

清水建設（株）技術研究所 正会員 西尾伸也

同上

正会員 後藤 茂

1.はじめに 洪積砂礫地盤から原位置凍結法で採取した試料を用いて、液状化試験、動的変形試験および排水せん断試験を行い、未解明な部分の多い洪積砂礫試料の力学挙動について検討してきた^{1), 2), 3)}。そこで得られた重要な結論は、採取試料の液状化強度、せん断剛性およびダイレイタンス特性が、室内で再構成した試料のそれと比較して、著しく異なるという点である。本報告では、この原因を解明する糸口として、採取試料の粒度分布、密度および間隙径分布を測定し、洪積砂礫地盤の物理的な特徴について検討した。

2.砂礫試料 試料採取は、千葉県の方野砂礫層（第四紀洪積世）で行った。図-1に試料採取地点の土質柱状図を示す。砂礫層はGL-5.5m以深にあり、N値は50以上、せん断波速度は300~450m/secである。試料採取は、地盤の凍結後、直径300mmのコアチューブを用いて1mごとに行った（採取深度：GL-6~9m）。既報告の大型三軸試験で用いた供試体は、採取コアの両端を切断し作成したものである（直径300mm、高さ600mm）。なお、室内における供試体のせん断波速度の測定結果より、サンプリングによる試料の乱れは極めて少ないことを確認している⁴⁾。図-2は、試験後の供試体を炉乾燥し、その全量から求めた粒度分布を採取深度ごとに示したものである。室内で試料を再構成する場合には、この粒度分布の平均値になるよう試料の粒度を調整した。砂礫試料の主な物理的性質を表-1に示す。表中の間隙比はノギス法による測定結果である。また、比重は、粒径ごとに比重を測定し（JIS A 1202準拠：ただし、粒径

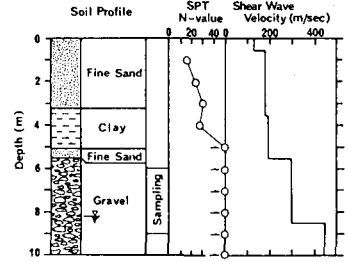


図-1 試料採取地点の土質柱状図

表-1 洪積砂礫試料の物理的性質

採取深度(m)	6 - 7 (A 層)	7 - 8 (B 層)	8 - 9 (C 層)
比重	2.66	2.67	2.66
* 間隙比	0.36	0.44	0.38
* 最大粒径(mm)	76	94	55
* 均等係数	8.6	5.7	10.3
* 平均粒径(mm)	1.8	1.2	2.8
* 細粒分(<74 μm)(%)	0.43	0.56	0.33
* 相対密度(%)	85.2	76.0	89.9

* : 6供試体の平均値

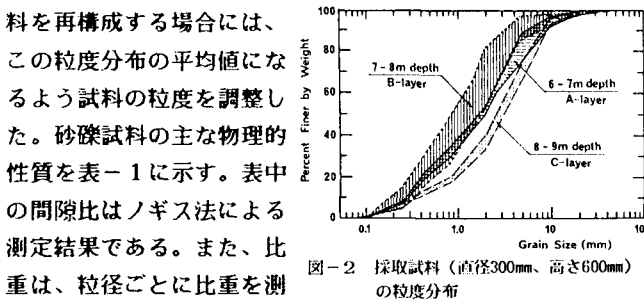


図-2 採取試料（直径300mm、高さ600mm）の粒度分布

9.52mm以上は粉碎後の測定）、その合成

比重⁵⁾として求めた値である。以下、採取深度ごとに、GL-6~7m：A層、GL-7~8m：B層、GL-8~9m：C層と略記する。

3.試料の粒度分布と密度

一つの採取孔から得られた試料について、採取深度ごとに粒度分布、密度を測定した。冷凍庫内で保存しておいた試料を、凍結したまま、体積50~100ccのブロックに砕き、深度ごとに約10個のブロックを無作為に選び、その密度を水銀法で測定した。また、密度測定後、試料を炉乾燥し、含水比、粒度分布も各ブロックごとに調べ、ブロックの合成比重を計算した上で、間

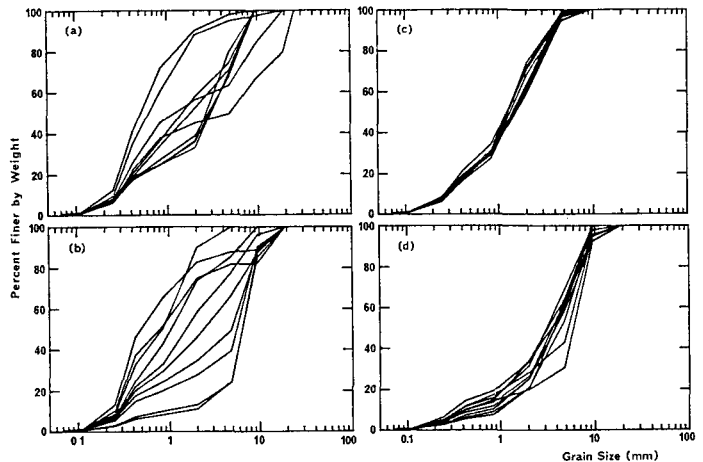


図-3 ブロック状試料の粒度分布

(a) A層上部、(b) A層下部、(c) B層上部、(d) C層下部

隙比を求めた。各深度のブロックの粒度分布を図-3a~dに、また、深度による D_{50} 、 U_c および e の変化を図-4に示した。各深度での D_{50} 、 U_c の平均値（図-4の○印）は、供試体での粒度分布の測定結果（図-4の●印：表-1参照）と良く一致しているが、各ブロックの粒度分布のバラツキ具合は深度により異なり、B層、C層に比べ、A層のバラツキは極めて大きい。また、 D_{50} と U_c の深度による変化を見ると、C層、A層、B層の順に、両者はともに小さくなっていくことがわかる。こうした結果から考え、A層では、礫分の多い部分と少ない部分が混在して層が構成されているのに対し、B層では砂分が、C層では礫分が、それぞれ卓越した粒度組成を示し、同一の砂礫層内であっても、1m程度の深度差で粒度組成が大きく異なっていることがわかる。続いて、 e に着目すると、C層、A層、B層の順にその平均値は大きくなり、各層での粒度分布の違いが、そのまま密度に反映されている。図-5に、礫分含有率と e の関係を全てのブロックについて示した。バラツキはあるが、A層とC層はほぼ同一の傾向を示すのに対し、B層では、同じ礫分含有率における e がA層より大きくなっていることがわかる。

4. 間隙径分布 ポロシメーターを用いて、採取試料および再構成試料の間隙径分布を測定した。測定に用いた試料（約20mm×20mm×20mm）の粒度分布を図-6に示す。採取試料についてはフリーズドライ法⁶⁾で、また、再構成試料については、フェノール樹脂をコーティングした砂礫を熱硬化によって固める方法で、それぞれ試料を用意した。図-7はその測定結果である（ただし、ポロシメーターの特性上の制約から、直径200 μ m以上の間隙の体積は測定できない）。この図の縦軸は、乾燥密度（水銀法）および吸水率（JIS A 1110）から求めた、粒子中の間隙を含まない試料中の全間隙体積を100%としている。再構成試料に比べ、採取試料は200 μ m以下の小さな間隙の比率が極めて大きいことがわかる。ポロシメーターによる測定では、測定できる間隙径に制限があり、また間隙の形状や試料の大きさの影響など不確定な要因もあるが、洪積砂礫試料の微視的構造を解明する一つの手段として、今後もデータの蓄積を計っていく予定である。

5. 結論 原位置凍結法で洪積砂礫地盤から採取した試料を、凍結状態のまま小ブロックに砕き、粒度分布および密度を測定した。その結果、同一の砂礫層内であっても、1m程度の深度差で粒度組成が大きく異なり、それは密度にもそのまま反映していることがわかった。また、ポロシメーターによる間隙径分布の測定結果によれば、再構成試料に比べ、採取試料は200 μ m以下の小さな間隙の比率が極めて大きいことがわかった。

6. 謝辞 本研究を進めるに当たり、ご助言を頂き、また、ポロシメーターの利用について便宜を計って下さった、防衛大学校 山口助教授に謝意を表します。

参考文献

- 1) 社本ら (1986) : 洪積砂礫地盤の真の液状化強度、第21回土質工学研究発表会講演集、pp.579~582
- 2) 西尾、後藤 (1986) : 洪積砂礫地盤から採取した不攪乱試料の動的変形特性、土木学会第41回年次学術講演会要集、pp.17~18
- 3) 玉置ら (1987) : 洪積砂礫試料の静的強度・変形特性、第22回土質工学研究発表会講演集（投稿中）
- 4) 西尾ら (1986) : 大型三軸セルを用いたS波速度の測定、第21回土質工学研究発表会講演集、pp.577~578
- 5) 石井、大迫 (1981) : 締固めた粗粒材の合成比重と間隙比、土質工学会論文報告集、Vol.21、No.3、pp.117~122
- 6) Zimmie, T.F. and Almaleh, L.J. (1976): Shrinkage of Soil Specimens During Preparation for Porosimetry Tests, "Soil Specimen Preparation for Laboratory Testing", ASTM STP 599, pp.202-215

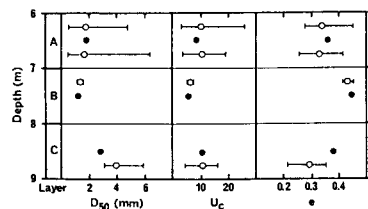


図-4 採取深度による平均粒径、均等係数および間隙比の変化

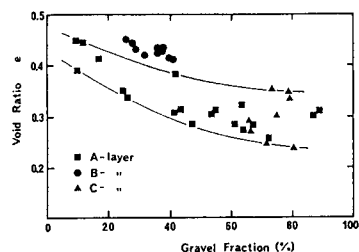


図-5 礫分含有率と間隙比の関係

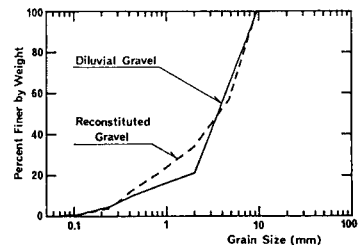


図-6 ポロシメーター用試料の粒度分布

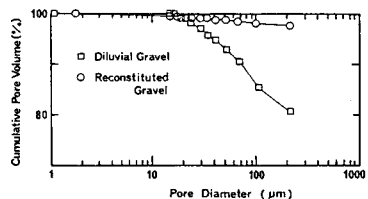


図-7 砂礫試料の間隙径分布