

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

富山県立大学 ○伊藤 始 (正会員), 高畠 依里
北陸電力 (株) 橋本 徹 , 長山 明

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。

前回の検討では、石炭灰造粒物のセメント量が増加することに伴い圧潰強度は増加し、すりへり減量は減少する結果が得られた。本検討では、養生方法を改善することや混和材量を増加することで、より強度特性に優れ、品質が安定した造粒物を製造することを目標とした。そのため、圧潰試験とすりへり試験を行うことで、養生方法と混和材量の違いが造粒物の圧潰強度とすりへり減量に与える影響を調査した。

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、養生方法とベントナイト混入量、セメント量を変化させた表-1 に示す 12 ケースについて行った。養生方法は、自然養生、恒温恒湿養生の 2 種類であり、セメント量は 220kg, 250kg, 280kg の 3 水準とした。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

造粒物の製造は、まず調湿水を除く材料（約 12kg）をミキサーで練り混ぜた。その後、材料を直径 1m の試験用のパン型造粒機に投入し、10 分間造粒した。

(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。恒温恒湿養生は、温度 20℃、湿度 60% の恒温恒湿室に静置した。

(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 個について実施した。

(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。

表-1 実験ケース

	ケース名	養生方法	ベントナイト 混入量(%)	フライアッシュ1000kg あたりの セメント量(kg)	圧潰試験の 実施材齢	すりへり試験の 実施材齢
1	1-0b-220	自然養生	0	220	7日, 28日, 56日, 91日	28日
2	1-0b-250			250		
3	1-0b-280			280		
4	1-3b-220		3	220		
5	1-3b-250			250		
6	1-3b-280			280		
7	2-0b-220	恒温恒湿養生	0	220	7日, 28日	
8	2-0b-250			250		
9	2-0b-280			280		
10	2-3b-220		3	220		
11	2-3b-250			250		
12	2-3b-280			280		

3. 実験結果

(1) 圧潰強度

圧潰強度と積算温度の関係を図-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、自然養生と恒温恒湿養生では、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。

セメント量 C を変えた各グラフの積算温度 $0 \sim 800^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$ の範囲で、ベントナイトの混入により若干の違いがあるものの、積算温度が大きくなることに伴い圧潰強度が大きくなっており、養生温度の影響は積算温度で整理できることが分かった。しかしながら、ベントナイト量 0% の自然養生と恒温恒湿養生のケースを比較すると、全ての材齢で恒温恒湿養生のケースが上回っており、湿度や温度の安定、初期温度などの要因を考える必要がある。

ベントナイト混入の有無を比較すると、積算温度 $200 \sim 500^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$ でベントナイトを混入したケースの圧潰強度は混入しないものを大きく上回っており、初期強度の発現に効果が見られた。

積算温度 $800^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$ (材齢 28 日付近) 以降の圧潰強度は、 $C=280\text{kg}$ のケースでやや増加する傾向があるものの、 $C=220\text{kg}$ や $C=250\text{kg}$ のケースでは横ばい傾向となった。

セメント量の違いを比較すると、全シリーズでセメント量が増加することに伴い圧潰強度が増加する傾向があり、積算温度 $800^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$ 以降の圧潰強度は、 $C=220\text{kg}$ で $1.2 \sim 1.8\text{N/mm}^2$ 、 $C=250\text{kg}$ で $1.7 \sim 2.2\text{N/mm}^2$ 、 $C=280\text{kg}$ で $1.9 \sim 2.5\text{N/mm}^2$ となった。

(2) すりへり減量

すりへり減量とセメント量の関係を図-2 に示す。自然養生ケースと恒温恒湿養生ケースを比較すると、積算温度が $627^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$ と $840^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$ と異なり、恒温恒湿養生ケースのすりへり減量が $5 \sim 7$ ポイント小さくなった。また、ベントナイトを 3% 混入することで $2 \sim 6$ ポイント減少した。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- ①石炭灰造粒物の圧潰強度とすりへり減量は、養生中の温度に影響されることが確認され、圧潰強度は積算温度で整理することが可能であった。

- ②ベントナイトの混入は、圧潰強度の初期強度の発現に効果が得られ、また、すりへり減量を $2 \sim 6$ ポイント減少させる効果が得られた。

今後、試験機を実際に製造するもの（実機）に変更した場合の影響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.

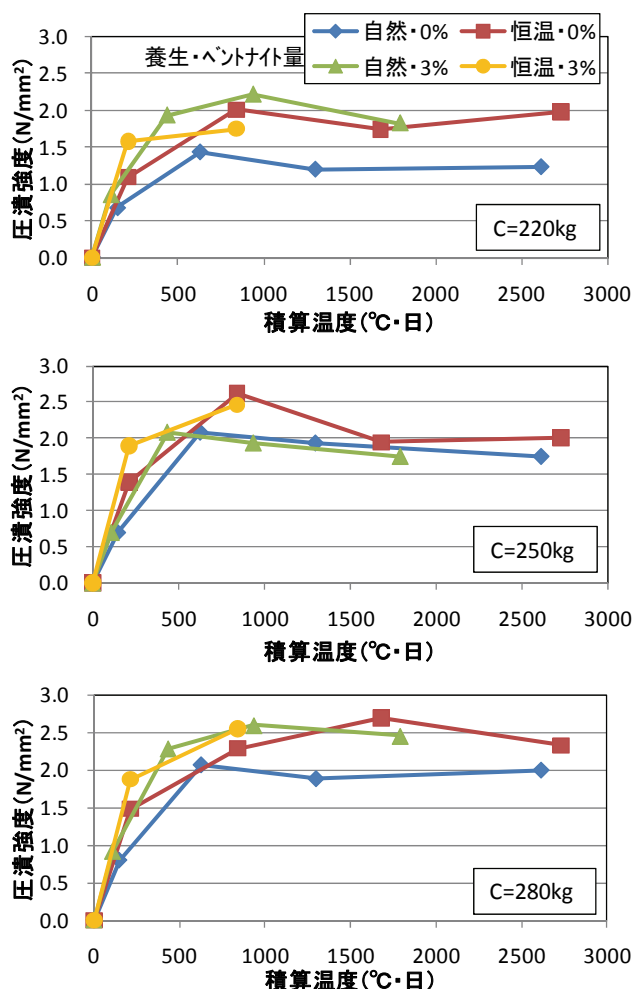


図-1 圧潰強度と積算温度の関係

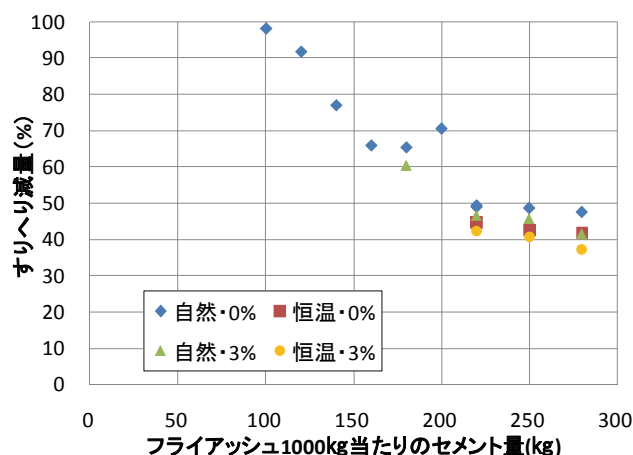


図-2 すりへり減量とセメント量の関係