

非 J I S 石炭灰原粉を大量利用した低強度高流動充填材料

ハザマ技術研究所 正会員 ○坂本 守  
ハザマ技術企画部 正会員 谷口 裕史  
ハザマ北陸支店 正会員 永井 一郎  
金沢大学 正会員 鳥居 和之

1. 目的

石炭灰のうち JIS のフライアッシュは各方面でその有効利用方法が検討されているが、非 JIS の石炭灰は排出量に対して十分な利用方法が少ないのが現状である。  
一方、ボックスカルバートの背面裏込めやトンネル空洞部の充填材料に流動性や充填性に優れ、かつ安価な材料が求められており、維持管理のために比較的低強度であることも必要である。  
そこで、非 J I S 灰の有効利用用途拡大を目的とし、空洞充填や裏込めなどへの適用可能性の検討を行った。

2. 使用材料と配合選定条件

使用材料を表－1 に示す。石炭灰は未利用資源の有効利用の観点から、強熱減量が高いことなどから J I S 規格には該当しない石炭灰原粉を使用することとした。また溶出抑制効果を高めるためセメントは高炉 B 種とし、さらに石膏は石炭火力発電所で脱硫によって得られる脱硫石膏（二水）を添加することとした。

表－1 使用材料

| 材料名       | 種 類      |
|-----------|----------|
| 水 W       | 水道水      |
| セメント C    | 高炉 B 種   |
| 石炭灰 FA    | 石炭灰原粉    |
| 石膏 GP     | 脱硫石膏（二水） |
| 高性能減水剤 ad | ポリカルボン酸系 |

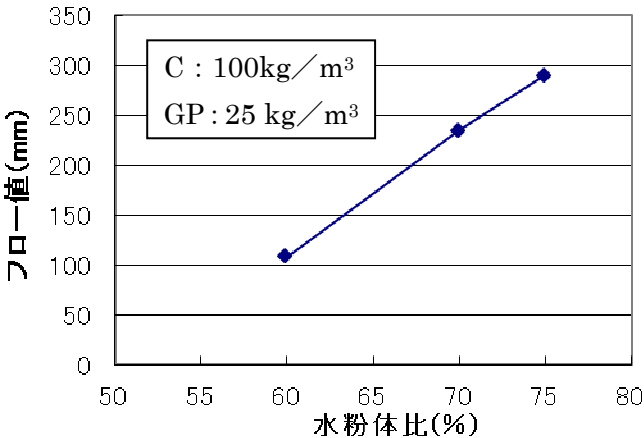
充填材料に求められる条件として、ポンプ圧送が可能で、十分な充填性があるとともに、ブリージング率が小さいこと、また重金属の溶出安全性を確保できることとした。圧縮強度はその溶出安全性を確保できることを優先するが、道路構造物等に適用した場合には維持管理時には再掘削が容易であることも必要であるため、5 N/mm<sup>2</sup> 程度以下であることを条件とした。表－2 に配合条件をまとめる。

表－2 配合選定条件

| 項 目     | 条 件                         |
|---------|-----------------------------|
| 流動性     | フロー試験における 0 打フロー値で 200mm 程度 |
| 可使時間    | 1 時間                        |
| ブリージング率 | 1 % 程度以下                    |
| 圧縮強度    | 5 N/mm <sup>2</sup> 程度以下    |
| 単位セメント量 | 環境基準値（環告 46 号）を満足すること       |
| 単位石膏量   |                             |

3. 試験結果

暫定的に充填材料としての配合を単位セメント量 100kg/m<sup>3</sup>、石膏量 25kg/m<sup>3</sup> として、練上り時のフロー値と水粉体比の関係を調査した。ここで、高性能減水剤の添加率は石膏を含む粉体材料の 0.5% とした。  
その結果、図－1 に示すように、練上り時にフロー値 200mm を満足するためには約 67.5% の水粉体比となることがわかった。また、石膏を使用するため練上り後のフローロスが予想されることから、練上り時のフロー値を 300mm 必要とすると、水粉体比が 76% 程度必要であった。



図－1 水粉体比と練上り時のフロー値

次に、練上りのフロー値を 300mm として設定した水粉体比 76% の条件下において、石膏量とセメント量を

キーワード 石炭灰、高流動、充填性、重金属、溶出抑制

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荏間 515-1 ハザマ 技術研究所技術研究第一部 TEL 029-858-8813

変化させた場合のフロー値とその経時変化を調査した。  
練上りのフロー値は、セメントと石膏の添加量を変化させても大きな差はなかったが、その後 30 分経過後までのフローロスが大きく、その低下量は概ね石膏の添加量に比例し、25kg/m<sup>3</sup> 添加で約 120mm、50kg/m<sup>3</sup> 添加では約 155mm 低下した。また 30 分経過以降はフロー値に大きな変化はなく、30 分後の流動性を保持していた。

このことから、フロー値 200mm を 1 時間保持するには、石膏添加量 25kg/m<sup>3</sup> の場合では練上り時にフロー値 300mm とすることで可能であると考えられたため、以後の試験は水粉体比 76% で実施した。なお、これらの配合はいずれもブリージングは発生しなかった。

石膏量を 25 kg/m<sup>3</sup> に固定し、セメント量を 100, 150, 200 kg/m<sup>3</sup> に変化させた配合で供試体を採取し圧縮強度試験を行ったところ、材齢 7 日ではセメント量との明確な相関性は認められなかったが、材齢 28 日ではセメント量に比例して圧縮強度が増加する傾向となり、セメント量 150kg/m<sup>3</sup> の場合、1.84N/mm<sup>2</sup> であった。

また、セメント量 150kg/m<sup>3</sup> の硬化体について重金属の溶出安全性を確認した。事前に本試験で使用した石炭灰単体の重金属溶出試験(環告 46 号)を行ったところ、4 項目について基準値を超えていたため、硬化体の溶出試験ではこの項目について実施した。

その結果、表-3 に示すように 4 項目いずれも硬化体では基準値以下となっており、セメント量を 150kg/m<sup>3</sup> 以上とすることで、本試験で使用した石炭灰については溶出安全性が確認できた。

以上の結果から選定した配合を表-4 に示す。

4. まとめ

今回非 J I S の石炭灰原粉を利用し、充填材料として検討した結果、以下のような結論を得た。

①練上り時のフロー値を 300mm としして設定することで、フロー値 200mm 程度の流動性を 1 時間保持することが可能である。

②材齢 28 日の圧縮強度は単位セメント量に比例しており、単位セメント量で管理することが可能である。

③石膏量を 25kg/m<sup>3</sup> 添加した場合にセメント量を 150kg/m<sup>3</sup> 以上添加することで、すべての重金属の溶出を抑制することができた。

本検討結果により、非 JIS の石炭灰原粉を主材料とした低強度高流動充填材料は、実施工に適用可能であることが確認できた。今後、実施工に向けた詳細検討を行う予定である。

謝辞: 本試験の実施にあたり、北陸電力株式会社様より石炭灰を提供いただきました。ここに謝意を表します。

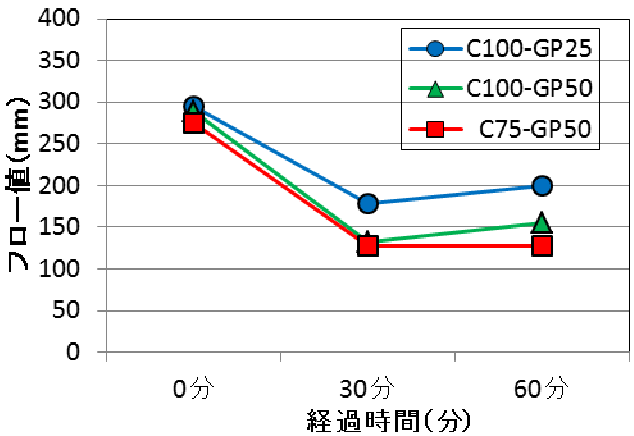


図-2 フロー値の経時変化

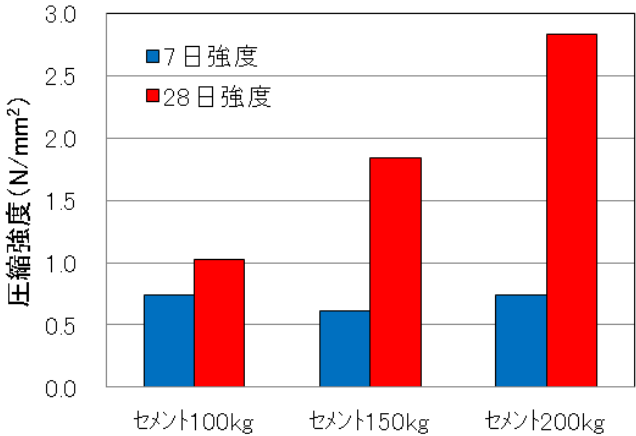


図-3 圧縮強度発現状況

表-3 溶出試験結果

| 試験項目  | 測定値     |        | 基準値<br>(mg/L) |
|-------|---------|--------|---------------|
|       | 石炭灰単体   | 硬化体    |               |
| カドミウム | <0.001  | —      | 0.01          |
| 鉛     | <0.001  | —      | 0.01          |
| 六価クロム | 0.042   | —      | 0.05          |
| 砒素    | 0.011   | <0.001 | 0.01          |
| 総水銀   | <0.0005 | —      | 0.0005        |
| セレン   | 0.058   | 0.001  | 0.01          |
| ふっ素   | 1.1     | 0.22   | 0.8           |
| ほう素   | 6.9     | 0.2    | 1             |

表-4 選定配合

| 水粉体比<br>(%) | 空気量<br>(%) | W   | C   | FA  | GP | ad                 |
|-------------|------------|-----|-----|-----|----|--------------------|
| 76          | 2          | 620 | 150 | 641 | 25 | (C+F+GP)<br>× 0.5% |