間に合わず、砂粒子は水で支えられた形となり、流動状態にいたる。この現象は粒子間の拘束力の小さい砂層表層部で発生する。表層部が流動化するとその部分の砂粒子の重量は水で支えられるため、砂層全体にわたり間隙水圧が上昇する。また、今まで流動化していなかつた部分の表層部は粒子間の拘束力が小さくなり、流動状態となる。このようにして流動化した部分は下方に拡大する。流動化している砂層は 5), 6), 7) の事実から、砂と水とが一体となつた流体と見なしてよいと思われる。振動の継続と共に間隙の減少分に相当する間隙水の排出が行なわれ、砂粒子はその振動に対し安定な粒子骨格を形成して安定化する。表層部の砂は下方から排出された水が供給されるために下方の砂よりも先に安定化することができず、砂層は下方から上方に向つて安定した状態にもどる。飽和砂の上に乾燥砂の層がある場合には、飽和砂層内で粒子間に働いている力が大きいので、砂粒子間の拘束が大きく、砂粒子の再配列が行なわれ難いため、砂層全体が飽和しているときよりも安定と思われる。

流動化の予測には図2のような間隙比、加速度と流動化の関係が役立つと思う。

振動箱内の砂層の流動化と実際の地盤の流動化との関係は検討中である。

参考文献

「砂質土の流動化について」新潟地震港湾被害報告第2部，運輸省港湾局，港湾技術研究所，第一港湾建設局 PP 203 - 215 (1965)

「振動時の飽和砂の土圧と間隙動水圧に関する研究」石井靖丸 土田 肇 古部哲兵
港湾技術研究所報告 Vol 2 No 2 PP 25 - 71 (1963)

小名浜砂 (195 gal, 2 振箱用)

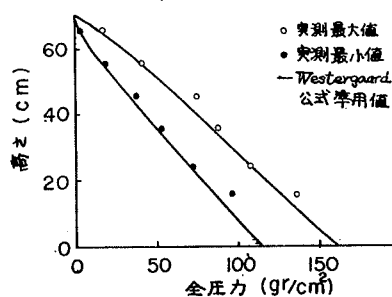


図-4 流動化した砂層が端壁に及ぼす圧力