

粒度分布の異なる砂礫の最小密度に及ぼす影響因子の検討

中央大学理工学部 正会員 國生 剛治 原 忠
学生会員 ○森山 豊 村端 敬太

1. はじめに

砂礫の最小・最大密度は液状化現象を始めとして様々な研究を行う上で、異なった種類の砂の力学的特性を定量化する基本的な媒介変数として用いられている。しかし、砂の最小・最大密度試験法 (JIS A 1224) はすでに基準化されているのに対して、粒径が 2mm を超える礫の最小・最大密度試験法は基準化されておらず¹⁾、地盤工学会の委員会においてそのための準備が進められている²⁾³⁾。本研究ではその一環として、粒度分布の異なる河床砂礫材料を用いて、ロート、調理用ボールを使用した試料投入方法や上端面処理方法の違いなどが最小密度・変動係数に与える影響の検討を行なっている⁴⁾。今回は上端面処理をロート投入法では直ナイフで整形する方法、直接投入法では直ナイフ整形法及び直接計測する方法で、計 8 種の粒度分布の異なる砂礫の最小密度とその変動係数について比較検討を行った。

2. 試験試料及び試験方法

図-1 に試料の粒径加積曲線を示す。試料は堅硬な粒子を有する利根川砂礫などから人工配合した砂礫材料である。ここで試料 1、2、3 は試料 4 のせん頭粒度材料、試料 5、6、7、8 は試料 1 と等しい均等係数を有する相似粒度材料である。表-1 は各試料の物理特性である。図-2 に試験装置を示す。アクリル製モールドは内径 300mm、高さ 300mm のものを使用した。

最小密度試験における試験投入方法は下記の A)、B)、上端面処理法は下記の a)、b)にそれぞれ従う。

A)ロート法:ロート上昇速度約 0.15mm/sec で試料を堆積させる。

この速度はおおよそ試料の落下高さゼロを仮定し、位置エネルギーが生じないものとしている。

B)直接投入法:調理用ボール容器を用いてモールド内に試料を落下高さを出来る限りゼロに近づけて均等に堆積させていく。

a)直ナイフ整形法:アクリルモールド余盛り部分にある試料を直ナイフによりモールド上端面にあわせて整形する。

b)直接計測法:試料をアクリルモールド上端面の 9 割程度の高さにほぼ均等に堆積させ、長さ 40cm、厚さ 1cm の真鍮ものさしとノギスを使用して、試料の上端面の高さを 40 点計測する。その結果から体積を求め、試料の重量から最小密度を算定する。

3. 試験結果とその考察

図-3 には均等係数 $U_c=1.44$ 一定の相似粒度で平均粒径 D_{50} の異なる試料 1、5、6、7、8 に対し、各種試験法による最小密度・変動係数(CV)の比較を示す。これより試料の D_{50} が増すほど密度が増加する傾向が 16mm より大きな D_{50} では頭打ちとなり、 $U_c=1.44$ の試料を内径 300mm のモールドで試験する場合の限界を示している。また、試料 1、5、6 では直接投入法がロート法よりも大きな密度となってしまうことがわかる。この原因としては、直接投入法では位置エネルギーをゼロにするのが難しいため、試料がより密に詰まるものと考えられる。

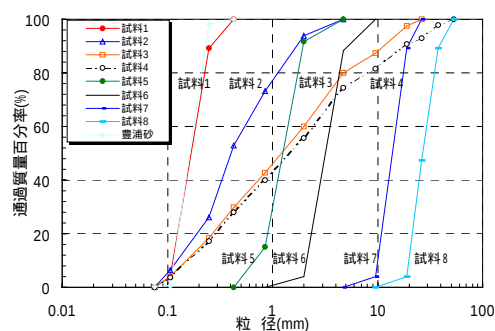


図-1 試料の粒径加積曲線

表-1 試料の物理特性

	Dmax(mm)	D ₅₀ (mm)	U _c	G _c (%)
試料1	0.425	0.17	1.44	0.0
試料2	4.75	0.40	3.79	6.2
試料3	26.5	1.21	13.1	40.0
試料4	100	1.90	17.1	47.3
試料5	4.75	1.26	1.44	8.2
試料6	26.5	16.0	1.44	100.0
試料7	53	26.0	1.44	100.0
試料8	100	52.0	1.44	100.0

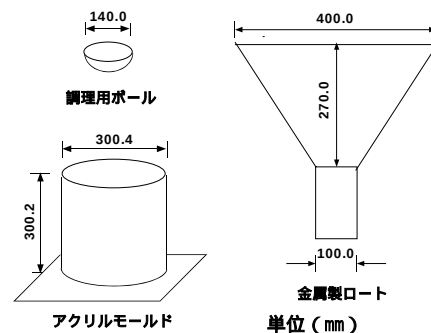


図-2 最小密度試験装置⁴⁾

キーワード 砂礫 最小密度 相対密度 粒度分布 均等係数 平均粒径

連絡先: 中央大学理工学部土木工学科土質研究室 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 Tel:03-3817-1799

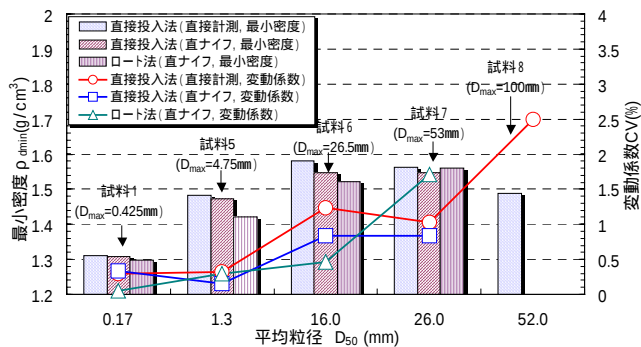


図-3 最小密度・変動係数と平均粒径の関係(相似粒度試料)

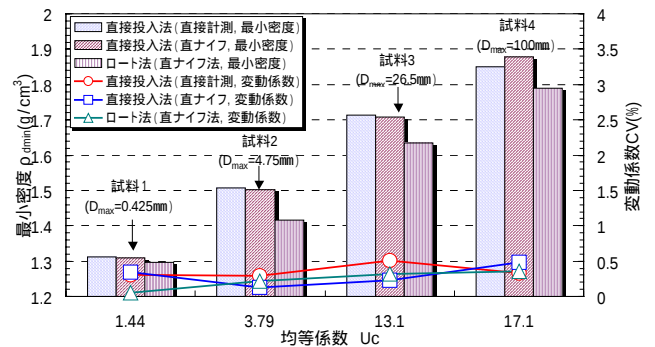


図-4 最小密度・変動係数と均等係数の関係(せん頭粒度試料)

一方、最大粒径が 53mm の試料 7 では直接投入法による最小密度がロート法とほぼ同じになる傾向が見て取れる。これは、ロートの出口付近で試料が閉塞するため、試料の投入速度にばらつきが生じたためと考えられる。

加えて、試料 5、6、7 の直接投入法での上端面処理方法を比較した場合、直接計測法に比べ直ナイフ法の最小密度・変動係数共に小さくなっている。このことから、 $U_c=1.44$ 程度の砂礫材料の上端面処理は直ナイフで整形することが望ましいことがわかる。

図-4 に $U_c=1.44 \sim 17.1$ のせん頭粒度の試料 1、2、3、4 に対して、上記と同様に整理する。試料 1 では直接投入法、ロート法によらず最小密度は同程度の値であることがわかるが、 $U_c=3.79$ を超える試料 2、3、4 では、ロート法による試験結果が最も小さい。試料 3 についてはロート法により実施した試験後のアクリルモールド内部の粒度組成を調べた結果を図-5 に示す。これよりアクリルモールド外周部の試料は、全試料の粒度分布に比べて 9.75mm 程度以上の礫分が多く含まれているが、アクリルモールド中心部では逆に少なくなっている。つまり外周部に沿って大きな粒子が円錐状に堆積しやすいことがわかる。この結果から、良配合の試料ではロート法を適用した場合試料が分級してしまい、最小密度の正しい評価ができないものと考えられる。

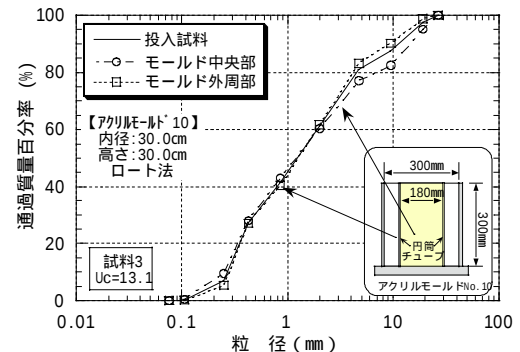


図-5 試験後の試料の粒度組成(試料 3)

また、試料 1、2、3 では上端面処理法の違いによらず、最小密度はほぼ同じ傾向がわかる。しかし、最大粒径が 100mm の試料 4 では直ナイフ整形法による最小密度が最も大きくなっている。これは、均等係数の大きな試料では直ナイフで整形する際に試料に乱れを与え、密に詰ったためだと考えられる。しかし、変動係数については、いずれの方法についても 0.5%程度と安定した値となっており、均等係数の大きな試料は小さな試料に比べてばらつきの少ない結果が得られやすいことがわかる。

4. まとめ

- ・試料の粒径が大きくなるにつれ、最小密度は増加するが、モールドサイズとの関係から限界が現れる。
- ・ロート法を用いると落下高さがゼロに近い場合、直接投入法に比べて最小密度は小さくなる傾向がある。しかし、均等係数の大きな試料をロート法で投入すると、試料が分級する可能性があり、注意が必要である。
- ・均等係数の大きな試料では直ナイフ整形法によると試料を乱し、最小密度が大きくなる可能性があるため、直接計測法で行なう方がよい。

参考文献：1) 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. 2) (社)地盤工学会 礫質土の力学的特性に対する研究委員会：砂礫の最小・最大密度の一斉試験報告，礫質土の力学的特性に関するシンポジウム論文集，pp.151-164，2001. 3) (社)地盤工学会 砂礫の最小・最大密度試験方法検討委員会：砂礫の最小・最大密度試験方法検討委員会報告書(1～5)，2003. 4) 國生剛治，原 忠，石澤友浩，山中仁，伏木田達朗：砂礫の最小・最大密度試験に与える影響因子の検討，礫質土の力学的特性に関するシンポジウム論文集，pp.177-182，2001.