

砂地盤と対比した礫地盤の地震時挙動に関する遠心模型実験（その4）

鹿島建設(株) 正会員 ○岡本道孝 笹岡里衣 朝山勇治
中央大学名誉教授 正会員 國生剛治

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震以降、重要施設の耐震評価で考慮が求められるようになった大径岩砕を含む礫質土の液状化について、非排水繰返し三軸試験¹⁾や遠心模型実験を通じて検討を進めている。本報では前報²⁾に述べた遠心模型実験のうち、地震後に生ずる地盤の沈下についての検討結果を報告する。

2. 計測概要

図-1 に模型地盤の概要を示す。模型地盤の材料や作製方法、実験方法の詳細は本報では割愛する。前報²⁾では相対密度 D_r が 60% と 100% の結果を示したが、本報では D_r が 80% の実験結果についても述べる。模型地盤を 3cm/層で層状に締め固めて作製する際、図-1 に示すように、実物換算で水平方向に 5m、鉛直方向に 1.5m の間隔で鉛直変位追跡用のターゲットを水平に埋設した(35 点/測線×3 測線、計 105 点)。ターゲットは密度 10kN/m^3 、1 辺 20mm、厚さ 0.5mm の正方形のアルミ板である。

実験後、遠心模型実験装置のプラットフォームから実験用土層を撤去し、さらに間隙流体を自重で排出させた後、図-1 の平面図にある測線 B に沿って地表面(ターゲットなし)と土槽上面との離隔を鋼製定規で測定し、地表面沈下量を求めた。その後、地中に埋設した各ターゲットの表面まで慎重に掘削し、同様に土槽上面との離隔を測定した。模型地盤作成時と実験後のこれらの測定値の差から地盤内の沈下量を求めた。

なお、遠心模型実験で遠心加速度を上昇もしくは下降させる過程で模型地盤には載荷・除荷に伴う鉛直変位が生ずる。それに関わる変形係数は模型地盤の深度方向に変化し、加振によっても変化すると考えられる。しかし本検討ではこれらの影響を無視し、模型地盤作成時の初期測定値と実験終了後の測定値の差を直接用いることとした。

3. 沈下分布の測定結果

図-2 に土槽壁面の影響が最も少ない模型地盤中央部(B 測線)の沈下量分布の評価結果を示す。これらは上述の方法で測定した地表面と地盤内のターゲットの変位量をもとに鉛直面内の沈下分布を 2 次元コンター表示したもので、縦軸は地表面からの深度(実物換算値)を表す。沈下量は水平方向で非対称な結果も見られるが、沈下は地表側で生じ、底面付近は沈下がほとんど生じていない。また、 D_r が大きくなるほど沈下範囲は地表付近に限定され、 $D_r=100\%$ のケースではそれが地表から深度-1m の範囲にまで局所化している一方で、それより深い領域には隆起した範囲も見られる。

前報²⁾で最も大きな最終沈下量を報告した礫質土の $D_r=60\%$ のケースでは、0.3m 前後の沈下を示す緑色の領域が深度-4m 付近まで広がっている。同じ D_r の豊浦砂のケースと比べた場合、ごく表層の沈下は礫質土の方が大きくなったものの、豊浦砂の沈下範囲の方が深部まで達していることが分かる。 $D_r=80\%$ のケースではこの傾向がより顕著で、豊浦砂では模型地盤の底部付近まで 0.1m の沈下が生じたのに対し、礫質土では 0.1m の沈下が生じたのは深度-1m~-2m までであった。図-3 に模型地盤底部の測定値で除して正規化した 20 波目の加速度振幅ならびに過剰間

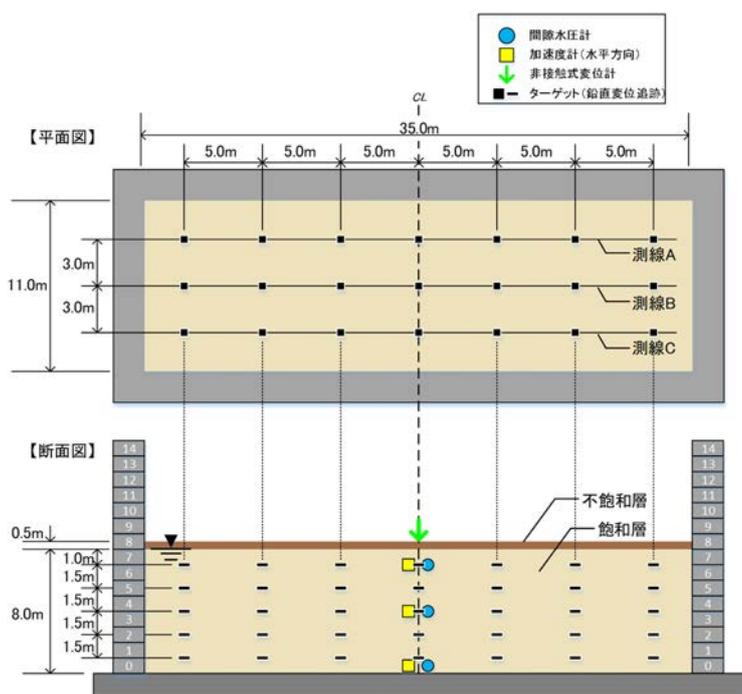


図-1 模型地盤の概要(上:平面図,下:断面図,寸法:実物換算)

キーワード: 礫質土, 液状化, 遠心模型実験

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 土質・地盤 Gr TEL042-489-6496

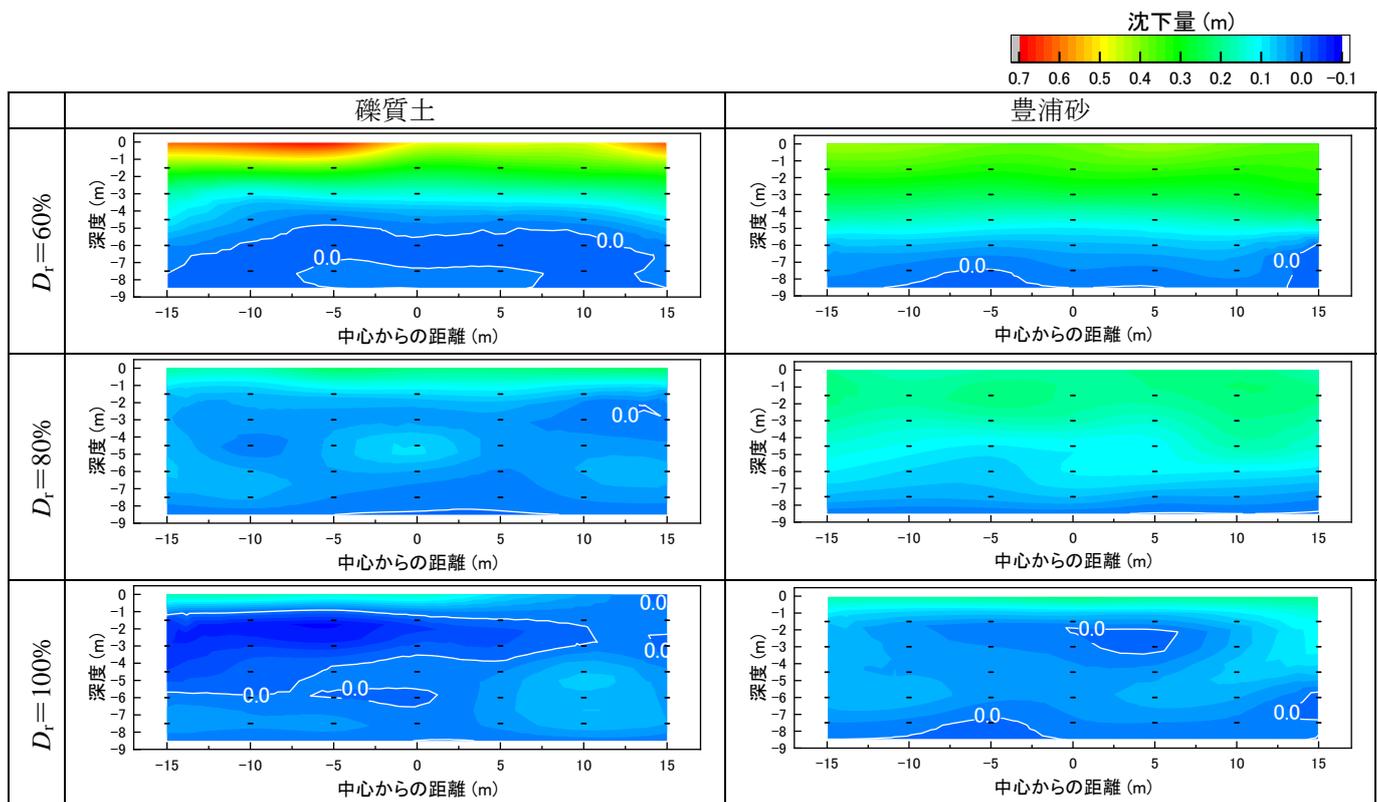


図-2 沈下量の地中分布(測線 B, 寸法:実物換算)

隙水圧比の深度分布を示す。豊浦砂では浅部ほど加速度振幅が小さくなるのに対し、礫質土では浅部ほど加速度振幅が増加している。一方、豊浦砂では深度-4.5m以深で D_r に因らず過剰間隙水圧比がほぼ 0.95 に達したのに対して、礫質土では過剰間隙水圧比はこれより概ね小さい。唯一、 $D_r=80\%$ のケースでは GL-4.5m 以浅で過剰間隙水圧比が 1 付近に達したが、このケースのみ、他の礫質土のケースと比べて加速度振幅が大きいことが影響した可能性がある。

これらの結果から加振中の地盤挙動について以下に考察する。豊浦砂の $D_r=60$ 、80% のケースでは、模型地盤の広い範囲で液状化が発生し、Nagase³⁾ が指摘した過剰間隙水圧の消散に付随した沈下が発生したと考えられる。一方、礫質土の $D_r=60\%$ のケースでは、深度-4.5m 付近までせん断変形によると思われる体積圧縮が生じた。ただし、排水性が高いため、有効応力がある程度保持されたまま地表に間隙水が湧き出したと考えられる。礫質土の $D_r=100\%$ のケースでは、加速度振幅が大きく拘束圧の小さいごく表層部に体積圧縮が生じているが、表層 0.5m の不飽和層が加振によって密実化した影響と考えられる。それより深い範囲では、加速振幅が小さく剛性も大きいため発生したせん断変形がわずかだったことやせん断に伴う正のダイレイタンスの影響で、沈下が殆ど生じなかったと考えられる。礫質土の $D_r=80\%$ や豊浦砂の $D_r=100\%$ のケースでは、これらの中間的な挙動が生じたと推定される。

4. おわりに

遠心模型実験によって、地震を受ける礫質土地盤の挙動について、砂質土との比較を通じて検討した。礫質土地盤では緩い砂地盤のような液状化の発生は確認されず、地震後の沈下も砂地盤より小さくなった。重要施設の耐震性評価を合理的に進める上では、礫質土のこのような挙動にも注意を払う必要があると考えられる。

参考文献 1) 笹岡ら:粗粒土の液状化に関する試験および評価法の検討(その 3:メンブレンペネトレーション処理), 第 55 回地盤工学研究発表会, 21-11-2-02, 2020, 2) 朝山ら:砂地盤と対比した礫地盤の地震時挙動に関する遠心模型実験(その 3), 土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会(投稿中), 3) Nagase, H. and Ishihara, K.: Liquefaction-induced compaction and settlement of sand during earthquakes, Soils and Foundations, Vol.28, No.1, pp.65-76, 1988.

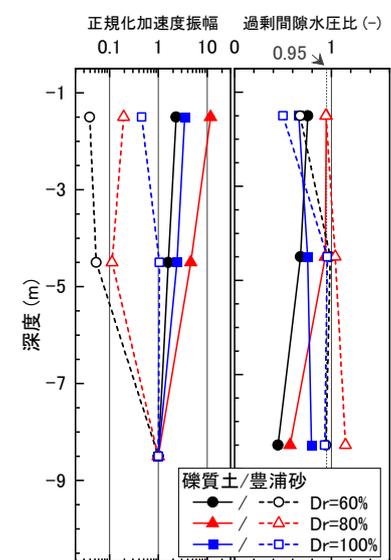


図-3 正規化加速度振幅と過剰間隙水圧比の深度分布 (20 波目の最大値)