

焼成軽石を骨材としたコンクリートの材料特性

鹿児島工業高等専門学校 (学) ○外園 真大, (正) 安井 賢太郎
宮崎大学 (学) 山村 拳志郎, 木之下 広幸, (有) 南建興業 南曲 誠

1. はじめに

南九州には火山砕屑物である軽石が広く堆積している。この堆積した軽石は大雨や台風に伴い流亡し、住宅や農林水産業へ甚大な被害を及ぼす恐れがあることから、採掘して有効に利用されるべきである。一方で、社会基盤整備に不可欠な骨材は地域で採取されたものを使用するが、環境保全の観点から川砂利・川砂などの天然骨材が入手できなくなり、現在は石灰石などを破碎した碎石や砕砂の代替利用が増加している。しかし、この石灰石も 2050 年頃には枯渇する¹⁾とされているため、新たな代替骨材についても検討する必要がある。

既往の研究²⁾ではコンクリート骨材に軽石を使用した報告があるものの、軽石は多数の微細な気孔を多く有するため骨材としての強度が低く、代替骨材として利用されていないのが現状である。

本研究では、軽石の有効利用とコンクリート用代替骨材の開発を目的とし、まず軽石を焼成することで骨材強度の向上を図った³⁾。次に焼成軽石をコンクリート用骨材として利用するために粒度調整を行い、未焼成軽石及び焼成軽石を用いたコンクリートの圧縮試験を行い、その利用可能性について検討した。

2. 実験方法

2.1 軽石の焼成

本実験には宮崎県都城市産の御池軽石を用いた (図-1(a))。軽石の焼成には電気炉を用い、室温から 100°C/h で昇温し、最高温度 1100°C で 1 時間保持後に炉冷したものをを用いた (図-1(b))。

2.2 軽石及び焼成軽石の物性値

表-1 に軽石及び焼成軽石の物性値を示す。ここで、軽石の粒子径が 5 mm 以下のものを細骨材、5 mm を超えるものを粗骨材として区分した。焼成軽石の絶乾密度は粗骨材 1.54 g/cm³、細骨材 2.08 g/cm³ であり、未焼成軽石の密度と比べて増大した。その一方、吸水率は粗骨材 20.9%、細骨材 9.45% まで低下した。これは、焼成過程で軽石の内部組織が焼締まりによって緻密になるためと考える。このことは、焼成によって骨材強度がマイクロビッカース硬さで未焼成時の 13 Hv から 476 Hv まで増加した³⁾ ことから言える。

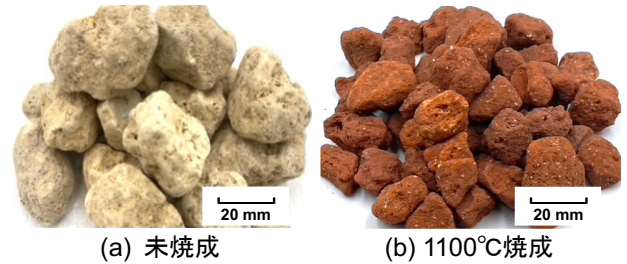


図-1 御池軽石 (5号) の外観

表-1 軽石及び焼成軽石の物性値

種類	絶乾密度 (g/cm ³)	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/t)	実績率 (%)	
未焼成	粗骨材	0.59	1.20	95.0	0.40	68
	細骨材	1.58	1.91	20.8	0.94	59
焼成	粗骨材	1.54	1.86	20.9	0.85	58
	細骨材	2.08	2.26	9.45	1.21	59

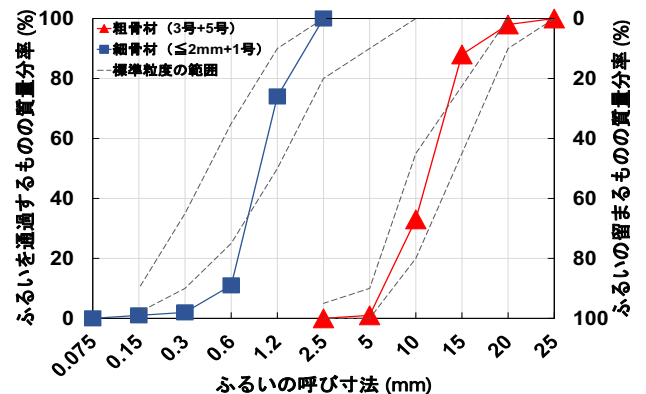


図-2 焼成軽石の粒度曲線

表-2 焼成軽石コンクリートの配合

軽石	SL (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
				W	C	S	G	Ad
焼成	2.0	60	47	247	412	609	508	6.2
	1.0	55		247	449	597	499	6.7
	1.0	50		247	494	584	487	7.4
	1.0	45		247	549	566	473	8.2
未焼成	1.5	55		270	491	427	180	7.4

図-2 に焼成軽石の粒度曲線を示す。主に園芸用土に利用される軽石は粒径で 1 号~5 号に分級されているため、JIS A 5005 に示された粒度の範囲を目安に、粗骨材は 3 号 (7~12 mm) と 5 号 (16~26 mm) を 1 : 2 の割合で混合したもの、細骨材は 2 mm 以下と 1 号 (4 mm 以下) を 8 : 1 の割合で混合したものをそれぞれ用いた。

2.3 軽石コンクリートの作製および圧縮強度試験

表-2 に作製した供試体の配合を示す。W/C は 45～60%の範囲とした。本配合における骨材の単位量は絶乾質量とした。これは、表乾状態の軽石を練り混ぜた際に、吸水率の高い軽石に含まれた多くの水分がセメントに吸収されることで、水分量が多く材料分離の生じるコンクリートが作製されたためである。練り混ぜ後のコンクリートは、 $\phi 100 \times H200$ mm の円柱モールドに詰め、振動締め固め後、所定材齢まで 20°C の水中で養生した。養生後のコンクリートに対して、圧縮強度試験及びヤング係数測定を実施した。

3. 試験結果及び考察

図-3 にスランプ試験の状況を示す。本配合におけるフレッシュコンクリートのスランプ値 (SL) は 1～2 cm の範囲 (表-2) であったものの、振動締め固め時の流動性は良好であった。これは、絶乾状態の焼成軽石を使用したため、練り混ぜ水が軽石に一時的に吸収されたものの、振動によって軽石に含まれる水が滲み出したことが考えられる。また、材料分離が起こっていないことから、混和剤量を調整することでスランプの値の増大は十分可能であるものとする。

図-4 に硬化コンクリートの供試体切断面を示す。材料の密度や大きさによる偏りが無く、骨材の大小粒がバランスよく分布していることが確認できた。

図-5 に W/C を変えた際の圧縮強度と材齢の関係を示す。W/C の減少に伴って圧縮強度が上昇し、W/C が 45% の時に材齢 28 日で 49.4 N/mm² を示した。未焼成軽石を用いた供試体の圧縮強度は、W/C が 55% の時に 20 N/mm² にも満たなかったことから、軽石の焼成によってコンクリート強度も向上することが明らかとなった。

図-6 に圧縮強度とセメント水比の関係を示す。コンクリートの圧縮強度とセメント水比の間には直線関係があることから、45 N/mm² 程度の配合計算を容易に行うことができる。ただし、C/W の増加に伴ってセメントペースト強度が高くなると、焼成軽石の材料破壊が先に起こることが予想されるため、圧縮強度の限界について今後明らかにする予定である。また、ヤング係数は 19.0 kN/mm² (C/W=1.67) から 23.0 kN/mm² (C/W=2.22) の範囲であり、普通コンクリートと比べて小さい値を示した。なお、ポアソン比は 0.2 であった。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。



図-3 スランプ試験の状況

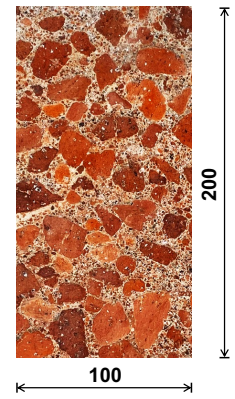


図-4 供試体切断面

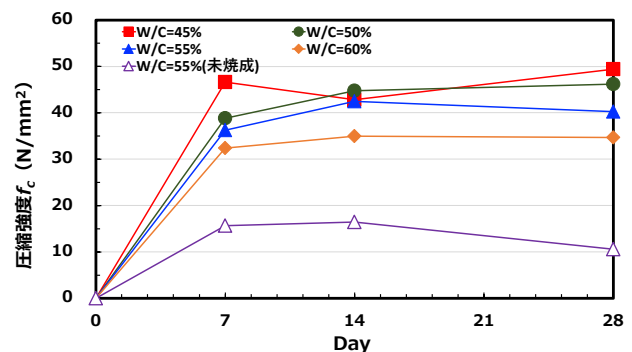


図-5 圧縮強度と材齢の関係

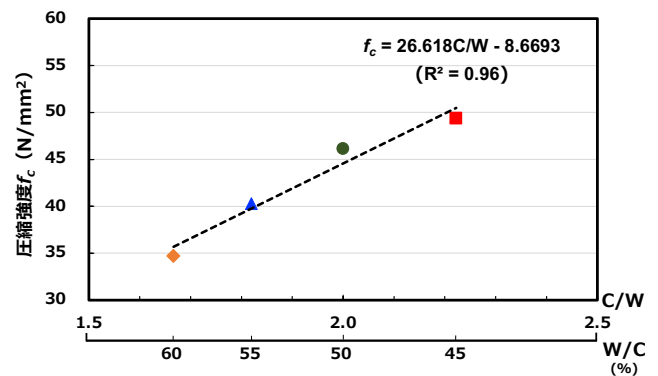


図-6 圧縮強度とセメント水比の関係

- 1) 焼成軽石の粒度調整を行うことで、大小粒バランスの良いコンクリートを作製することができた。
- 2) コンクリート圧縮強度の最大値は 49.4 N/mm² であり、焼成軽石はコンクリート用骨材として利用できる。
- 3) ヤング係数は 19.0～23.0 kN/mm² の範囲であり、普通コンクリートと比べて小さい値を示した。

謝辞

本研究は、(公財) 鹿児島県建設技術センター令和4年度地域づくり助成事業の助成を受けて実施した。

参考文献

- 1) 酒井雄也：国内の特徴的なコンクリート代替骨材に関する研究—持続性と脱炭素に向けて—, 土木学会誌, Vol. 107, No. 2, pp. 28-31, 2022.
- 2) R.B. Karthika, V. Vidyapriya, K.V. Nandhini Sri, K. Merlin Grace Beaula, R. Harini, Mithra Sriram: Experimental Study on Lightweight Concrete Using Pumice Aggregate, *Mater. Today*, Vol. 43, Part 2, pp. 1606-1613, 2021.
- 3) 山村拳志郎, 木之下広幸, 安井賢太郎, 南曲誠：焼成した軽石を用いた透水性舗装ブロックの開発：令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会概要集, V-317, 2022.