

石炭灰造粒物の実機製造と力学性能に関する検討

富山県立大学

○高畠 依里 (学生会員)

富山県立大学

伊藤 始 (正会員)

北陸電力 (株)

橋本 徹

北電技術コンサルタント (株)

水上 隆司

1. はじめに

石炭火力発電所などからの産業副産物である石炭灰の発生量は、全国的にみて増加傾向にある。石炭を燃焼すると約 1 割の石炭灰が発生し、多くの石炭灰を有効利用していくことが求められている。

本研究では、石炭灰を造粒固化し、道路路盤材への適用を検討する。道路路盤材には、コンクリート塊などを用いた再生路盤材などが用いられており、高いすりへり抵抗性や強度が求められる。加えて、環境面で微粒分が少ないことや運搬面で軽量であることのニーズもある。

前回までの検討では、試験用のパン型造粒機（試験機）における石炭灰造粒物の強度特性を把握した^{1), 2)}。本検討では、実際の製造で使用する $\phi 3.5\text{m}$ のパン型造粒機（実機）を用いて造粒したものと試験機で造粒したものとの強度の違いを把握することを目的とした。前回までの結果および経済性を踏まえて、実機では石炭灰 1000 kg 当たりセメント量 220kg に固定し、混和材料を混入しない条件で検討を行うこととした。

2. 実験方法

(1) 使用材料と実験ケース

本研究では、富山新港火力発電所の石炭灰（フライアッシュ）を使用した。

水粉体比 $W/(C+F)$ を 25% 一定とし、セメント量を変化させた表-1 に示すケースについて検討を行った。試験機で造粒したものを A シリーズとし、実機で造粒したものを B シリーズとした。養生方法は、自然

養生とし、水は練混ぜ水として 15%、調湿水として 10% を混入した。

(2) 造粒物の製造

実機による造粒物の製造は、生コンプラント用パン型ミキサーにセメントとフライアッシュ、練混ぜ水を投入して練り混ぜ、混練物を製造した。次に混練物を実機に投入し、調湿水を加えながら造粒した。

(3) 養生方法

養生方法として自然養生は、造粒物を実験室内に静置することで行った。

(4) 圧潰試験

圧潰試験は、造粒物の直径が約 13mm のものを選び、直径を計測した後、万能試験機を用いて鉛直荷重を増加させることで圧潰した。試験は 1 ケースにつき 10 個を実施した。

(5) すりへり試験

JIS A 1121 に従い、ロサンゼルス試験機によるすりへり試験を行った。毎分 30~33 回転で 500 回転させ、回転終了後、1.7mm の網ふるいに残った試料を乾燥し、質量を計測した。

3. 実験結果

(1) 圧潰強度

圧潰強度と強度発現の関係を図-1 に示す。圧潰強度は、試験時の荷重を直径から計算した断面積で除して求めた。また、A シリーズと B シリーズは養生中の温度条件が異なるため、材齢を積算温度に換算して整理することとした。

B シリーズの圧潰強度は、A シリーズと同様に、

表-1 実験ケース

シリーズ	造粒機	ベントナイト 混入量	養生方法	フライアッシュ1000kg当たりの セメント量(kg)	圧潰強度 実施材齢	すりへり試験 実施材齢
A	試験機 $\phi 1.0\text{m}$	0%	自然	0,100,120,140,160,180,200,220	28日,91日	28日
				220,250,280	7日,28日,56日,91日	
B	実機 $\phi 3.5\text{m}$			220	7日,28日,56日,91日	

積算温度が大きくなることに伴い大きくなった。B シリーズの圧潰強度が A シリーズの値に比べ大きくなった要因は、造粒機の直径が大きく造粒物の転動圧密の圧力が大きくなったことで造粒物が密実になったと考えられる。

図-2 に材齢 28 日の圧潰強度と湿潤密度の関係を示す。湿潤密度は、間隙に水分や空気を含む密度であり、造粒物の質量を造粒物の平均直径から算出した体積で除すことで算定した。圧潰強度は、湿潤密度が増加するに伴い増加する傾向が見られ、両者には相関性が見られた。この結果から、実機を用いることで、造粒物の密実性が高まり、圧潰強度が大きくなったと判断できた。B シリーズの圧潰強度は 2.59N/mm^2 で、A シリーズの値 1.35N/mm^2 及び 1.44N/mm^2 の約 1.8 倍となった。

(2) すりへり減量

すりへり減量と圧潰強度の関係を図-3 に示す。すりへり減量の目標値が 35%であり、図-3 の近似直線をすりへり減量 35%まで外挿すると、圧潰強度は 2.56N/mm^2 となった。

(3) 季節ごとの養生管理

圧潰強度と積算温度の関係を図-4 に示す。B シリーズの圧潰強度と積算温度の関係を対数近似し、それぞれの標準偏差 σ を差し引いた曲線を見ると、圧潰強度が 2.56N/mm^2 となるのは積算温度が約 $1000^\circ\text{C}\cdot\text{日}$ の場合である。この結果を用い、富山県（伏木）の平均気温を用いると、必要な日数は、夏期 35 日間、春期・秋期 50 日間、冬期 80 日間となった。この日数を養生することで、間接的に造粒物のすりへり減量が目標値を満たすと考えて管理することとした。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- ①造粒機に実機を用いたとき造粒物の密実性が高まり、試験機より圧潰強度が大きくなった。
- ②安全側の積算温度 $1000^\circ\text{C}\cdot\text{日}$ を用いると、すりへり減量が 35%を満たすのに必要な養生日数は、夏期 35 日間、春期・秋期 50 日間、冬期 80 日間となることが分かった。

今後、石炭灰の種類や性状によるすりへり減量や圧潰強度の違いを検討する予定である。

参考文献

- 1) 高畠依里, 伊藤始, 橋本徹, 長山明: セメント混入量が石炭灰造粒物のすりへり特性と強度特性に与える影響, 土木学会中部支部発表会講演概要集, V-24, pp.515-516, 2010. 3.
- 2) 伊藤始, 高畠依里, 橋本徹, 長山明: 石炭灰造粒物の強度特性に与える養生方法と混和材料の影響, 土木学会中部支部発表会講演概要集, V-21, pp.493-494, 2011. 3.

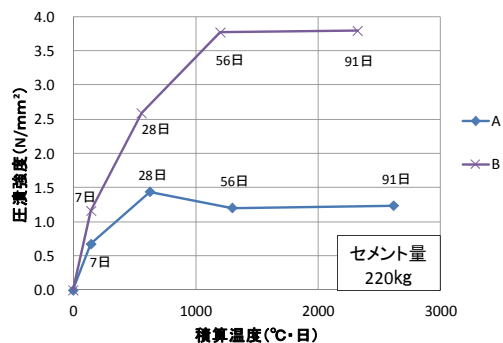


図-1 圧潰強度の強度発現

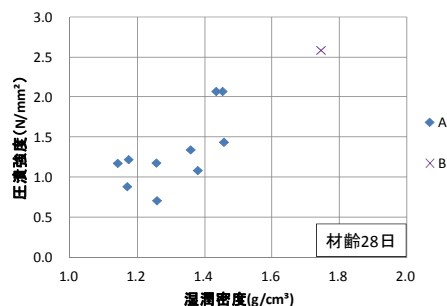


図-2 圧潰強度と湿潤密度の関係

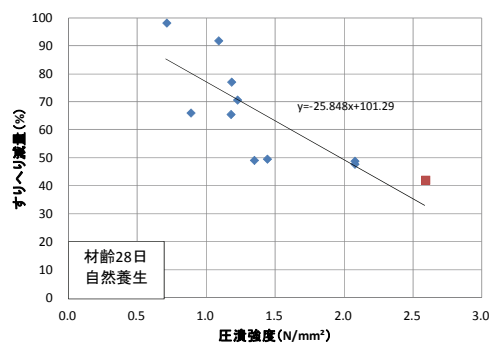


図-3 すりへり減量と圧潰強度の関係

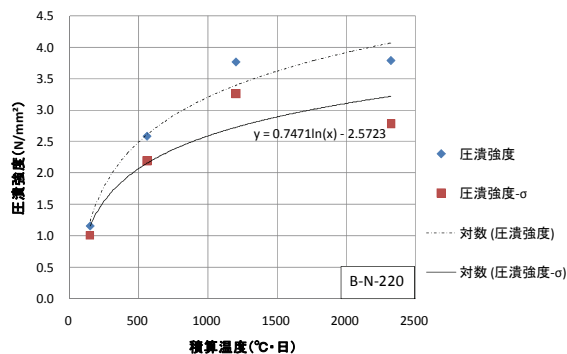


図-4 圧潰強度と積算温度の関係