

砂礫の最小密度に与える影響因子の分析（その2）

— 試料投入法の影響 —

(株)ニュージェック 正会員 ○原 忠

中央大学理工学部 正会員 國生 剛治

学生員 伏木田達朗, 金崎 正紀

1. はじめに

非粘性土の工学的性質を定式化する上で、相対密度は基本的なパラメータとして頻繁に用いられている。砂については地盤工学会（JGS）の試験法が既に定められているが、2 mm以上の礫を含む礫質土については未だに統一的な試験法が定められていない。しかし近年、砂礫地盤の液状化、沈下、貫入試験による物性値評価などの問題が以前よりも重要視されており、礫質土の最小・最大密度試験法に関する研究^{1), 2), 3), 4)}が進められているとともに、基準化に向けた取り組みがなされている。

本報では、その¹⁾で用いた均等係数の異なる5種類の礫質土に対し、実務的に用いられた実績のあるモールドによる最小密度試験を行い、試料投入法やロートの出口径が試験結果に与える影響を検討した。

2. 試験装置と用いた試料

最小密度試験は、試料投入法やモールドサイズが試験結果に及ぼす影響を検討するため、内径 195 mm、高さ 200 mmの中型モールドを用いた方法²⁾により行った。各試験装置の概略図を図-1 に示す。試料投入法は、容積が等しいが、出口径の異なる2種類の大型ロートを用いたロート法（上昇速度 0.25 mm/sec）および直径約 14 cmの円形容器（容量 381.4cc）によりモールド内に試料を堆積させるボール容器法による。ボール容器による方法では、試料落下高さが常にゼロを保つように心がけながらモールド内に堆積させていく。密度の測定に際しての上端面処理は、いずれも最終的に鋭利な直ナイフによりモールド上部の余盛り部分を取り除く方法に統一している。なお、最小密度試験については各回毎のバラツキが大きいことから、最小密度試験について 10 回行い、それらの結果を統計処理して評価した。

用いた試料は、図-2 に示す粒径の異なる堅硬な砂礫から粒度配合して作成した、粒度分布の異なる5種類の礫質土である（物理特性は別報⁵⁾を参照されたい）。

3. 試験結果と考察

表-1 はすべての試験結果をまとめたものである。

図-3 はそのうち均等係数の異なる礫質土について、試料投入法、ロートの出口径の異なる3種類の試験法について行った最小密度試験結果を、最小密度の平均値の均等係数、変動係数の関係で示したものである。これより、各試験法とも礫質土の最小密度は、試料の均等係数が増加するに伴い大きくなる傾向を示しているが、その値は各試験法毎に異なり、ロート法がいずれの試料も最も小さな密度を与えている。密度測定のバラツキは、均等係数の増加とともに大きくなる傾向を示しているが、均等係数の大きい良配合な試料3では、試料投入法が異なる場合において

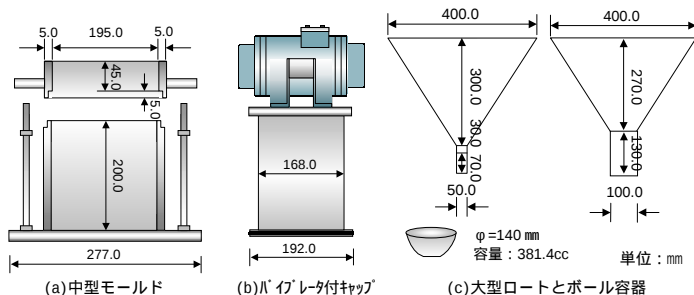
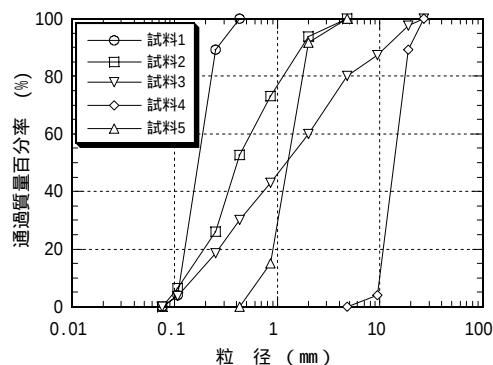
図-1 最小・最大密度試験装置²⁾

図-2 礫質土の粒径加積曲線

キーワード：相対密度，最小密度，礫質土，均等係数，平均粒径

連絡先：〒542-0082 大阪市中央区島之内 1-20-19 (株)ニュージェック TEL.06-6245-4901 FAX.06-6251-2565

も、0.5%程度の類似した値が得られている点は興味深い。同じロート法で比較した場合、各材料毎の変動係数はほぼ等しいことから、最小密度試験結果のバラツキは、主に直ナイフによる上端面の整形により生じたものと考えられる。このように、礫質土の最小密度試験における体積測定においては、余盛り部分の礫の取り除き方が結果に大きく影響するので、今後、試料堆積後の余盛り高さを非接触で計測する手法を導入するなどさらなる検討が必要である。図-4 は平均粒径の等しい礫質土の最小密度試験結果を、最小密度の平均値と平均粒径、変動係数の関係で示したものであるが、図-3 同様、各材料ともボール容器法に比べ、ロート法が最小の密度を与えている。密度測定のバラツキは平均粒径の増加とともに大きくなる傾向を示しているが、平均粒径の最も大きい試料 4 では、 $\phi 50$ mm 出口径ロートでのバラツキが、出口付近で材料が詰まりやすいこともあり最も大きい。

図-5 はロート法により得られた試験結果を、各試料毎比較したものである。ロートの出口径がその試料の最大粒径 D_{max} に対して 10 倍以上の十分な大きさを有する試料 1, 2, 5 の最小密度は、 $\phi 50$ mm 出口径ロートによる値が小さい。それに比べ、試料 3, 4 では、最大粒径に対して出口径が小さい場合、試料が詰まりやすく落下速度が一様になりにくいいため、 D_{max} に対して 4 倍の口径を有する $\phi 100$ mm 出口径ロートが最小の値を示している。これらのことから、ロート法による砂礫の最小密度試験を行う場合、その出口径は少なくとも試料の最大粒径の 4 倍程度を有することが望ましいと思われる。

4. まとめ

以上の実験的検討により、試料投入法が礫質土の最小密度に与える影響について、以下の点が明らかになった。

- (1) 礫質土の最小密度は、均等係数はもとより、平均粒径にも大きく依存する傾向がある。
- (2) 礫質土の最小密度はロートによる試料投入法が最も小さな値を示す。最小密度測定におけるデータのバラツキは、全体的にはロート法に比べボール容器法が大きい。
- (3) 礫質土の最小密度のバラツキは試料の上端面処理法に大きく依存するので、今後は密度の測定方法に非接触計測法を導入するなど、さらなる工夫が必要である。
- (4) ロート法による砂礫の最小密度試験を行う場合、その出口径は試料の 4 倍程度を有することが望ましい。

表-1 最小密度試験結果（平均値）のまとめ

	$\phi 50$ mm 出口径 ロート		$\phi 100$ mm 出口径 ロート		ボール容器	
	最小密度 ρ_{min} (g/cm ³)	変動係数 V (%)	最小密度 ρ_{min} (g/cm ³)	変動係数 V (%)	最小密度 ρ_{min} (g/cm ³)	変動係数 V (%)
試料1	1.308	0.17	1.320	0.12	1.335	0.28
試料2	1.435	0.18	1.456	0.15	1.514	0.58
試料3	1.665	0.48	1.661	0.50	1.753	0.58
試料4	1.541	0.72	1.517	0.64	1.559	0.64
試料5	1.424	0.09	1.431	0.11	1.467	0.25

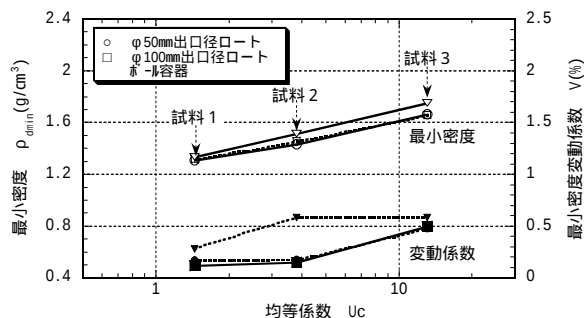


図-3 最小密度・変動係数 - 均等係数関係

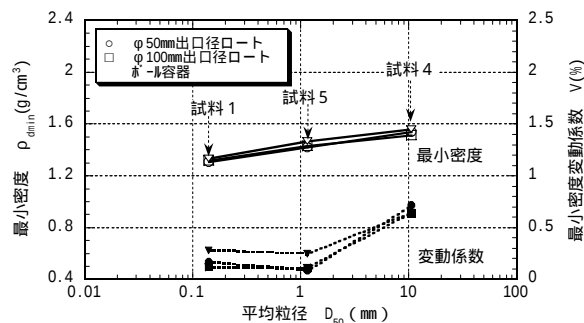


図-4 最小密度・変動係数 - 平均粒径関係

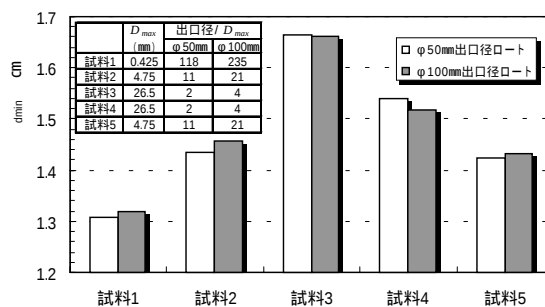


図-5 最小密度試験結果の比較（ロート法）

【参考文献】 1)池見元宣, 工藤康二, 國生剛治: 砂礫材料の相対密度試験について, 第 19 回土質工学研究発表会発表講演集, pp.127-128, 1984. 2)國生剛治, 原 忠: 礫質土の最大・最小密度試験法の検討, 第 52 回土木学会年次学術講演会講演概要集, pp.20-21, 1997. 3)伏木田達朗, 國生剛治, 金崎正紀, 原 忠: 砂礫の最小密度試験結果に及ぼす諸要因 (その 1) モールドサイズが試験結果に及ぼす影響, 第 37 回地盤工学研究発表会 (印刷中) 4) 原 忠, 國生剛治, 伏木田達朗, 金崎正紀: 砂礫の最小密度試験結果に及ぼす諸要因 (その 2) 試料投入法が試験結果に及ぼす影響, 第 37 回地盤工学研究発表会 (印刷中) 5) 伏木田達朗, 國生剛治, 金崎正紀, 原 忠: 砂礫の最小密度に与える影響因子の分析 (その 1) モールドサイズの影響, 第 57 回土木学会年次学術講演会講演概要集 (投稿中)