

石炭灰を用いた気泡混合モルタルの現場施工への適用性について

九州エス・ピーシー（株）正員 山田 文男 正員 矢立 仁志
 九州産業大学 正員 奥園 誠之 正員 松尾 雄治
 法政大学 正員 草深 守人 正員 竹内 則雄

1. はじめに

近年、石炭灰の有効利用の一環として、気泡混合モルタルの骨材として細砂の代わりに石炭灰を用いる試みが始まっている。このような状況下において、石炭火力発電所で発生した石炭灰を気泡混合モルタルの骨材として利用した室内配合試験「気泡混合モルタルへの石炭灰の有効利用について」¹⁾を実施した。この試験結果より、石炭灰を用いた気泡混合モルタルの有効性を確認したが、気泡混合モルタルの骨材に大量の石炭灰を利用することは、実際の現場において有効性、安全性を確認する必要がある。本研究では、一軸圧縮試験および溶出試験を行い、石炭灰を用いた気泡混合モルタルの現場施工への適用性について、有効性と安全性を確認することを目的とした。

2. 実験の手順および試験方法

まず、室内配合試験より現場における必要管理値を満たす配合を決定する。必要管理値は、現場の施工性や安定計算より、フロー値： 180 ± 20 (mm)、単位体積重量： 1.0g/cm^3 以下、一軸圧縮強度： $qu_{28} = 1.0 \text{N/mm}^2$ (現場), 1.2N/mm^2 (室内), $qu_1 = 0.1 \text{N/mm}^2$ 程度と設定した。ここで決定した配合により現場で気泡混合モルタルを製造し打設する。使用した石炭灰は、石炭火力発電所より排出された A 灰、B 灰の 2 炭種を用いた。室内配合試験は、A 灰にて配合試験を行い、その結果を基に B 灰の配合試験を行った。現場施工は B 灰にて行った。表 1 に石炭灰の物理試験結果を示す。2 炭種とも礫分、砂分は少なく、ほとんどがシルト分から構成されており、互いに大きな違いは見られない。配合試験では、セメント添加量を 150, 200, 250 kg/m^3 石炭灰セメント比を 1.0, 2.0, 3.0 の合計 9 ケースとし、供試体を作製した。セメントは高炉セメント B 種、気泡剤は界面活性剤系のものを用いた。供試体は直径 50mm 高さ 100mm のモールドに充填し、固化した後、脱型、密封し、試験材令まで養生室内で養生後、一軸圧縮試験および環告第 46 号に基づいた溶出試験を行った。現場施工では室内配合試験で決定した配合となるように気泡混合モルタルを製造し、打設時に試料を採取した供試体（直径 100mm 高さ 200mm）を、所定の期間養生した後、一軸圧縮試験および溶出試験を実施した。

表 1 石炭灰の物理試験結果

項目	単位	A 灰	B 灰
土粒子の密度 ρ_s	g/cm^3	2.118	2.165
自然含水比 w_n	%	0.17	0.19
礫分 2~75mm	%	0.0	0.0
砂分 75 μm ~2mm	%	8.1	8.1
シルト分 5~75 μm	%	71.9	69.9
粘土分 5 μm 未満	%	20.0	22.0
最大粒径	mm	2.0	2.0
均等係数 U_c		17.0	11.3
pH		12.1	12.5

まず、室内配合試験より現場における必要管理値を満たす配合を決定する。必要管理値は、現場の施工性や安定計算より、フロー値： 180 ± 20 (mm)、単位体積重量： 1.0g/cm^3 以下、一軸圧縮強度： $qu_{28} = 1.0 \text{N/mm}^2$ (現場), 1.2N/mm^2 (室内), $qu_1 = 0.1 \text{N/mm}^2$ 程度と設定した。ここで決定した配合により現場で気泡混合モルタルを製造し打設する。使用した石炭灰は、石炭火力発電所より排出された A 灰、B 灰の 2 炭種を用いた。室内配合試験は、A 灰にて配合試験を行い、その結果を基に B 灰の配合試験を行った。現場施工は B 灰にて行った。表 1 に石炭灰の物理試験結果を示す。2 炭種とも礫分、砂分は少なく、ほとんどがシルト分から構成されており、互いに大きな違いは見られない。配合試験では、セメント添加量を 150, 200, 250 kg/m^3 石炭灰セメント比を 1.0, 2.0, 3.0 の合計 9 ケースとし、供試体を作製した。セメントは高炉セメント B 種、気泡剤は界面活性剤系のものを用いた。供試体は直径 50mm 高さ 100mm のモールドに充填し、固化した後、脱型、密封し、試験材令まで養生室内で養生後、一軸圧縮試験および環告第 46 号に基づいた溶出試験を行った。現場施工では室内配合試験で決定した配合となるように気泡混合モルタルを製造し、打設時に試料を採取した供試体（直径 100mm 高さ 200mm）を、所定の期間養生した後、一軸圧縮試験および溶出試験を実施した。

3. 室内配合試験結果

図 1 に A 灰、図 2 に B 灰の一軸圧縮強度の材令による変化を示す。A 灰の試験結果より一軸圧縮強度が設計基準強度より小さいか非常に大きくなる配合ケースは、B 灰の配合より除外した。各配合とも、材令に比例して一軸圧縮強度が大きく、ほぼ直線的にも増加しているのがわかる。特に、A 灰の $F/C=3.0$ でセメント添加量が 250kg/m^3 の場合には、ほかの配合に比べて強度の発現が非常に大きくなった。A 灰では、 $F/C = 1.0$, $C=150 \text{kg/m}^3$, $F/C = 2.0$, $C=150 \text{kg/m}^3$, B 灰では、 $F/C = 1.0$, $C=200 \text{kg/m}^3$, $F/C =$

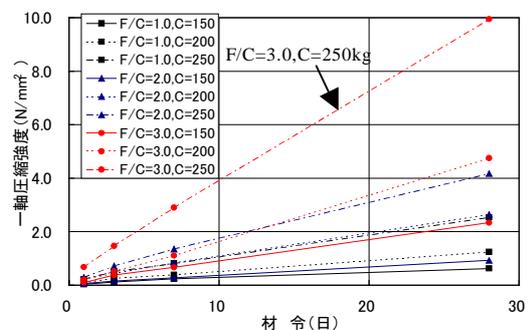


図 1 一軸圧縮強度と材令の関係 (A 灰)

キーワード：石炭灰、気泡混合モルタル、一軸圧縮強度、溶出、軽量盛土

〒862-0954 熊本市神水 1-25-11 TEL096-340-1733

2.0, $C=150\text{kg/m}^3$, の配合ケース以外は一軸圧縮強度 $qu_{28} = 1.2\text{N/mm}^2$ (室内), $qu_1 = 0.1\text{N/mm}^2$ 程度を満足する結果となった。

図3にA灰, 図4にはB灰の材令28日での一軸圧縮強度とセメント添加量の関係を示す。セメント添加量を多くすると一軸圧縮強度も大きくなり, 石炭灰の添加量が多いほど一軸圧縮強度が大きくなる。セメント添加量を増した場合の一軸圧縮強度の増加は, 石炭灰の添加量が多いほど, また養生期間が長いほど大きくなる。

固化後の気泡混合モルタルの溶出結果は, A灰使用, B灰使用とも, すべての溶出量が土壌環境基準を満足しており安全性が確認された。

4. 現場施工試験結果

現場施工の気泡混合モルタルの配合は室内試験結果より, 設計強度を確保できる配合 $F/C=2.0$, $F=400\text{kg/m}^3$, $C=200\text{kg/m}^3$ を選定した。気泡混合モルタルの打設は8段行った。施工管理時の試験は, 打設毎に行い, 生比重, 空気量, フロー値とも管理値をすべて満足した。現場作製試料による一軸圧縮試験結果を表2に示す。現場養生の供試体の材令28日の一軸圧縮強度は $qu_{28} = 2.44\text{N/mm}^2$ で, 室内養生の供試体よりも大きく, 設計強度 (1.0N/mm^2) の2倍以上であった。材令1日での強度を大きく設定したことでセメント添加量が多くなったことや, 養生温度等の違いによるものと思われる。材令28日の溶出試験の結果を表3に示す。溶出試験の結果は室内試験と同様, すべての溶出量が土壌環境基準を満足し, 現場施工における, 石炭灰を用いた気泡混合モルタルの安全性が確認された。

5. まとめ

本研究の結果, 石炭灰を骨材に用いた気泡混合モルタルは力学特性に優れていることが確認された。また, 室内配合試験より決定した配合にて現場で製造した気泡混合モルタルは設計強度, 管理値をいずれも満足する結果となった。溶出試験の結果, 室内配合試験および現場施工試験ともに, 材令28日において土壌環境基準を満足する結果となり, 石炭灰を混合した気泡混合モルタルの安全性が確認され, 今後の気泡混合モルタルの使用が期待できる。

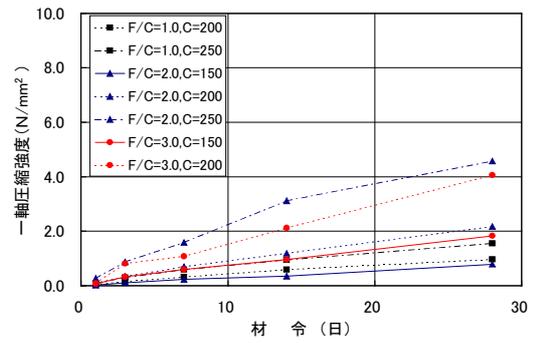


図2 一軸圧縮強度と材令の関係 (B灰)

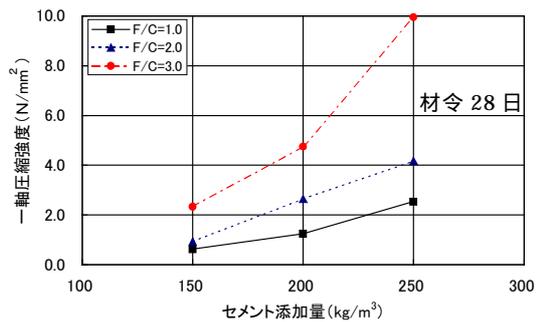


図3 一軸圧縮強度とセメント添加量の関係 (A灰)

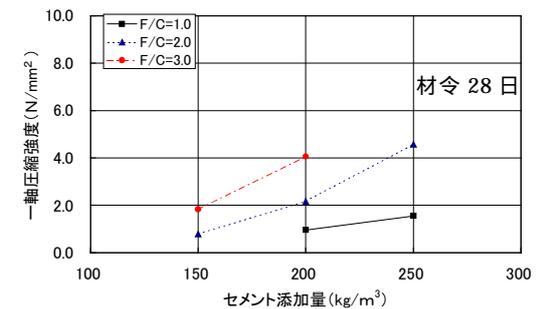


図4 一軸圧縮強度とセメント添加量の関係 (B灰)

表2 一軸圧縮試験結果

	一軸圧縮強度 (N/mm ²)	
	室内養生	現場養生
7日	0.70	1.35
28日	2.17	2.44

表3 現場養生供試体の重金属溶出試験

	材令28日
石炭灰 (kg)	400
セメント (kg)	200
鉛	0.005 未満
六価クロム	0.02 未満
セレン	0.01 未満

参考文献: 1) 矢立 仁志, 白岩 浩樹, 竹内 則雄, 草深 守人: 気泡混合モルタルへの石炭灰の有効利用について, 土木学会全国大会 V-164, 2001.10 2) 日本道路公団: 気泡混合軽量土を用いた軽量盛土工法の設計・施工指針, 1996.9.3