

酸洗浄石炭灰とペーパースラッジ加工混和材を用いた 再生資源材の用途開発（その1）

相馬環境サービス株式会社 正会員 ○熊谷祐一
相馬環境サービス株式会社 正会員 管野 栄
明興防水株式会社 久慈匡、阿部孝行、佐藤真哉
株式会社丸徳基業 塚越吉昭

1. はじめに

石炭灰は電気事業と一般産業から排出され、平成19年度は1,199万トン発生した。前年に比べ約100万トン増加しており、今後も同程度の発生量は続く予想される。石炭灰の97%がセメント原料、土建材料などに有効利用されているが、昨今のセメント需要の飽和状態を考慮すると、今後はセメント分野以外の用途を拡大する必要がある。また、石炭灰は石炭産地や燃焼条件などによって性状が異なるが、ほう素、ふっ素、ひ素などの重金属類を微量に含有し、溶出量が土壌環境基準値を超える場合がある。相馬環境サービス(株)は、石炭灰をより安全・安心な材料として有効利用するために、石炭灰に含まれている重金属等の大部分を酸洗浄によって除去し、溶出量を基準値以下に低減できることを実証試験で検証してきた¹⁾。

一方、パルプ・製紙業においては、年間3,600万トンの廃棄物が発生しており、その大部分が有機汚泥、すなわちペーパースラッジである。その大部分は焼却されエネルギーとして回収されているが、その焼却灰の大半はセメント原料に再利用されている。明興防水(株)は、ペーパースラッジ自体の価値を見出し使用することが効率的と考え、主成分であるセルロース繊維を活かした「ペーパースラッジ加工混和材」を開発した。

そこで、両社は、互いに開発したそれぞれの材料をブレンドすることにより、新たな特色を有する新材料が誕生すると考えて共同で研究開発を推進してきた。本報告では、平成20年度に設立した用途開発共同プロジェクトで実施した「ECW工法現場実証試験」の成果を報告する。

2. ソイルセメント柱列壁硬化液注入工法（ECW工法）の実証試験結果

仙台市内の某建築工事の土留め壁にECW工法が採用され、従来配合と酸洗浄石炭灰（以後「洗浄灰」と略す）入り新配合との比較・検証のために現場実証試験を実施した。その結果と考察を以下に述べる。



写真-1 ECW工法実証試験全景

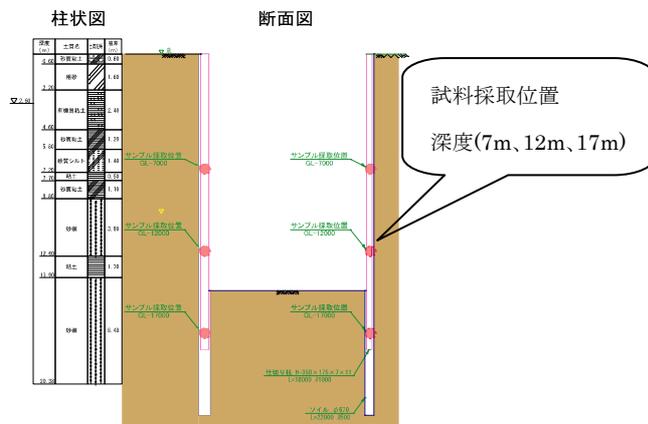


図-1 掘削土留め工断面図 (3カ所採取)

ECW工法実証試験に採用した配合を、表-1に示す。標準配合は従来工法で、ペーパースラッジ加工混和材とベントナイトを添加し、試験配合1と2はベントナイトの代わりに洗浄灰を添加し、単位水量は同量とした。

表-1 ECW工法試験配合表

試験ケース	材 料 組 合 せ
標準配合	セメント + ペーパースラッジ加工混和材 + ベントナイト + 水
試験配合1	セメント + ペーパースラッジ加工混和材 + 洗浄灰（少目） + 水
試験配合2	セメント + ペーパースラッジ加工混和材 + 洗浄灰（多目） + 水

1) フロー試験

フロー値の測定結果を表-2に、測定写真を写真-2と写真-3にそれぞれ示す。

【キーワード】 酸洗浄石炭灰、ペーパースラッジ、再生資源、ECW工法

【連絡先】 〒976-0021 福島県相馬市原釜字南戸崎 23 相馬環境サービス(株) TEL:0244-38-7752

表-2 フロー値測定結果

試験ケース	標準配合 (mm)	試験配合1 灰入り (mm)	試験配合2 灰入り (mm)
G L -7m	105	190	200
G L -12m	95	215	180
G L -17m	90	215	240
平均値	97	207	207



写真-2 標準配合



写真-3 試験配合1

フロー値は、従来の標準配合では約 100mm 程度に対し、洗浄灰入りの配合では 200mm 程度に倍増した。これはコンシステンシーが小さい、すなわち流動性が高いことを意味する。実際に現場ではこの結果が裏付ける通り、粘性土地盤において洗浄灰を添加することにより流動性が増し、削孔及び引き上げ攪拌時間が短縮され、かつH型鋼芯材の建込み挿入性が良くなり施工性が大幅に改善された。さらにベントナイトを使用しないため排出泥土の減量化になり、コスト縮減にも寄与することが検証できた。

2) 一軸圧縮強度試験

試験結果をみると、標準配合では深いほど強度が増しているが、洗浄灰入りの配合では2配合とも深さに関係なく同等の強度を発現している。このことは、洗浄灰を添加すると流動性が良いため攪拌混合時、下方の砂レキや玉石が全長にわたってバランスよく混合され残置した結果と推測される。さらに、洗浄灰のポズラン効果で約 40%程度強度が増加している。この結果より、今回はセメント量を一定としたが、所定の強度を確保するセメント量は、従来工法の配合より減らすことが可能となった。

3) 透水性試験

ソイル壁の透水係数要求仕様は 10^{-5} cm/s オーダー以下であり、表-4 に示すとおり、全ての配合で材齢 28 日の透水係数は要求仕様より低く、遮水効果が確認された。

4) ブリーディング試験

ブリーディング量は全ての配合・深度で 0mm と、水の上昇は見られず、分離はなく水密性が確保された。

5) 溶出試験

3種類の配合について、GL-7m 深度の材齢 7 日の固化試料の溶出試験を「環告 18 号」に基づき実施した。測定元素は、石炭灰に微量に含有するほう素、ふっ素、ひ素、セレン、セメントに含有する全クロムとした。

その結果、いずれの場合も土壌環境基準値を満足しており、環境保全上問題のないことが確認された。

3. まとめ

今回の用途開発共同プロジェクトで行ったECW工法実証試験で判明したことを以下に述べる。

- 1) ソイルセメント柱列壁工法 (ECW工法) において、「洗浄灰+ペーパーラッジ加工混和材」の新材料を添加すると、流動性が大幅に改善され施工性及び経済性が向上することが確認された。
- 2) 圧縮強度試験、透水性試験、ブリーディング試験及び溶出試験により、ソイルセメント柱列壁に要求される仕様を十分満足することが検証できた。
- 3) このように、「洗浄灰+ペーパーラッジ加工混和材」の新材料の用途開発は、2種類の産業廃棄物を再生資源として活用するという観点から、循環型社会のニーズに応える価値あるリサイクル技術であり、これからも他分野への適用も視野に入れた研究開発を進めていく予定である。

参考文献

1) 熊谷、菅野ら：石炭灰の安全安心な再生資源化を目指した酸洗浄処理技術の開発 一連続運転遠心脱水機を採用した現場実証試験一、第 19 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、B4-10、2008

表-3 一軸圧縮強度試験結果 (材齢 28 日)

試験ケース	標準配合 (N/mm ²)	試験配合1 (N/mm ²)	試験配合2 (N/mm ²)
G L -7m	0.79	1.63	1.57
G L -12m	0.97	1.93	1.47
G L -17m	1.76	1.49	1.58
平均値	1.17	1.68	1.54

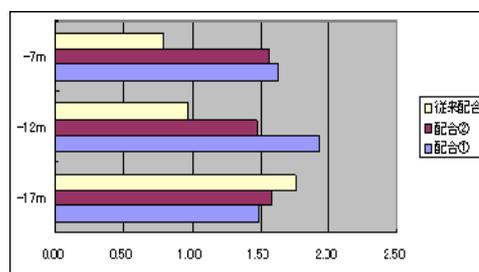


図-2 一軸圧縮強度試験結果 (材齢 28 日)

表-4 透水性試験結果

試験ケース	標準配合 (cm/s)	試験配合1 (cm/s)	試験配合2 (cm/s)
G L -17m	4.32×10^{-7}	7.74×10^{-6}	1.64×10^{-7}

表-5 ブリーディング試験結果

試験ケース	標準配合 (mm)	試験配合1 (mm)	試験配合2 (mm)
G L -7m	0	0	0
G L -12m	0	0	0
G L -17m	0	0	0

表-6 溶出試験結果

測定元素	溶出基準値	標準配合	試験配合1	試験配合2
ほう素	1mg/l	0.114	0.000	0.000
ふっ素	0.8mg/l	0.410	0.310	0.270
ひ素	0.01mg/l	0.005	0.004	0.004
セレン	0.01mg/l	0.003	0.003	0.002
全クロム	0.05mg/l	0.031	0.046	0.014