

沖縄に漂着した軽石と浚渫土の混合土の CBR 特性

九州産業大学 学生会員 兼次 輝 九州産業大学 正会員 林 泰弘
九州産業大学 正社員 松尾 雄治 ワールドリンク 藤 龍一
水道機工 東 義洋

1. はじめに

令和3年8月に小笠原諸島付近の海底火山「福德岡ノ場」の噴火により発生した軽石が大量に沖縄県に漂着した。この軽石は観光や漁業に大きな影響を及ぼすことから回収されている。軽石の回収量は令和4年5月時点で約8万立方メートル以上となり、回収費用だけで10億円以上を要している¹⁾。回収された軽石は塩分を含有するために利用方法に制限があり様々な方面で活用法が検討されている。また、他方では川底などに堆積している土砂は災害防止や水質改善のために浚渫されているが、浚渫土は流動性が高いため処分に広大なスペースが必要であり、再利用が望まれている。

本研究では、これら処分に困る軽石と浚渫土を混合することで改良材を使用しない経済的な有効活用法を検討したもので、塩分が問題とならない地域で路床材としての適用を想定し、混合土の設計 CBR 試験を行った。

2. 試験方法

対象試料の物理特性を表-1 に示す。浦添市と糸満市で採取した軽石をそれぞれ KU、KI、新門司土砂処分場で採取した関門航路の浚渫土を MJ と表記している。KU と KI は細粒分が少ないのに対し、MJ は細粒分を多く含んでいるため、互いを混合することで粒度分布の良い混合土となることと軽石単体の空隙が浚渫土の水分を吸収することを期待した。軽石の設計 CBR は十分な値を示しているため浚渫土を配合した時もある程度の CBR 値が期待できる。写真-1 に 9.5mm ふるい残留の軽石 (KI)、写真-2 に軽石 (KI) の SEM 画像を示す。いずれも KI には KU にみられない不純物 (珊瑚など軽石ではないもの) が混入している。不純物の存在やわずかな粒度分布の差が CBR 値の差に現れたと考えられる。浚渫土との混合土を作製する際は肉眼で見える大きさの不純物は取り除いて試験に用いた。

図-1 は、E 法で含水比を下げながら繰り返して締固めた KU の締固め曲線であるが、軽石は脆くて砕けやすいため最適含水比と最大乾燥密度を求めることができなかった。そこで本研究では修正 CBR 試験は行わず、未使用の軽石を用いた混合土と破碎した軽石を用いた混合土についての設計 CBR 試験を行ったもので、CBR 値は 3~20%、膨張比 \leq 3% を目標の目安とした。

表-1 原土の物理特性

土の名称	軽石 (KU)	軽石 (KI)	浚渫土 (MJ)
自然含水比 %	19.6	13.3	102.2
礫分 %	82.5	80.7	0.0
砂分 %	17.4	19.3	13.9
シルト分 %	0.0	0.0	35.1
粘土分 %	0.0	0.0	51.0
液性限界 %	—	—	90.0
塑性限界 %	—	—	36.6
塑性指数	—	—	53.4
設計CBR %	73.0	23.2	—



写真-1 9.5mmふるいに残留した (KI)

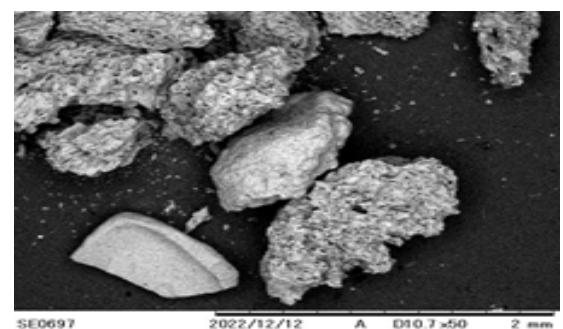


写真-2 0.425mmふるいに残留した (KI)

3. 未使用の軽石と浚渫土の混合土の設計 CBR

自然含水比の軽石と液性限界に調整した浚渫土を乾燥質量比で軽石:浚渫土 10:0、8:2、7:3、6:4 の4パターンで混合土を作製し設計 CBR 試験を行った。表-2 に試験結果を示す。膨張比はすべて 3%以下に収まっていた。CBR 値は軽石の種類や混合土の配合比率によって差がみられたが、軽石のみの場合に比べ混合土の CBR 値は軽石の種類による差が小さかった。また、軽石が 8 割の混合土 (KU8:MJ2、KI8:MJ2) は CBR 値 \geq 20%以上であった。軽石が 7 割 (KU7:MJ3、KI7:KI3) で目標範囲内にあったが、軽石が 6 割 (KU6:MJ4、KI6:MJ4) になると目標範囲未滿となった。この結果から軽石が 7 割以上の混合土は路床材として使用することができると思う。

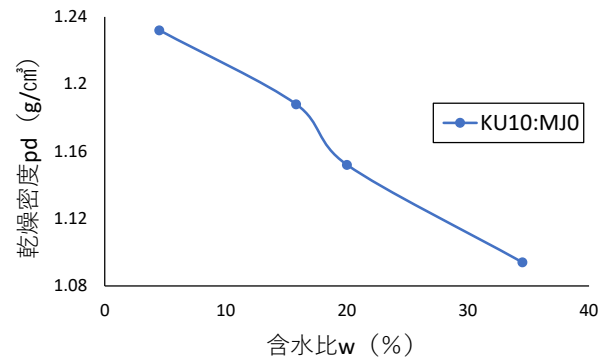


図-1 KU の締めめ曲線 (E法)

表-2 未使用の軽石と浚渫土の混合土の設計 CBR 試験結果

軽石	軽石:浚渫土	10:0	8:2	7:3	6:4
KU	含水比 w%	43.4	35.5	35.5	42.6
	乾燥密度 ρ_d g/cm ³	0.913	0.717	0.774	0.681
	膨張比 %	0.008	0	0.048	0.744
	CBR %	73.04	47.68	15.83	2.48
KI	含水比 w%	34.73	31.31	35.46	39.84
	乾燥密度 ρ_d g/cm ³	0.708	0.622	0.836	0.833
	膨張比 %	0.792	0.006	0.304	0.624
	CBR %	23.2	50.5	12.0	2.9

4. 破碎した軽石と浚渫土の設計 CBR

一度締めめ試験を行って破碎した軽石を KU_{r1}、KI_{r1} と表記し、原土の KU、KI と粒径加積曲線を比較する (図-3) と、締めめによって細粒分が多くなっていることが分かる。

未使用の軽石を用いた場合に CBR=3~20%となった軽石 7 割の混合土について、破碎した軽石を用いた混合土の設計 CBR 試験を行った。破碎した軽石を使用した KU_{r1}7:MJ3、KI_{r1}7:MJ3 の結果を表-3 に示す。破碎した軽石を使用した場合、未使用の軽石を使用した時より乾燥密度は大きくなったが、CBR 値は低下し、膨張比は上昇した。これらは細粒化の影響であると考えられるため、今後は設計 CBR 試験で使った試料から軽石だけを取り出して粒度分布を再確認するとともに、その試料を用いて KU_{r2}7:MJ3、KI_{r2}7:MJ3 の設計 CBR 試験を行い、再破碎による CBR 特性を報告予定である。

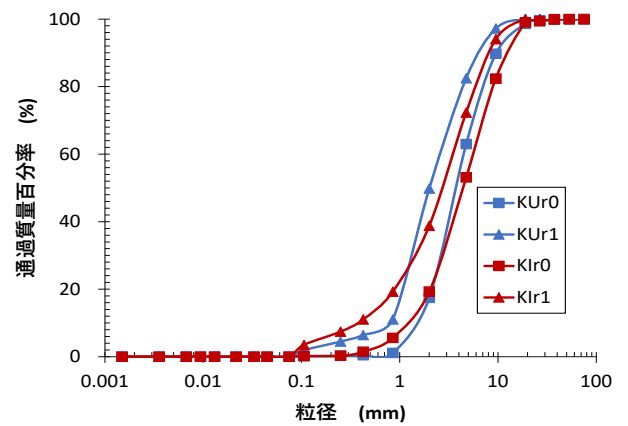


図-3 一度締めめ固めた軽石の粒径加積曲線の比較

5. まとめ

発生源が同じ軽石でも漂着した採取地によって粒径加積曲線や不純物の混在量に若干の差があり、その影響で設計 CBR 値に違いがあった。

浚渫土と混合すると軽石の割合が減るほど CBR 値が低下し、軽石の種類の違いは小さくなった。本研究では軽石が 7 割以上であれば路床材として適用できると判断した。ただし、軽石の破碎性を考えると CBR 値が低下するため注意が必要である。

参考文献:

- 1) 沖縄県が試算した軽石の撤去費用 (漁業・観光の被害含まず)、沖縄県琉球新報、2022.02.18 記事
<https://ryukyushimpo.jp/news/entry-1472462.html>、

表-3 破碎した軽石を用いた混合土の設計 CBR 試験結果

対象試料	KU _{r1} 7:MJ3	KI _{r1} 7:MJ3
含水比 w%	37.0	32.7
乾燥密度 ρ_d g/cm ³	0.796	0.917
膨張比 %	0.336	0.696
CBR %	9.9	5.4