

気泡混合処理した一般廃棄物熔融スラグの力学特性

福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 福岡大学工学部 学生員○山浦 優希
福岡大学大学院 学生員 本村 明教 麻生セメント(株) 大神 年彦

1.はじめに 現在、一般廃棄物焼却残渣の最終処分場の建設が困難な状況の中、処分場の残余容量は不足¹⁾しつつある。また、盛土材や埋戻し材、裏込め材などへ使用する天然骨材の不足は社会問題となっている。このような背景から一般廃棄物を高温で熔融・固化したスラグは、無害化・再資源化の面から注目されている。この熔融スラグを有用な資源と考え、土木材料として有効利用することは、今後新しい資源循環型の社会を構築する対策として重要であると考えられる。そこで本研究では、熔融スラグを天然砂材料の代替材としての有効利用法を考え、気泡混合処理土としての力学特性の検討を行い、土木材料としての有効性について報告する。

2.実験概要 気泡混合処理土の作製

は、セメント、水、気泡、主材に有明粘土及び海砂、副材に熔融スラグを混ぜ合わせて行った。供試体の作製は、土セメント比 S/C1.0、目標湿潤密度 1.0g/cm^3 を一定とし、目標フロ一値 $180\pm 20\text{mm}$ となるように水及び気泡などで調整を行った。調整含水比とは、主材の元の含水量と配合上加えられた水量から求められるモルタル分の含水比のことを指す。表-1に配合表を示す。表-2に実験で使用する試料の物理特性を、図-1に試料の粒径加積曲線を示す。なお、セメントは、高炉セメントB種を、供試体は $\phi 5\times h10\text{cm}$ の形状とした。また、養生は恒温恒湿の空气中養生及び恒温水浸による水中養生の2通りとした。気泡混合処理土の材料特性を調べるに際し、主材、スラグ混入率、養生日数、養生方法が力学特性に及ぼす影響について、一軸圧縮試験を行った。ここで影響要因は、主材を有明粘土と海砂の2種類、スラグ混入率を0、50、75、100%、養生日数を7、28日、養生方法を空气中、水中養生として配合設定を行った。また、スラグの粒径の違いにも着目し、ディスクミルで4分間粉碎し、セメント粒子と同等の比表面積 $3000\text{cm}^2/\text{g}$ にした粉碎スラグを混入率75%の条件のもとで実験を行った。

3.実験結果及び考察
3.1スラグ混入型処理土の基本的特性 図-2及び図-3に主材粘土、副材有明スラグにおける各混入率の空气中7日及び28日養生の一軸圧縮試験結果を示す。図-2、図-3よりスラグ混入率が増加するに伴い、一軸圧縮強さも増加している。また、混入率の増加に伴い、破壊ひずみが小さくなり剛性が増加していることもわかる。いずれの条件においても28日養生の一軸圧縮強さは、7日養生の1.5~3.1倍の強度が生じている。これらの結果は、一般的な軽量盛土工法で設定される一軸圧縮強さ $0.3\sim 1.0\text{MN/m}^2$ をいずれも越えており、強度的に問題

表-1 配合表										
主材	副材	副材混入率(%)	調整含水比(%)	セメント(kg/m ³)	主材(kg/m ³)	副材(kg/m ³)	水(kg/m ³)	気泡(l/m ³)	W/C	Cv/V
有明粘土	有姿スラグ	0	389	168	369	0	453	225	3.89	0.063
		50	221	234	257	117	377	317	2.21	0.092
		75	138	290	160	219	313	396	1.38	0.119
		100	56	380	0	380	213	523	0.56	0.169
	粉碎スラグ	75	164	269	147	201	362	370	1.64	0.109
海砂	有姿スラグ	0	67	365	375	0	235	498	0.67	0.161
		50	61	373	192	187	223	511	0.61	0.165
		75	59	376	97	282	219	516	0.59	0.167
		100	56	380	0	380	213	523	0.56	0.169

表-2 試料の物理特性

試料名	有明粘土	海砂	有明スラグ	粉碎スラグ
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.55	2.65	2.73	2.73
初期含水比 $w(\%)$	119.4	2.7	0	0
10%粒径(mm)	—	0.15	0.45	—
50%粒径(mm)	0.006	0.5	1	—
均等係数 U_c	—	4.13	2.67	—
曲率係数 U_c	—	0.97	0.91	—

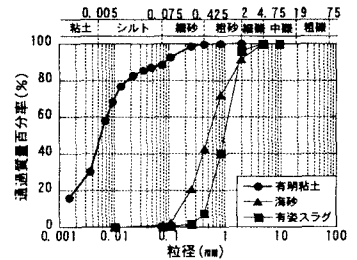


図-1 試料の粒径加積曲線

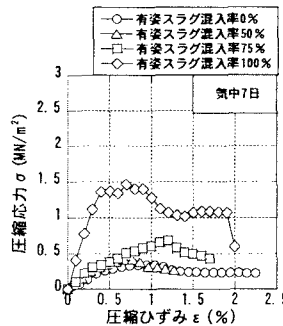


図-2 一軸圧縮試験結果

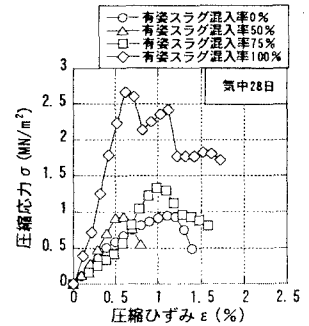


図-3 一軸圧縮試験結果

はないと言える。次に、この混入率増加に伴う強度増加の要因を考える。図-4に主材に粘土を用いた場合の水セメント比 W/C と一軸圧縮強さの関係を、図-5にセメント空隙比 C_v/V (C_v :セメントの絶対容積、 V :単位水量の容積と気泡混合土 1m^3 中の空気容積との和) と一軸圧縮強さの関係を示すが、これらの図からは水セメント比が減少、またセメント空隙比が増加すると一軸圧縮強さは増加している。これは表-1に示すようにスラグ混入率が増加すると水セメント比 W/C は減少、セメント空隙比 C_v/V は増加し、処理土の空隙に対するセメント量が多くなっていることが影響している。したがって、混入率が増加すると一軸圧縮強さが増加方向へ推移する。

3.2 養生方法の違いによる影響 図-6に主材粘土における有姿スラグの混入率と一軸圧縮強さの関係を示す。これより、空气中養生が水中養生より僅かに強いが、28日養生までの結果からは養生の違いによる強度差はほとんど見られないことがわかる。

3.3 主材の違いによる影響 図-7に混入率と一軸圧縮強さの関係を示す。図-7より主材が粘土の場合は混入率の増加に伴い強くなっている。これに対し、主材が海砂の場合は、スラグを混入することにより一軸圧縮強さは一旦低下するが、混入率が上がると強度は上昇している。この結果は海砂をスラグと置換した場合、強度が低下することを表している。この理由として図-1より海砂とスラグの粒度分布が異なり、かつ単一粒径であることが影響していると推測される。スラグを砂の代替材として考えると、海砂の方がスラグより強度は大きくなっているが、一般的な軽量盛土工法で設定されている一軸圧縮強さは満たしていることから溶融スラグは十分利用可能であると言える。また、粘土と海砂では、海砂を主材とした時の方が強くなっている。これは表-1に示すとおり海砂を主材とした場合では、粘土を主材とした時より水セメント比が小さく、セメント空隙比が大きいことによるものと考えられる。

3.4 粒径の違いによる影響 図-8にスラグの粒径の違いによる一軸圧縮試験結果を示す。図-8より7日養生ではほぼ同じ挙動を示しており、粒径の違いによる影響は見られなかった。しかし、28日養生においては粉碎スラグの方が高い強度を示している。図-9に粉碎スラグのX線解析図を示す。本実験で用いたスラグは、微粉碎しても特に水和反応性を示す鉱物が確認されなかったにも関わらず粉碎スラグの方が高い強度を示した。これは、微粒で分散性が良く、供試体の高さ方向の密度差が小さく、均一な供試体となっているからと思われる。

4. まとめ ①スラグ混入型気泡混合処理土は一般的な軽量盛土の強度を満足している。②主材が粘土の場合、スラグ混入率が高くなると強度は大きくなる。これはフロー値を守るために生じる水セメント比とセメント空隙比が影響していると考えられる。③養生方法の違いが強度に及ぼす影響は28日養生までには現れなかった。④海砂を主材とした時の方が粘土を主材とした時より高い強度であった。⑤スラグ粒子の大きさの影響は、養生日数の経過とともに一軸圧縮強さに現れた。⑥スラグは気泡混合処理土の海砂の代替材として利用可能である。

[参考文献]1) 環境白書、環境省、2001

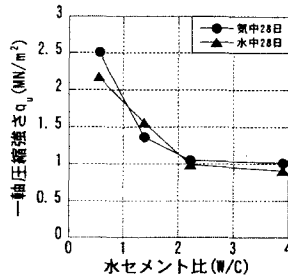


図-4 水セメント比と q_u の関係

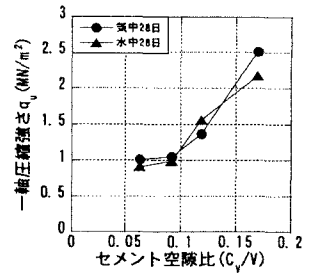


図-5 セメント空隙比と q_u の関係

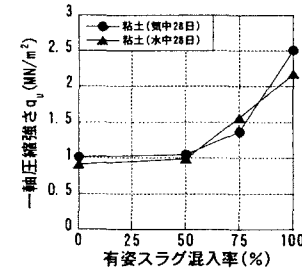


図-6 養生の違いによる影響

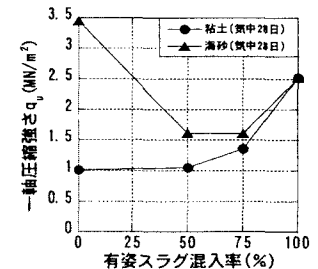


図-7 主材の違いによる影響

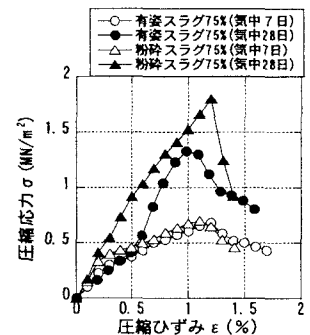


図-8 粒径の違いによる影響

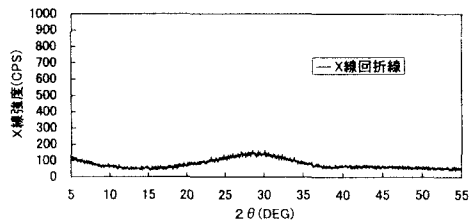


図-9 粉碎スラグ X 線解析図