

熔融処理した廃棄物の単粒子破碎強度特性と力学定数との相関について

中央大学 学生会員 ○齊田 麻奈美
 中央大学 正会員 斎藤 邦夫

1．はじめに

現在わが国において、廃棄物処分場の不足や廃棄物に対する環境基準が厳しくなるという現状がある。そこで、廃棄物を地盤材料として活用し易くする為、粒子1粒の強度である単粒子破碎強度から地盤材料としての力学定数を推定することができれば、利用対象はさらに増えることが予想される。
 その為、本研究では、熔融処理した廃棄物の一種と考えられる鉄鋼スラグを試料として用い、単粒子破碎試験により求められる単粒子破碎強度と、高圧圧縮試験から得られた圧密特性の対比を試みたので報告する。また、処理方法による強度の違いについても検討する為、既往の研究により得られている、固化処理された石炭灰のデータと比較する。

2．試料

鉄鋼スラグは製造プロセスの違いにより幾つかの種類に分類される。本研究では、高炉徐冷スラグ、水砕スラグ、転炉スラグの3種類を用いた。試料の物理的性質は表－1に示す。ただし使用した粒子は、圧縮試験の供試体寸法を考慮し1.7～2.4 (mm)の粒径のものとした。

表－1 試料の物理的性質

試料	単位体積重量 ρ_s (g/cm ³)	D_{50} (mm)	最小密度 ρ_{dmin}	最大密度 ρ_{dmax}
高炉	2.937	5.00	1.386	1.596
水砕	2.760	0.84	1.032	1.216
転炉	3.446	5.30	1.555	1.834

3．試験方法

3－1．単粒子破碎試験

単粒子破碎試験は、剛な2枚の平行板の下盤に試料を最も安定する方向に配置し、一定の載荷速度で圧縮した時の破壊荷重Pを測定する。試料は気乾状態で使用し、球形に近いものを対象とした。その為、試料の粒径は粒径幅をノギスで5ヶ所測定し、その平均値と定める。載荷速度は0.02 (mm/sec)で行った。

3－2．高圧圧縮試験

高圧圧縮試験は、最大載荷圧力7.8MPaの一次元圧密試験機を用い、各段階5分間を11段階まで行なう急速段階載荷法で行なった。各試料は気乾状態で、供試体寸法は直径60mm、高さ20mmであり、その初期相対密度 D_r を約60%に調整して行なった。

4．試験結果と考察

4－1．単粒子破碎強度

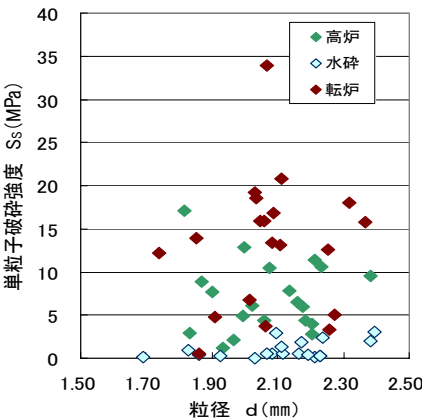
単粒子破碎強度 S_s は、粒子が破碎した時の荷重である破壊荷重P (N)と粒径 x (m)より求め、次式で表される。

$$S_s = 2.8P / \pi x^2 \text{ (kN/m}^2\text{)} \tag{1}$$

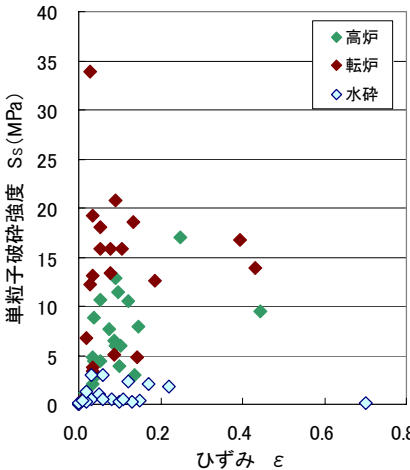
図－1は各試料の単粒子破碎強度 S_s (MN/m²)と粒径 d (mm)との関係である。この図より、各試料多少のばらつきはあるものの、

転炉スラグ>高炉徐冷スラグ>水砕スラグ

という単粒子破碎強度の関係が成り立つ。これは試料の単位体積重量の大きさと良い対応が認められる。



図－1 単粒子破碎強度と粒径の関係



図－2 単粒子破碎強度とひずみの関係

キーワード 単粒破碎強度, スラグ

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学

4 - 2 . 圧密降伏応力

図－3は高圧圧縮試験により求められた $e-\log p$ 曲線である。同図より、水砕スラグの降伏応力 p_c は 750k Paであり、 $p_c > 750k Pa$ 以降で粒子破碎を起こし、他に比べ急激な圧縮が生じている。一方、転炉スラグは粒子の破碎強度が大きく、今回の応力範囲では水砕スラグのような挙動は認められず、破碎の発生はわずかにとどまっていることが考えられる。このことは図－4の粒径加積曲線の変化から明らかである。その為、転炉スラグに関しては圧縮降伏応力を値として求めることは出来ないが、5000 (kN/m²) 以上であることが推測される。以上の結果より、圧縮降伏応力 p_c にも単粒子破碎強度 S_s と対応した関係があることが見受けられた。

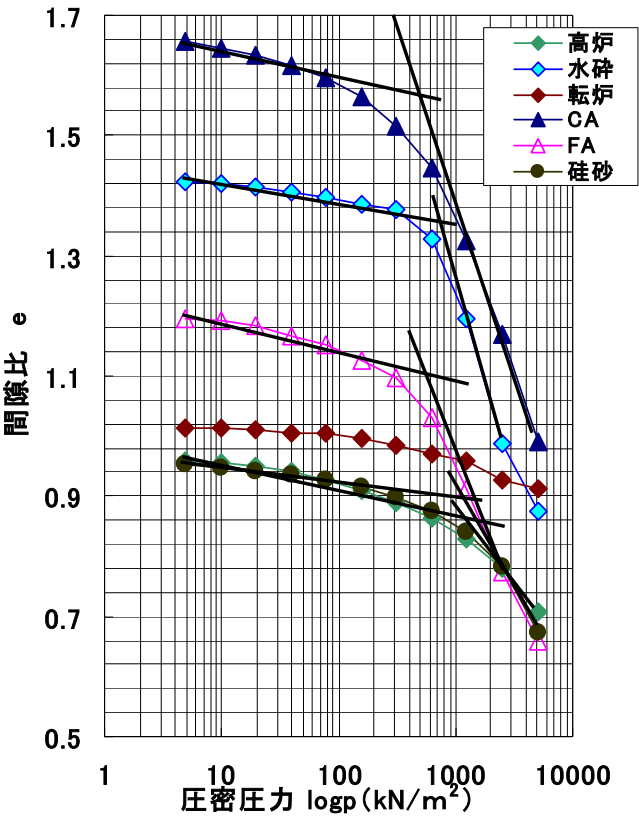
また、試料間の比較を容易にする為、高圧圧縮試験から得られた圧縮指数 C_c と降伏応力 p_c 、そして単粒子破碎試験から得られた単粒子破碎強度 S_s の一覧を表－2とした。さらに、比較対照として田中のデータである固化処理した廃棄物であるクリンカアッシュ (CA) とフライアッシュ (FA)、天然材料である硅砂 2 号の値も示した。この表より、鉄鋼スラグと固化処理した石炭灰のデータを比較してみると、単粒子破碎強度 S_s においてはばらついてはいるが、圧縮降伏応力 p_c において鉄鋼スラグは固化処理された石炭灰に比べ、大きい値を示していることが明らかに見てとれる。

5 . まとめ

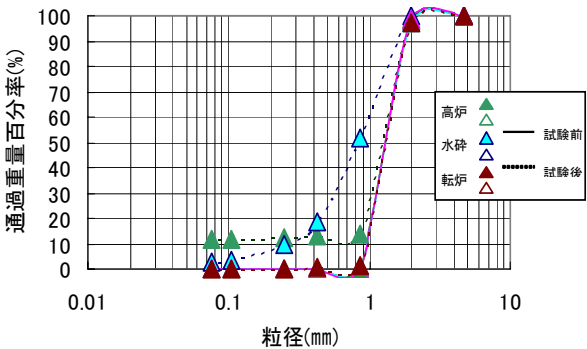
鉄鋼スラグにも単粒子破碎強度 S_s と圧縮降伏応力 p_c 両者に、転炉スラグ>高炉スラグ>水砕スラグという関係を見ることができ、何らかの相関性がありそうだが、まだ明確には分かっていない。そして、鉄鋼スラグは固化処理された石炭灰に比べ、圧縮降伏応力 p_c が強いことも明らかとなった為、地盤材料として有効的であると考えられる。

(参考文献)

- ・ 田中統敏：固化処理した廃棄物の単粒子破碎強度特性と力学定数との相関性について
- ・ 加登文学, 中田幸男, 兵動正幸, 村田秀一：破碎性材料の粒子特性と一次元圧縮特性



図－3 e -log p 曲線



図－4 高圧圧縮試験前後の粒径加積曲線

表－2 高圧圧縮試験と単粒子破碎試験の結果の比較

試料	圧縮指数 C_c	降伏応力 p_c (kN/m ²)	平均単粒子破碎強度	p_c/S_s
			S_s (kN/m ²)	
高炉	0.233	1100	7100	0.15
水砕	0.688	750	960	0.78
転炉	—	—	13200	—
CA	0.8	550	2200	0.25
FA	0.45	590	7700	0.08
硅砂	0.39	1200	11000	0.11