

気泡混合モルタルへの石炭灰の有効利用について

九州エス・ピーシー（株）正員 矢立 仁志 法政大学 学員 白岩 浩樹
法政大学 正員 竹内 則雄 法政大学 正員 草深 守人

1. はじめに

近年,資源や環境問題等の理由から建設発生土や石炭火力発電所から発生する石炭灰を土木材料(盛土材,裏込め材,地盤改良材等)として再利用することに関心が寄せられており,一部で実用化されている.また,一方で軟弱地盤や地すべり地帯等の軽量盛土工法に気泡混合モルタルが使用されるようになり,近年,工事実績が急激に増加している.石炭灰は自硬性を有しておりセメント添加による強度発現が大きいいため,気泡混合モルタル及びモルタルの材料として有効利用が可能であると思われる.そこで,本研究では石炭灰を用いた場合の強度への影響を把握することを目的として配合の異なる4種類の試料を作製し,一軸圧縮試験と三軸圧縮試験を行った.

2. 供試体配合及び試験方法

本研究で使用した供試体は高さ100mm 直径50mm 養生日数28日で,表1に示す4配合により各6本,合計24本の供試体を作製した.試験には三軸圧縮試験機を用いて,一軸圧縮試験及び三軸圧縮試験を行った.試験方法は,供試体を水中にて負圧(約 -1.0kgf/cm^2)をかけ飽和させ,供試体の端面を紙やすり(180 CC-Cw)にて整形する.通水は,背圧 -1.0kgf/cm^2 ,拘束圧 0kgf/cm^2 の条件下で行う.供試体内の負圧を開放させた後,所定の拘束圧まで上げ,30分間放置する.拘束圧は $0.25, 0.75, 1.25(\text{kgf/cm}^2)$,ひずみ速度は 0.1mm/min で三軸試験を行った.試験は鉛直ひずみが $3\text{mm}(3\%)$ に達した時点で終了とする.

表1 エアモルタル及びモルタルの配合

配合	2-3	2-4	1	2
セメント(kg)	150	150	50	70
石炭灰(kg)	450	600	1000	1000
混練水(kg)	415	485	700	700
気泡剤(kg)	1.09	0.62	-	-
希釈水(kg)	15.3	8.7	-	-
W/F(%)	-	-	70	70
生比重	設計:1.03	設計:1.24	設計:1.476	設計:1.484
	実測:1.06	実測:1.26	実測:1.517	実測:1.517
フロー値(mm)	設計:200	設計:200	-	-
	実測:199	実測:205	実測:189	実測:188
ブリージング(%)	0	0	1.8	1.4
圧縮強度(σ_7)	0.505	0.474	0.180	0.206
湿潤密度(σ_7)	1.000	1.240	1.481	1.484
乾燥密度(σ_7)	0.634	0.785	0.918	0.923

3. 試験結果

上記の条件で試験を行い得られた各配合の応力-ひずみ曲線を図1に示す.また,その時の最大軸差応力を表2に示す.モルタルに関する配合1は,飽和段階で供試体に亀裂や破壊が生じ試験ができなかった.また配合2については,応力-ひずみ曲線がピークを示さず,残留強度を示すために参考程度に示す.図1から,気泡混合モルタルの配合2-3,2-4は,圧縮強度に多少のばらつきはあるが,最大圧縮強度は配合2-3で $\sigma_1\text{max}=10.033\text{kgf/cm}^2$,配合2-4で $\sigma_1=11.615\text{kgf/cm}^2$ となり,石炭灰の割合の多い配合2-4の方が圧縮強度が強く出ていることがわかる.材令7日の圧縮強度を見ると,配合2-3よりも配合2-4の方が小さく出ていることから,石炭灰の割合の多い方が初期強度は出にくい後に強度が強くなることわかる.このように,石炭灰を利用した場合,通常の気泡混合モルタルと比べても,少ないセメント量で目標圧縮強度を出すことが出来る.図2,図3には配合2-3,配合2-4のp-q図とモール円を示す. Mohr-Coulomb の破壊基準により,配合2-3は粘着力 $c=2.39\text{kgf/cm}^2$,内部摩擦角 $\phi=30.0^\circ$ 配合2-4は粘着力 $c=3.36\text{kgf/cm}^2$,内部摩擦角 $\phi=22.3^\circ$ という結果を得た.このように,気泡混合モルタルは内部摩擦角が大きくなるという結果となった.

キーワード: 石炭灰, 気泡混合モルタル, 三軸圧縮試験

〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2

表 2 最大軸差応力

配合	拘束圧 (kgf/cm ²)	σ_1 max (kgf/cm ²)
2-3-1	0.25	12.440
2-3-2	0.75	11.359
2-3-3	1.25	11.507
2-3-4	0.75	8.690
2-3-5	一軸	8.575
2-3-6	一軸	10.154

配合	拘束圧 (kgf/cm ²)	σ_1 max (kgf/cm ²)
2-4-1	0.25	13.327
2-4-2	0.75	11.348
2-4-3	1.25	12.845
2-4-4	0.75	12.096
2-4-5	一軸	12.484
2-4-6	一軸	10.170

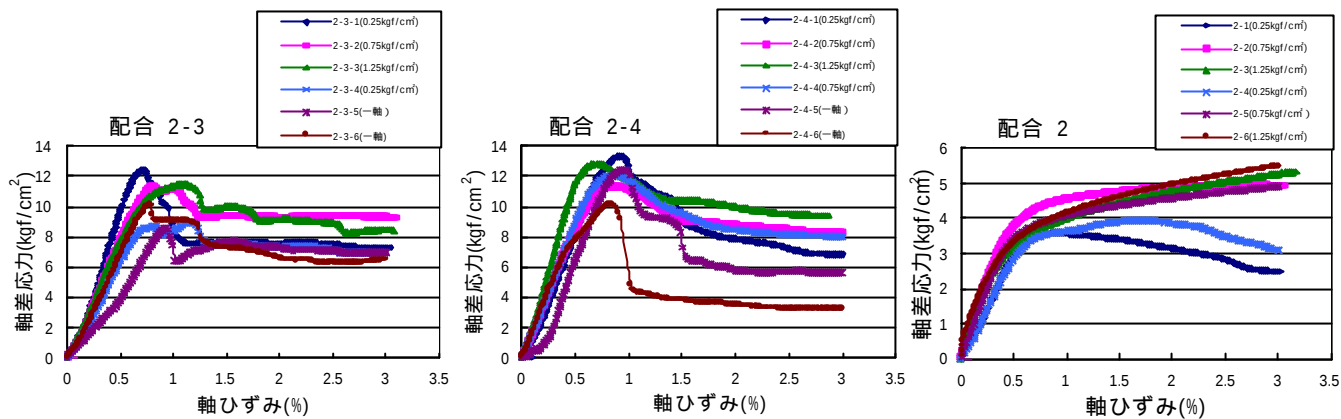


図 1 応力ひずみ曲線

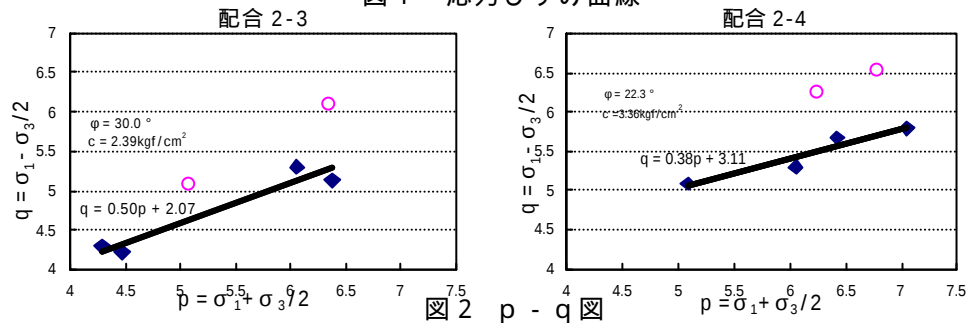


図 2 p - q 図

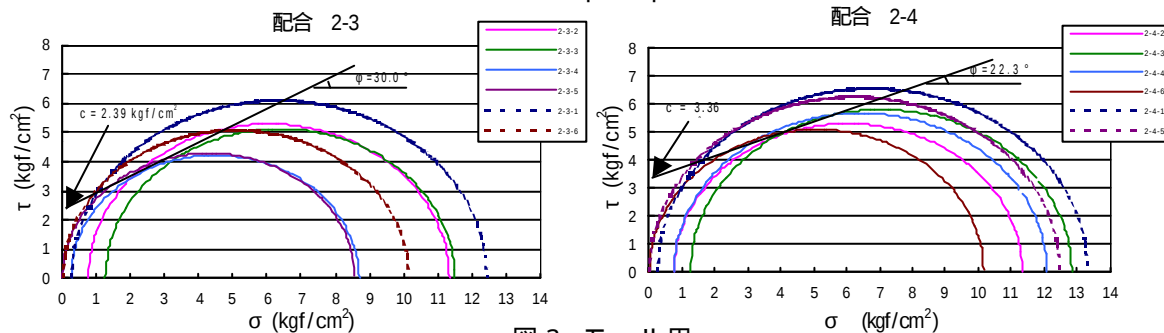


図 3 モール円

4. まとめ

本研究では、気泡混合モルタルとモルタルの材料として石炭灰を使用した際の強度について検討した。配合 1 の供試体は飽和させる段階で亀裂や破壊が生じたが、原因として考えられることは、石炭灰が固まりにくいとされることが、石炭灰に対するセメントの量が少なかったこと等により強度が出なかったために破壊を起こしたと推測する。本試験では、2 - 3 の配合より石炭灰の割合の多い 2 - 4 の配合の方が強度が大きいという結果が得られた。石炭灰を用いた気泡混合モルタルに比べ通常の気泡混合モルタルの場合、セメント添加量 150kg で圧縮強度は 2 - 3 の配合で $q_u = 5 \text{ kgf/cm}^2$ 、2 - 4 の配合で $q_u = 7 \text{ kgf/cm}^2$ である。このことより石炭灰を用いた方が圧縮強度が大きくなり、目標圧縮強度を満足するためのセメント量が少なく、経済的であるという結果を得た。今後は、サンプル数を増やして試験を行いより多くのデータに基づき強度の評価をする必要がある。なお石炭灰の使用については炭種や燃焼の違いによって性質も変わってくるため、その都度試験を行う必要がある。