

## 短繊維の混入による石炭灰の造粒効果と単粒子強度特性

(株)熊谷組 正会員 新谷 剛  
 (株)熊谷組 正会員 藤木 広一  
 (株)熊谷組 本田 勉

### 1. はじめに

石炭灰の発生量の増大に対処するため石炭灰の大量有効利用技術の開発が望まれている中、石炭灰にセメント等を加えて連続ミキサで所要粒径の石炭灰造粒物を製造する工法が注目されている<sup>1),2)</sup>。本研究では、まず、石炭灰に短繊維を微量添加することによる造粒効果を把握することを目的として、短繊維の混合量や繊維長を変化させて連続ミキサでの粒状化実験を行なった。つぎに、この粒状化土の単粒子強度特性を把握するために針貫入試験及び割裂試験を行なった。その結果、興味ある知見が得られたので、ここに報告する。

### 2. 試料

表-1 に石炭灰の物理化学特性を示す。石炭灰は、JIS A 6201 コンクリート用フライアッシュの規定にしたがうと、種に相当する。短繊維は、アスベスト代替のコンクリート補強用の化学繊維を使用した。

### 3. 実験方法

(1) 粒状化実験 短繊維の混入による石炭灰造粒効果を把握するために、粒状化実験を行なった。表-2 に実験ケースを示す。実験は、ケース1を中心に繊維長、

繊維混合量及びセメント混合量を変化させて計8ケース実施した。実験手順としては、まず、連続ミキサの中に所定量の石炭灰、セメント、短繊維を投入し攪拌を開始する。つぎに、水を含水比が28%になるようにできるだけ均一に添加する。攪拌時間は全ケース10分間とした。含水比と攪拌時間は、予備実験から得られた結果をもとに決定した。

(2) 針貫入試験及び割裂試験 作製した粒状化土の単粒子強度特性を把握するために、針貫入試験及び割裂試験を行なった。両試験結果は、一軸圧縮強度に換算して判断することとした。図-1 に試験装置の概要を示す。針貫入試験<sup>3)</sup>では、針を供試体に一定速度で貫入させて、10mm 貫入させた時の荷重、もしくは10kgfの荷重をかけたときの針貫入量を求め、この測定値より針貫入勾配(kgf/mm)を計算し、 $\log Y = 0.98 \times \log X + 1.60$  ( $Y$ : 一軸圧縮強度(kgf/cm<sup>2</sup>)、 $X$ : 針貫入勾配(kgf/mm))を用いて、一軸圧縮強度に換算した。換算式は、別に一軸試験供試体(直径5cm×高さ10cm)を作製し、その一軸圧縮強度と針貫入勾配より算出したものである。割裂試験では、供試体を底板と加圧板との間に挟み載荷し破壊時荷重を求め、この破壊時荷重と供試体体積より、 $Y = P / 0.19 / V^{2/3}$  ( $Y$ : 一軸圧縮強度(kgf/cm<sup>2</sup>)、 $P$ : 破壊時荷重(kgf)、 $V$ : 体積(cm<sup>3</sup>))を用いて、一軸圧縮強度に換算<sup>4)</sup>した。

表-1 石炭灰の物理化学特性

項目	石炭灰 (皿種相当)
二酸化けい素 (%)	57.3
水分 (%)	0.0
強熱減量 (%)	5.21
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.28
粉末度	
45μふるい残分 (%)	24.5
比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	3900
フロ値比 (%)	101
活性度	
材齢28日 (%)	86
指数 材齢91日 (%)	91
メチレンブルー吸着量 (mg/g)	1.18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	27.3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	3.96
CaO (%)	2.58
MgO (%)	0.80
Na <sub>2</sub> O (%)	0.42
K <sub>2</sub> O (%)	1.52
pH	10.6

表-2 実験ケース

ケース名	混合量(%)			繊維長 (mm)	含水比 (%)				
	石炭灰A	セメントB	繊維C						
ケース1	90	10	0.2	15	28.0				
ケース2				30					
ケース3				60					
ケース4				0.0		15			
ケース5				0.4					
ケース6				0.8					
ケース7				80		20	0.2	15	
ケース8				100		0			

・ケース1を中心に繊維長、繊維量、セメント量を変化させた。  
 ・混合量は重量比で、繊維量Cは、(石炭灰A+セメントB)に対する比率である。

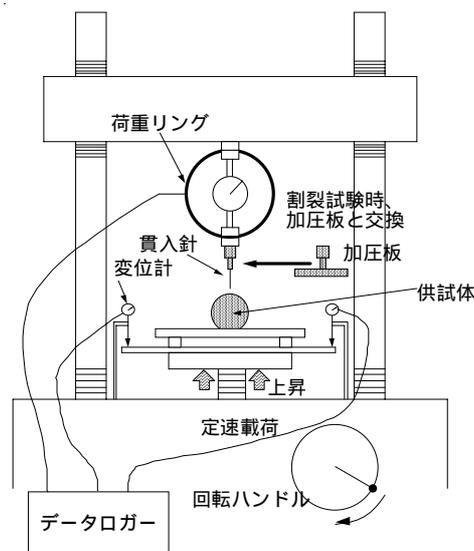


図-1 針貫入試験及び割裂試験装置の概要

キーワード：石炭灰、産業廃棄物、リサイクル

連絡先：茨城県つくば市鬼ヶ窪 1043 (株)熊谷組 技術研究所、TEL 0298-47-7501、FAX 0298-47-7480

#### 4. 実験結果

(1)粒状化実験 石炭灰にセメント及び短繊維を添加し連続ミキサで攪拌混合することにより、粒径数 mm から数十 mm オーダーの球状体に粒状化することができた。例として、図-2 にケース6の粒状化処理後の写真を示す。結果として、短繊維の混合が無い場合、粒状化土の外観は不均一で球形になりにくいのが、混合量が増えるほど、粒状化土の外観は球形に近づいた。これは、微量の短繊維を混合したことにより、短繊維による石炭灰粒子の捕捉効果が働き、短繊維に捕捉された石炭灰粒子が攪拌時にミキサの内壁を転がるように移動することで球形に近づいたものと考えられる。



図-2 粒状化処理土(ケース6)

(2)針貫入試験及び割裂試験 図-3 及び図-4 は、それぞれ針貫入試験及び割裂試験結果から算出した一軸圧縮強度を整理してまとめたものである。一軸圧縮強度は、針貫入試験からの算出値が割裂試験からのそれより全体的に大きな値を示したが、強度の伸びはどちらも同様な傾向を示した。材令1日、3日、7日、28日における値を比較すると、いずれのケースにおいても強度増進が認められた。まず、繊維長の大小で比較すると(ケース1,2,3) 各ケースとも強度及び強度の伸びはあまり変わらず、繊維長の強度への影響はほとんどないと言える。つぎに、繊維量の大小で比較すると(ケース4,1,5,6) 繊維量が増えると、強度がわずかながら増加しているのがわかる。これは、繊維量が増えることで、繊維の引張抵抗の寄与により、石炭灰粒子のみかけの結合が強くなってせん断抵抗が上がったものと考えられる。最後にセメント混合量で比較すると(ケース8,1,7) セメント混合量が増加する程、強度は増加し伸びも大きい。これは、石炭灰がセメント存在下のアルカリ雰囲気下高い自硬性を有することも関係していると考えられる。

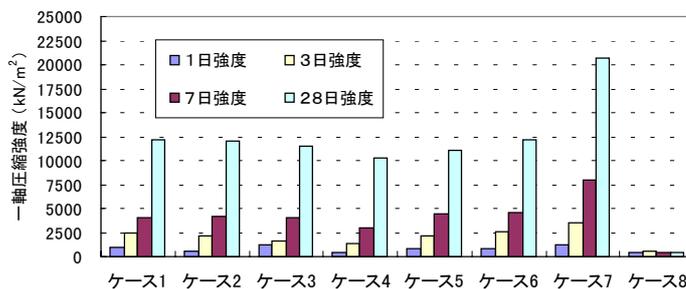


図-3 針貫入試験より算出した一軸圧縮強度



図-4 割裂試験より算出した一軸圧縮強度

#### 5. まとめ

今回、石炭灰にセメントと短繊維を添加し、短繊維の混合量や繊維長を変化させて連続ミキサでの攪拌・粒状化実験を実施した。そして、セメントと短繊維の混合が粒状化土の単粒子強度特性に及ぼす影響について検討した。

その結果、石炭灰に短繊維を混入することで、短繊維による石炭灰粒子の捕捉効果が働き、みかけの粘着力が付与されて、連続ミキサによる造粒が可能となることがわかった。また、短繊維の混合量が増えると、少なからず粒状化土の強度増進をもたらすことがわかった。短繊維の混入により、粒径数 mm から数十 mm の球状体に粒状化できたことは、土木材料としての利用用途拡大に大きくつながるものと思われる。今後は、粒状化土の適用箇所に応じた必要な特性(溶出特性や透水性等)の把握を行なっていく予定である。

#### (参考文献)

- 1)山本健：石炭灰の再資源化への取組み、地盤と建設(地盤工学会中国支部論文報告集) pp.9~17, Vol.18, No.1, 2000
- 2)車田佳範：石炭灰の土木材料としての有効利用技術、電力土木, pp.68~71, No.296, 2001
- 3)軟岩の調査・試験の指針(案) 土木学会, pp.56~60, 1991
- 4)山口梅太郎他：岩石力学入門、東京大学出版会, pp.158~159, 1967