

2 種類の砕石の繰返しせん断による密度変化について

九州工業大学大学院 学生会員 ○鬼塚 充明 黄 中原
九州工業大学大学院 正会員 永瀬 英生 廣岡 明彦
九州工業大学工学部 非会員 兵庫 悠太
国土交通省 九州地方整備局 中道 正人 山口 誠 森山 崇来
日建設シビル 片桐 雅明 沿岸技術研究センター 勝呂 和之

1.はじめに

港湾工事の地盤改良における床掘置換工法では、大量の材料が必要とされる。一般的には、砂や礫といった良質な材料が用いられるが、昨今では、石材を生成する際に発生する 0～300mm の砕石が用いられることも少なくない。しかし、現地で用いる粒度のまま試験を行うことは難しく、細粒側に実粒度曲線を平行移動させる「相似粒度」や粒径の大きいものを除去した「尖頭粒度」に粒度調整して試験を行うことが多くされており、この 2 つの粒度における力学的特性の違いを明らかにしていく必要がある。そこで本研究では、現場施工時における 2 種類の試料の繰返しせん断挙動およびそれに伴う密度変化を把握するため振動台実験を行った。ここでは、繰返しせん断時の地盤の密度変化について報告する。

2.実験方法

本実験では、1m×1m の振動台、高さ：幅：奥行＝700：1400：450(mm)の土槽を用いた。模型地盤は、現場での施工を模擬するため水中落下法により作製した。また、それぞれの試料は気乾状態であり、試料 A は 10 層、試料 B は 9 層に分け、1 層あたり 60kg 程度を投入した。1 回あたりの投入量は、層ごとに異なっており、下層では 20kg、上層では 5kg ずつを投入した。図 1 には試料 A、B における現地粒度及び粒度調整後の粒径加積曲線、表 1 には試料 A、B の材料特性を示す。

入力波形は、正弦波形を用いて波数 30、入力周波数 5.6Hz、加振時間 5.33s、入力加速度 300gal とした。また、地盤の沈下挙動を測定するため加振前後で 15 箇所の定点において地盤表面の鉛直変位を測定した。加振については、同試料で 3 回続けて行い、その都度、計測を行った。実験ケースとしては、最大粒径を 53mm に調整した相似粒度と尖頭粒度について、試料 A、B それぞれで行った。また、実験の再現性を確認するため、試料 A について 2 回実験を行っている。

3.実験結果

加振前後での鉛直変位から密度を算出したところ表 2 のようになった。また、各加振ごとにおける地表沈下量を砕石の層厚で除することによって、その加振により生じた体積ひずみを算出し、累積体積ひずみ ε_v と乾燥密度 ρ_d の関係を図 2 に示す。各ケースにおいて、加振するごとに密度は増加しているが、体積ひずみの増加は小さくなっていることが読み取れる。また、初期乾燥密度が 1.900g/cm³ 以下のケースは 2 回目以降の加振で体積ひずみが微小であることが確認できる。加えて、それぞれの試料における相似粒度と尖頭粒度を比較すると、相似粒度の方が密度が大きくなっていることがわかる。これは、尖頭粒度の方が礫分が多く含まれてお

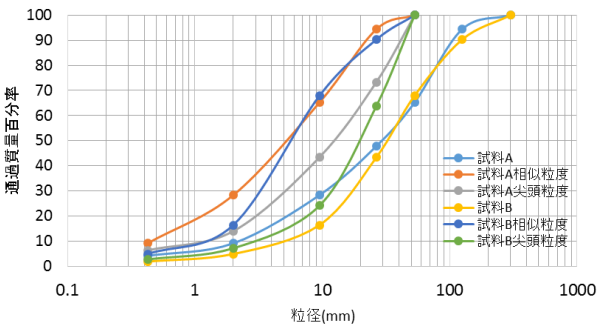


図 1 粒径加積曲線

表 1 試料 A、B の材料特性

試料		A	B
粒径9.5mm以上の粒子	絶乾比重	2.624	2.667
	表乾比重	2.643	2.691
	吸水率%	0.73	0.87
粒径2.0mm以下の粒子	土粒子密度 g/cm ³	2.721	2.738

表 2 各加振ごとの乾燥密度

			加振前	加振1回目	加振2回目	加振3回目
			密度(g/cm ³)			
試料A	相似粒度	Case1	1.934	2.004	2.046	2.067
		Case2	1.912	2.008	2.090	2.102
	尖頭粒度	Case1	1.841	1.950	1.963	1.969
		Case2	1.840	1.931	1.931	1.943
試料B	相似粒度	Case1	1.762	1.868	1.885	1.888
	尖頭粒度	Case1	1.666	1.709	1.714	1.713

り、粒径加積曲線が立ち上がる、いわゆる粒度が悪いため間隙が大きくなり、密度が小さくなっているものと考えられる。

図 3 には、累積体積ひずみ ε_v と加振による繰返し回数 N_c の関係を示す。それぞれの試料において、各粒度とも繰返し回数の増加とともに体積ひずみも増加傾向にあることが読み取れるが、試料 A における相似粒度では、繰返し回数の影響を大きく受けていることが読み取れる。試料 B の相似粒度は、試料 A の尖頭粒度と同様の挙動を示している。これは、試料 A の相似粒度と比較すると試料 B では粒径 0.425mm 以下の割合が小さく、試料 A の尖頭粒度に近い割合となっている。したがって、碎石の体積収縮特性には、粒度分布が大きく起因しているものと考えられる。

図 4 には、粒径 0.425mm 以上の割合 P_c と乾燥密度 ρ_d の関係を示す。これより、 P_c が大きいほど、密度は小さくなり、加振による密度の増加も小さいことが読み取れる。また、液状化に至ったものは試料 A の相似粒度のみであり、その他のケースで生じた揺すり込みによる沈下は加振 1 回目で収束に近づいていることがわかる。

図 5 には、試料 A の相似粒度における実験前後の粒径加積曲線を示す。これにより、投入時および加振時の粒子の破碎性はないことが確認できた。他のケースでも同様の傾向であることを確認した。

4. 結論

本研究では、0~300mm の碎石が繰返しせん断を受けた際の密度の変化を明らかにする目的で、相似粒度と尖頭粒度の 2 つの粒度に調整を行い実験を実施した。これにより、得られた知見を以下に記す。

- 1) 碎石の種類によらず相似粒度の方が、体積ひずみは大きくなる。したがって、体積ひずみを把握する際、相似粒度で試験を行うことで安全側に考慮できる。
- 2) 細かい粒子を多く含む試料 A の相似粒度では、繰返し回数の影響を大きく受けたが、試料 B ではその傾向は見られなかった。これにより、体積収縮は粒度の種類より、粒径 0.425mm 以下の細かい粒子の割合が起因しているものと考えられる。

- 3) 試料投入および加振の影響による粒子破碎は、それぞれの試料で確認されなかった。

参考文献

- 1) 塩見雅樹ら：大型三軸試験による砂岩ズリの強度特性、第 30 回土質工学研究発表会、No.294、pp.743-744、1995。
- 2) 笹井剛ら：港湾工事に用いる岩ズリの強度特性について、第 40 回地盤工学研究発表会、No.271、pp.541-542、2005。
- 3) 後藤佑介ら：岩ずりの繰返しせん断による体積収縮特性と密度特性、港湾空港技術研究所資料、No.1278、2013。
- 4) 福田光治ら：大阪湾岸埋立材料の内部摩擦角と尖頭粒度の強度特性、第 49 回土木学会年次学術講演会、pp110-111.1994

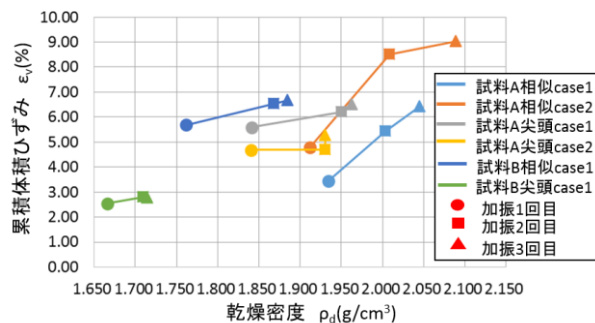


図 2 累積体積ひずみと乾燥密度の関係

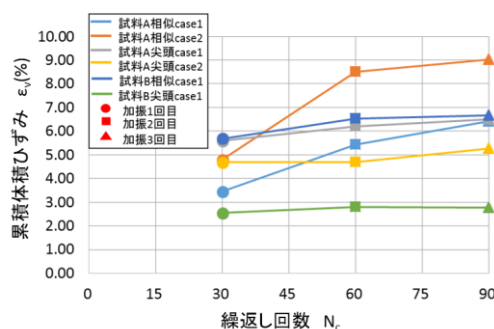


図 3 累積体積ひずみと繰返し回数の関係

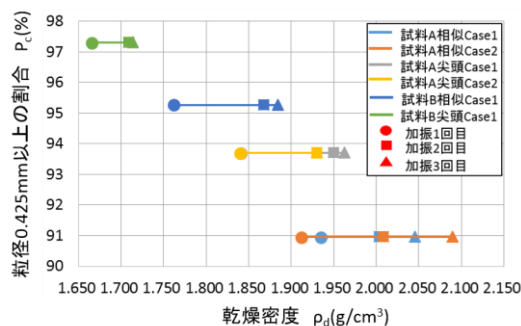


図 4 粒径 0.425mm 以上の割合と乾燥密度の関係

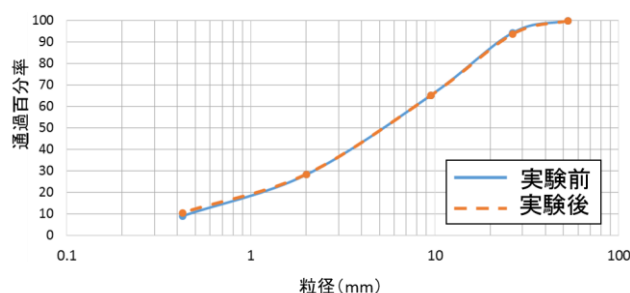


図 5 実験前後での粒径加積曲線（試料 A 相似）