

新潟大学工学部
新潟大学大学院
同上

正 員 小川正二
学生員 ○ 目黒信一
阿部義孝

〔まごき〕 新潟地震以来、飽和砂地盤の液状化現象についての研究が盛んに行われ、その発生機構の解明にはかなりの進展がみられている。しかし、液状化した砂層が地中構造物に与える影響に関しては、まだ十分に解明されているとはいえない。著者らは飽和砂層に杭模型を直立し、振動台により水平振動を加えて液状化現象を発生させ、そのときの杭の挙動を調べる模型実験を行った。本報告はその結果について述べるものである。特に、液状化砂層の推移と杭の挙動および液状化時に発生するグラント・ブレイクが杭の挙動に与える影響について述べている。なお、本実験は液状化砂層に於ける杭の挙動を定性的に調べるものである。また、現地盤との相似については考慮していない。

〔実験方法〕 実験装置の全体図を図1に示す。杭模型はアルミニウム合金で、厚さ24mm、幅10mm、長さ48mm、曲げ剛性 3000 kg/cm^2 である。杭には図1に示すようにG1……G9の位置にひずみゲージがはってある。砂は新潟砂で粒径2mm以下、 $G_s=2.77$, $D_{50}=0.15 \text{ mm}$, $C_u=2.83$, $k=1.8 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ である。まず、アクリル樹脂製の水槽(20×90×50cm)の底から10mmの厚さに土の支持層を形成する。中央に杭を直立に押し込み、水を注ぐ。2mmふるいでふさいだり砂を詰め、30mm厚の飽和砂層を造る。このとき、所定の位置に水圧計(PI, PII, PIII)を配置する。約0.12gの加速度で振動台を加振して砂層に液状化を発生させる。なお、加速度計は振動台上に、水圧計は側壁より10mmの所に図1のように配置し、振動台の振動数は8cps.である。

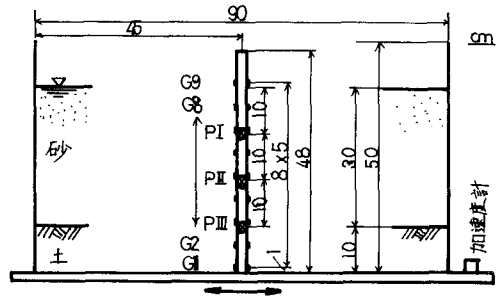


図-1

〔液状化 層の推移、グラント・ブレイクおよび杭の挙動〕 杭の挙動、杭の曲げモーメント分布およびせん断力分布の例を各々写真-1、図-2に示す。これらは砂層を急激な振動によって急速に液状化状態にさせた結果である。砂層は加振後、直ちに表層より液状化し、下層に液状化域を拡げ、全層液状化した後に、下層より安定(圧密)し、上層へ安定化域を拡げ、全層液状化に達した後、表面には激しい噴砂現象が発生し、暫く継続した。また、安定化域の上昇過程の途中で、砂層表面より10~12mm付近に凹面状のグラント・ブレイクの発生しているのが確認された。これは表面より5mm付近で消滅した。また、写真-1から明らかなように、土層部分のG1, G2のひずみのピークが初期から少し進んでおり、砂層が安定化するに従ってπ(半周期)進むのが認められる。砂層部分ではG3, G4は砂層が液状化しているときには上層と同位相で振動しているが、液状化していないときには最大で各々π/2まで進むことが認められる。

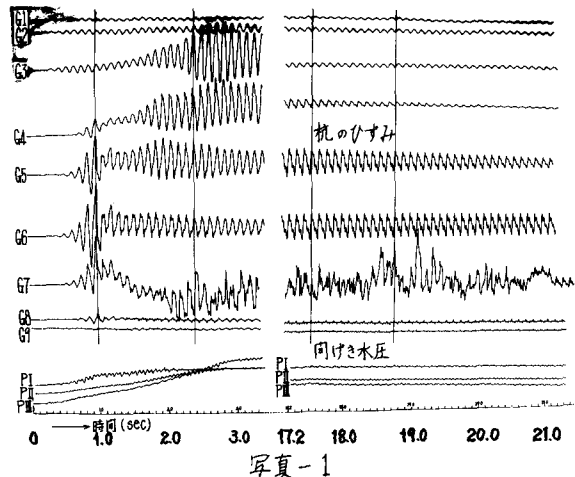


写真-1

いときには最大で各々π/2まで進むことが認められる。

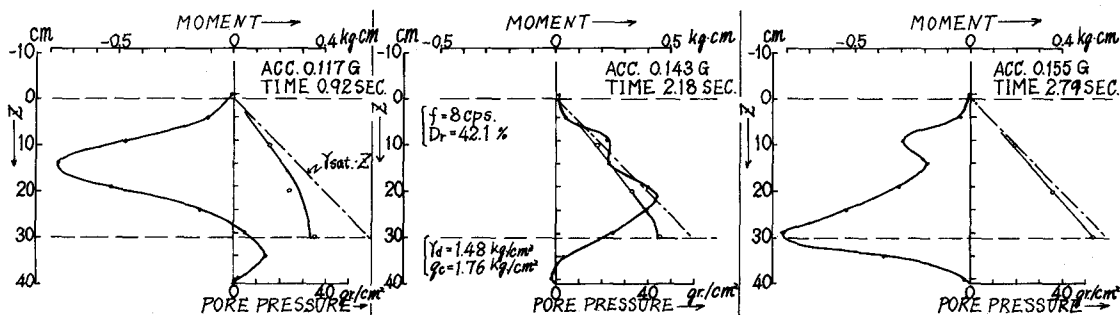


図-2(a)

図-2(b)

図-2(c)

〔液状化層の推移と曲げモーメント分布〕 写真-1, 図-2(a)(b)(c)を見れば解かるように、液状化境界面の下降と共に最大曲げモーメント M_{max} の生ずる点は下降し、境界面附近で M_{max} が発生している。これは、液状化境界面を境として液状化層と液状化に至っていない層とで杭に対する拘束力が異なるためと考えられる。

すなわち液状化層では砂粒子は浮遊状態にあり、杭の挙動を規制する砂層(sand mass)としての構造が崩壊しているのに反し、境界面下層では砂粒子の粒子間力は過剰間隙水圧によって減少してはいっても砂層構造を保持している地盤反力および拘束力が発揮し得る状態にあるといえる。液状化が全層に亘って発生し、 M_{max} が土層との境界部に達した後には、その地点の過剰間隙水圧の減少と砂粒子の沈降が生ずる。安定化層(液状化境界面)が上方へ発達して行くにつれて M_{max} の点も上昇し、境界面附近に M_{max} が存在する。これは液状化発達時と同じメカニズムによるものと考えられる。しかし、砂粒子の沈降により境界面下層の密度がより密となることで地盤反力および拘束力が増加するにもかかわらず、 M_{max} 値は液状化発達過程の0.5~0.8倍である。

〔グラントブレイクと曲げモーメント〕 写真-1より液状化が層深部に達すると、G7(表面より90cm)が不規則液形を示し、安定化過程後期で鋭いピークを示すのが見られる。この鋭いピークが現われた時期に側壁中央部の表面より10~12cm附近にグラントブレイクが発生した。この時の曲げモーメント分布、せん断力分布は図-2(d),(e)に示す通りである。この例の場合、グラントブレイクは表面より10cm附近に発生した。他の曲げモーメント分布と比べれば M_{max} の立上りの鋭いピークが指摘できるが、その大きさは他の場合の M_{max} とほぼ同じである。また、せん断力分布を図-2(c)の場合と比べれば M_{max} 点で約1.5倍となり、過大なせん断力が作用している。この現象は安定化の際に密な状態となった下層とグラントブレイクの上の層とが異なった周期の振動を行なっているためと考えられる。また、G7はグラントブレイクが上昇し消滅すると他の測点のひずみと同周期となり、一様に減衰する安定な振動の液形となった。なお、図-2(b)(c)に見られるように曲げモーメント分布においてG7はオ2のピークを示している。

〔まとめ〕 本実験から次の点が確認された。i) 液状化発達過程において液状化境界面附近に最大曲げモーメントが生ずる。ii) 安定化発達過程においても境界面附近に最大曲げモーメントが生ずる。しかし、その値は液状化発達過程の0.5~0.8倍である。iii) グラントブレイクの発生時に境界面上に鋭い曲げモーメント分布が生じ、液状化発達過程でのせん断力の約1.5倍のせん断力が作用する。以上のことから、地震時において液状化発達過程およびグラントブレイク発生時の飽和砂地盤の杭への影響は無視し得ないと考えられる。