

飽和砂層の流動化時における間げき水圧性状について

京都大学工学部	正 員	石原 藤次郎
京都大学工学部	正 員	尾 島 勝
京都大学大学院	学生員	○古賀 泰之
八千代エンジニアリング	正 員	阿部 浩

1 まえがき

水で飽和した砂層の中では、地震時に間げき水圧が変動して静水圧と異なった値をとることはよく知られている。この過剰間げき水圧を、その発生機構に従って、外力による攪乱によつて砂層が安定である場合に発生する間げき動水圧、および砂層がゆるぐめ攪乱によつて砂層が締め固まるような場合に付加的に発生する動的過剰間げき水圧とに分けて考えることが出来る。特に砂層構造の急激な崩壊である流動化の際には、この動的過剰間げき水圧が突発的に発生し砂層の変形も急増し、両者の間には密接な関係があることは既に多くの研究者による報告がある¹⁾。我々は、流動化現象の発生機構を解明すべく、特に動的過剰間げき水圧の上昇期に着目して振動実験を行なつた。この結果は目下整理中であるが中間的に報告する。

2 実験の概要

実験装置としては内部長30 cm × 30 cm × 90 cm厚さ2 cmの透明アクリライト製の槽を用いてこれに水中に長時間浸しておいた試料粒子をでこするだけゆるくつめ、これを振動台に載せて連続的な水平正弦振動を与え、このときに発生する過剰間げき水圧を槽の側壁の測定点から圧力変換器を通いて電磁オシロで記録させた。その結果ほとんどの実験において図1のような間げき水圧記録が得られた。ここで我々は間げき水圧が静水圧を中心に周期的に変動しているときは砂層が安定していると考え、静水圧よりも大きな値を中心に變動しているときは砂層が流動化していると考えた。試料に用いた粒子は、豊洲の標準砂およびガラス粒子でそれぞれ比重が2.62、2.48、透水係数はともに 10^{-1} cm/secの程度である。振動力としては、流動化を生じるのに十分であると予想される200~300 gal程度の加速度を振動数5 cps、10 cpsで与えた。

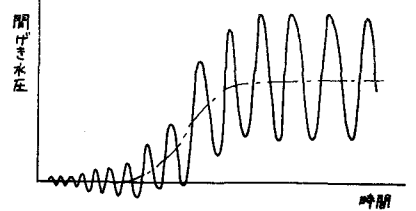


図1 間げき水圧

3 実験結果

今回の実験では、試料をでこするだけゆるくつめるようにしたが、粒子比重および投入時の体積・重量測定の結果から、試料全体の平均的な初期間げき率 λ は、砂の場合0.40~0.42、ガラスの場合0.50前後であった。このような試料に対し、上記のとおり予定加速度200~300 galを作用させたが、振動台操作の都合から瞬時に予定加速度に達することはできず、5 cpsの場合で約2~3 sec、10 cpsの場合で約7~8 secを要した。そして今回の実験ではいよいよの場合において、加速度が80~120 gal程度になると動的過剰間げき水圧の急激な増加が見られ、その後徐々に減少してゼロに復する。一例を図2に示す。なお図2には16 mmカメラで撮影

し読みとった砂層表面の沈下の様子を付け加えておく。この結果、動的過剰間げき水圧の増大期間は非常に短く、砂の場合、砂厚が13 cm程度のとき約2 sec、20 cm程度のとき約3 secであり、ガラスの場合、13 cm程度のとき約3 secでやや長い。一方減少期間は、13 cmのとき20~30 sec、20 cmのとき40~60 secであり、流動化の継続時間は層の厚さに対して12比例の関係に近い。動的過剰間げき水圧の最大値としては、従来、砂層全体を懸濁した溶液と考えたときの静水圧に等しい値 $\gamma(d-z)$ (γ : 飽和砂の有効単位体積重量、 d : 層厚、 z : 底面からの高さ) が考えられ、本に実験的にも得られているようであるが、我々の実験ではその値にまで至ることはなく、その0.6~0.9倍の値が最大であった。

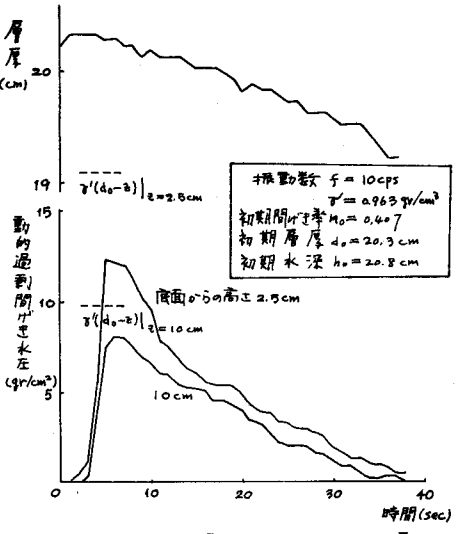


図-2 動的過剰間げき水圧および砂層の沈下

従来の考えは、砂層構造が全体的に崩壊して砂層の微小要素が互いに接触しない場合についての静的組合が基本になっていると思われるが、我々の実験によればそのようなことは生じにくいものと考えられる。さらにこの動的過剰間げき水圧の増大期について、時間スケールを引伸ばして描いたものが図-3である。また図-4には、この動的過剰間げき水圧の時間ごとの鉛直分布を示す。これから、動的過剰間げき水圧は、必ずしも上層から発生し始めるのではなく、全層にわたってほとんど同時に発生し始め、最大値に達した後しばらく一過を遂げて、その時間は下層ほど短い。図-2に砂層表面の沈下の様子が描かれているが、これは下層の動的過剰間げき水圧の推移と類似しており、沈下の総量と動的過剰間げき水圧の最大値との間には比例に近い関係がある。また、動的過剰間げき水圧が増大する初期においては、砂層表面はほとんど沈下しない。

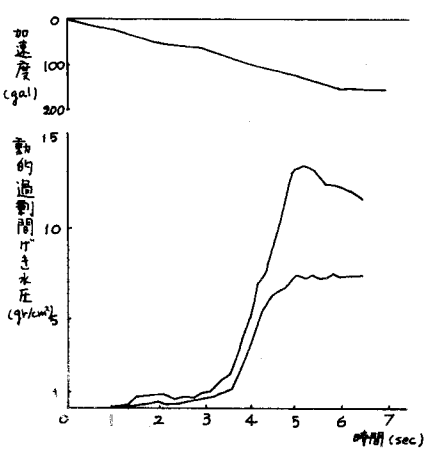


図-3 動的過剰間げき水圧(増大期)

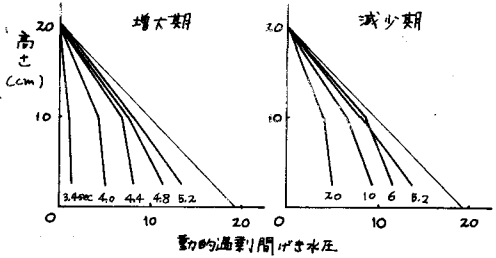


図-4 動的過剰間げき水圧の鉛直分布

3 あとがき

流動化発生機構の解明には、今後この種の振動実験を数多く繰り返すとともに、微小要素における応力-変形関係、さらに過剰間げき水圧の増大に伴う砂層構造の相転移について考察を進めていかなければならぬ。

参考文献 1) 花と2) Florin, V.A. and Ivanov, P.L.: Liquefaction of Saturated Sandy Soils, Proc. 5th Int. Conf. S. M. F. E., vol. 1 p.107~111, 1961.