

軽石を利用した埋め戻し材の特性

Characteristics of backfill material using pumice stone

○中沢快¹・坂本新也¹・石井建太郎²・重村智³・鎌尾彰司³Nakazawa Kai¹, Shinya Sakamoto¹, Kentaro Ishii¹, Satoshi Sigemura¹, Shoji Kamao¹

In October 2021, pumice was washed ashore due to the eruption of submarine volcanoes in Okinawa and other areas, causing great damage to fishing ports and beaches. The purpose of this study is to examine the possibility of using the recovered pumice stone as a civil engineering material (backfilling material). The goal of the research is to apply it as a backfill material, and we are considering applying it as a backfill material by mixing cohesive construction soil with pumice whose particle size is adjusted, adding cement, and then curing it. This report examines its applicability.

1. はじめに

2021年10月、沖縄をはじめとした各地域に海底火山の噴火に伴う軽石が漂着し、漁港や浜辺などに大きな被害をもたらした。本研究は、回収された軽石を土木資材（埋め戻し材）としての利用の可能性を検討するために実施しているものである。研究は埋め戻し材への適用を目標にしており、粘性土系の建設発生土と粒度を調整した軽石を混合し、セメントを添加したのち養生して埋め戻し材としての適用を考えている。

2. 漂着してきた軽石の安全性に関する検討

軽石が安全であるのかという点については、沖縄県が公表しているホームページ⁴⁾にまとめられている。現在使用している軽石を採取した「真喜屋の浜」の分析調査の測定項目は溶出量、含有量でそれぞれ示されており、その分析結果は土壌環境基準を満足しているため埋め戻し材としての利用については問題ないと考えられる。漂着した軽石は海水の塩分を含むため、埋め戻し材としての適用用途によっては除塩をしなければならないことも考えられる。その際は十分に洗浄するなど塩分の影響を考慮する必要がある。（一定規模量を利用するための除塩方法については検証中である）

3. 漂着してきた軽石の密度に関する検討

軽石が浮ぶ可能性があるのかという点については、軽石単体では水に浮く粒子も多く含有されているが、粘土・セメントと混合することにより、密度をコントロールすることが可能となるため、軽石を含んだ埋め戻し材が浮かんでくる心配はないと考えられる。むしろ軽量盛土材として取り扱うができるメリットの方が大きいものと思われる。

4. 実験方法

一軸圧縮試験の供試体作成方法は、地盤工学会基準（JGS 0821）より安定処理土の締固めをしない供試体作

成方法を用いた。供試体作成に扱う軽石は、2.00 mm～4.75 mmのふるいに残留する粒径の軽石を使用した。理由として、採取した軽石の中で2.00 mm～4.75 mmのものが一番多い割合だったためである。供試体は、軽石、笠岡粘土、高炉セメントB種に所定の水を加し、均一になるようにミキサーにより十分攪拌させたものを用いた。直径3.5cm、高さ10cmの亚克力製のモールドを使用し、下端をゴム栓で密閉して、5層に分けて1層につき100回タッピングを行い、空気を追い出しながら試料を充填した。充填後、上端をラップで覆い所定期間養生した。なお、軽石と笠岡粘土の乾燥質量に対してセメント及び水を所定の割合で添加した。また、養生期間は7日及び28日とし（以下T_c=7日をT_{c7}、T_c=28日をT_{c28}とする）、養生温度については20℃の一定条件とした。供試体作成条件は、セメント添加率a_w=5%～20%の条件で、軽石含有率K_wは0%～75%のように設定した。なお、設定含水比w₀は軽石と粘土の乾燥質量に対する水の質量の割合とし、定義は式(3)に示す通りとし、設定含水比w₀=60%で行った。

$$a_w = \frac{m_s'}{m_k + m_s} \times 100(\%) \quad \dots (1)$$

$$K_w = \frac{m_k}{m_k + m_s} \times 100(\%) \quad \dots (2)$$

$$w_0 = \frac{m_w}{m_k + m_s} \times 100(\%) \quad \dots (3)$$

m_s' : 高炉セメントB種の質量 (g)

m_s : 笠岡粘土の乾燥質量 (g)

m_k : 軽石の乾燥質量 (g)

m_w : 水の質量 (g)

5. 軽石含有率と湿潤密度の関係

Fig. 1は、軽石含有率K_wと湿潤密度の関係を示した図である。軽石含有率K_wが高くなると、供試体内の軽石の密度が小さくなる。軽石含有率K_wが大きくなると

1 : 日本理工・土木 2 : 日大理工・院 (前) 3 : 日大理工・教員・土木

ばらつきが大きいのは、2.00 mm～4.75 mmの粒度範囲の軽石を用いており、軽石自体にばらつきがあるためであると考えられる。さらに、 $K_w=60\%$ を超えると改良した軽石供試体の湿潤密度が 1.0 Mg/m^3 を下回る。そのため、地下水位以下になった際に浮力が問題となることも考えられる。軽石を破碎して、2.00 mm～4.75 mmより小さい粒径で添加することにより、湿潤密度を上げることも可能であるため、引き続き検討を加える必要がある。

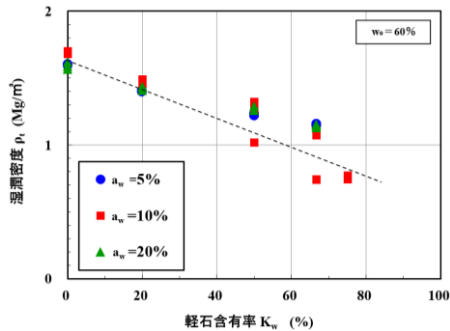


Fig. 1 Relationship between pumice content and wet density

6. 軽石含有率と一軸圧縮強さの関係

Fig. 2は、軽石含有率 K_w と一軸圧縮強さの関係を示した図である。軽石含有率 $K_w=0\sim 50\%$ においては一軸圧縮強さが増加しており、軽石含有率 $K_w=0\%$ よりも軽石含有率 $K_w=20\sim 50\%$ の範囲の一軸圧縮強さの方が大きくなっている。さらに、軽石含有率 $K_w=50\%$ 付近において最大の一軸圧縮強さを示した後、その後は軽石含有率 K_w の増加に伴い一軸圧縮強さも減少傾向を示している。この傾向は、セメント添加率 a_w によらず、同様の傾向を示している。これは軽石の粒子の大きさによるものと考えられ、直径 35mmの供試体に 2.00～4.75mmの軽石を使用しており、供試体内で軽石同士が接触した際に間隙ができていられる。この間隙が一軸圧縮強さと関係があると考えられるため、軽石含有率 K_w によっても強度の差が出たと思われる。

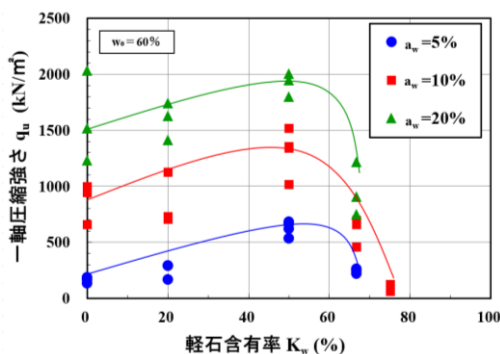


Fig. 2 Relationship between pumice content and unconfined compressive strength

このことから、今回の実験からは適切な軽石添加率があることに加えて、軽石の粒径によって間隙の大きさが変わるため、それぞれの粒径で適切な軽石添加率があることも考えられる。

7. セメント添加率と一軸圧縮強さの関係

Fig. 3は、セメント添加率 a_w と一軸圧縮強さの関係を示した図である。セメント添加率 a_w が増加すると一軸圧縮強さは直線的に増加する傾向にあることが確認された。また、軽石含有率 K_w が大きくなるに従って強度のばらつきも大きくなる傾向が見られた。

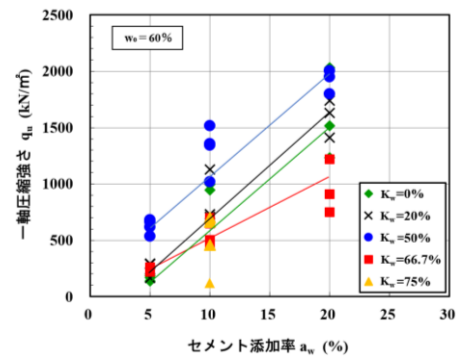


Fig. 3 Relationship between cement addition rate and unconfined compressive strength

8. まとめ

- ①一軸圧縮強さは、軽石含有率 $K_w=0\sim 50\%$ の範囲で増加する傾向がみられ、その後は軽石含有率 K_w の増加に伴い一軸圧縮強さも減少傾向を示している。
- ②セメント添加率 a_w が増加すると一軸圧縮強さは増加する傾向にあり、軽石含有率 K_w が大きくなるに従って強度のばらつきも大きくなる傾向が見られた。
- ③Fig. 1の湿潤密度・Fig. 2の一軸圧縮強さを軽石含有率 K_w から見たとき、軽石含有率 $K_w=60\%$ 以下の時が湿潤密度 1.0 Mg/m^3 程度となり軽量化も見られ、一軸圧縮強さも各セメント添加率で最大となる。すなわち、軽石含有率 $K_w=50\%$ の値が一軸圧縮強さの最大値であり、限られた実験条件下であるものの最適となる条件も存在することが分かった。

参考文献

- 1) 毎日新聞デジタル 「福徳岡ノ場」噴火、戦後最大級と判明 桜島「大正噴火」に次ぐ規模 (R4.8.31)
- 2) 琉球新報 「軽石の撤去費16億円越え 沖縄県が試算 漁業・観光の被害含まず」 (R4.5.28)
- 3) 沖縄県ホームページ 沖縄県に漂着した軽石の分析結果について (環境部) (R3.11.17)
- 4) 沖縄県ホームページ 分析結果報告 (土木建築部) (R4.4.14)