

## 石炭灰原粉を利用した充填材の圧送実験

錢 高 組 正会員○原田尚幸 齋藤 優  
 東北電力 正会員 成田 健 和田宙司  
 住友大阪セメント 正会員 吉原正博 田中伸幸

### 1. はじめに

地球環境問題と資源サイクルの観点から、石炭灰の特性を活用した有効利用について各方面で積極的に研究開発が行われている。このうち、石炭灰を主材とした流動化埋戻材は、流動性、自己充填性に優れた安価な充填材として期待されるが、基準・指針類による配合法が制定されていないこと、炭種の違いによるフレッシュ性状への影響が大きいことから現場利用が進まない状況にある。そこで、著者らは石炭灰原粉（ボイラから発生したままの状態で粒度調整等の品質管理を行っていない灰）の有効利用を促進することを目的に、石炭灰スラリーの配合設計法について提案した<sup>1)</sup>。ここでは、提案した配合設計法に従い製造した石炭灰スラリーのポンプ圧送実験結果について報告する。

### 2. 石炭灰充填材の概要

石炭灰充填材の種類、用途、使用材料を表-1に示す。石炭灰充填材は配合により道路・水道管等の埋戻しに適したスラリー、空洞等充填に適したエアミルク、トンネル裏込め等に適した可塑性グラウトに使い分けることができる。

### 3. ポンプ圧送実験

石炭灰スラリーの配合を表-2に示す。標準配合のブリーディング率は1%以下を満足することであるが、石炭灰によってはブリーディング率1%以下を満足することが困難な炭種がある。この場合、規格外として排除するのは容易であるが、有効利用の観点から見ると適切とは言い難い。そこで今回、石炭灰にはフロー値200±20mmで、ブリーディング率5%程度までしか抑制できないものを選定した。これは施工条件が許す限りブリーディング率1%を超過する石炭灰の使用も促進する必要があると考えたためである。

実験ケースを表-3に、圧送実験状況を写真-1に示す。ここで、圧送の終了条件は、ポンプ圧>1.5Mpa または密度<(計算密度もしくは測定密度)-0.1の場合とした。

表-1 石炭灰充填材の種類

名称	用途	使用材料
石炭灰スラリー	汎用的なグラウト、埋戻材	石炭灰+硬化材+水
石炭灰エアミルク	軽量性が要求される場合	石炭灰+硬化材+水+起泡剤
石炭灰可塑性グラウト	湧水など水中不分離性が必要な場合	石炭灰+硬化材+水+可塑性材

表-2 石炭灰スラリーの配合

配合No.	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
	水	セメント	石炭灰	ベントナイト	カチオン系高分子混和剤	ポリカルボン酸系混和剤
1	505	100	980	—	—	—
2	501	100	980	—	4	—
3	502	100	980	—	—	3
4	650	100	672	—	—	—
5	700	100	566	—	—	—
6	700	100	536	30	—	—

表-3 実験ケース

実験case	配合No.	フレッシュ性状			圧送条件		
		密度 (t/m <sup>3</sup> )	粘度 (dPa·s)	ブリーディング率 (%)	流量 (m <sup>3</sup> /h)	管径 (inch)	圧送距離 (m)
1	1	1.6	30.0	5.0	0.9	1.5	100
2					1.8	1.5	50
3					3.0	1.5	150
4					9.0	4.0	200
5	2	1.4	30.0	1.0	3.0	1.5	100
6					3.0	1.5	300
7	4	1.4	1.0	20.0	3.0	1.5	1000
8					6.0		600
9					9.0	600	
10					3.0	1000	
11	5	1.4	0.5	30.0	6.0	1.5	1000
12					9.0		600
13					0.9	600	
14	6	1.4	10.0	5.0	1.8	1.5	350



写真-1 ポンプ圧送実験状況

キーワード 石炭灰原粉, 充填材, ポンプ圧送

連絡先 〒163-1011 東京都新宿区西新宿 3-7-1 新宿パークタワー11F TEL : 03-5323-3861 FAX : 03-5323-3860

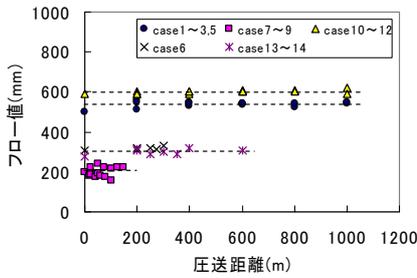


図-1 圧送距離とフロー値との関係

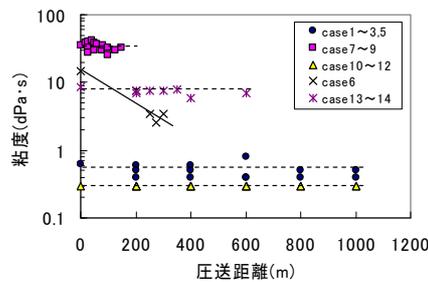


図-2 圧送距離と粘度の関係

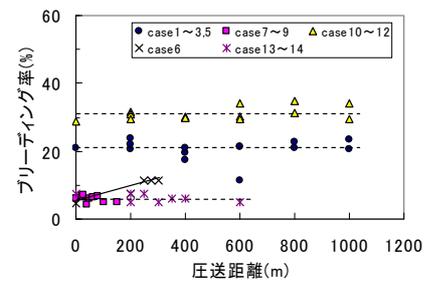


図-3 圧送距離とブリーディング率の関係

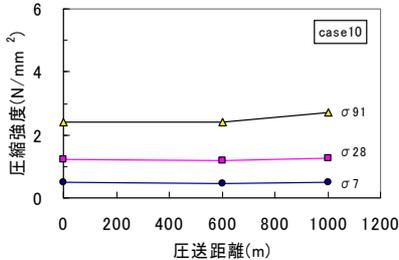


図-4 圧送距離と圧縮強度の関係

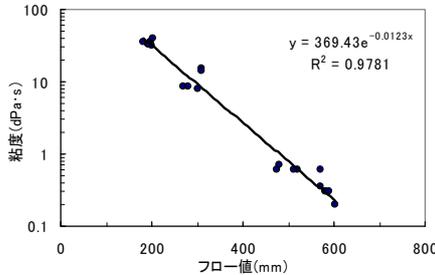


図-5 フロー値と粘度の関係

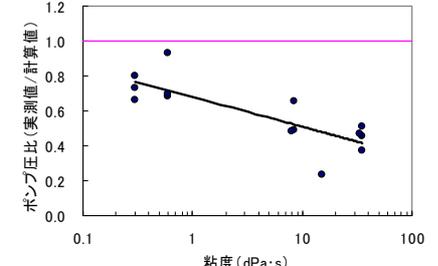


図-6 粘度とポンプ圧比の関係

#### 4. 実験結果および考察

圧送距離とフロー値、粘度、ブリーディング率、圧縮強度との関係を図-1～4に示す。ポンプ圧送後の品質は、いずれの項目に対しても圧送距離(最大1,000m)に関係なくミキサー内(圧送距離0m)の値と同等であり、ポンプ圧送による品質への影響はほとんどないものと考えられる。ここで、ポリカルボン酸系混和剤を添加すると粘度が低下し圧送距離が延びるが、ブリーディング率は大きくなる。さらに、圧送距離が長くなると粘度が低下する傾向が認められた。一方、ベントナイトを混和することでブリーディングは抑制されるが、強度が低下する傾向が認められた。

フロー値と粘度の関係を図-5に示す。両者には強い相関があり、フロー値から粘度を推定できると考えられる。粘度とポンプ圧比(実測値/計算値)の関係を図-6に示す。ここで、計算値は円管中を流れる液体の摩擦損失を求めるファンニングの式より求めたポンプ圧力とした。図より、ポンプ圧比は粘度が小さいものに対しては大きく、逆に粘度が高い場合には小さくなる傾向にあるが、いずれの場合も実測値は計算値を下回る安全側評価となっている。したがって、石炭灰スラリーの圧送距離は、フロー値より粘度を介して安全側に推定できると考えられる。

#### 5. まとめ

- 1)石炭灰スラリーの圧送後の品質、すなわち配管筒先の品質(密度、フロー値、粘度、ブリーディング)は、圧送前アジテータ内で採取した品質とほとんど差異がなく、ポンプ圧送による品質低下は認められなかった。
- 2)石炭灰スラリーはポリカルボン酸系混和剤の添加により、粘度が低下し圧送距離が延びることがわかった。したがって、ポリカルボン酸系混和剤の添加は、単位水量を増加させることなく(石炭灰配合量を減少させることなく)圧送距離を確保するための有効な手段であると考えられる。ただし、ブリーディング率が増加することに注意が必要である。
- 3)石炭灰スラリーの圧送圧力(ポンプ圧)は、ファンニングの式で計算した圧力よりも小さく、想定圧送距離より最大で4倍程度の距離を圧送可能であった。また、圧送圧力の実測値と計算値との比は、粘度が高い(フロー値が小さい)ほど小さくなる傾向にあった。したがって、ファンニングの式による圧力損失評価は、実施工において安全側評価となると考えられる。
- 4)石炭灰スラリーのフロー値は、粘度と強い相関関係があることが認められた。したがって、石炭灰スラリーの配合は、フロー値より粘度を介して配管径、圧送距離に対応した設計が可能であると考えられる。

**参考文献** 1) 吉原・田中・成田・和田・齋藤・原田：石炭灰源粉を利用した充填材の配合設計手法の提案、土木学会第64回年次学術講演会、2009.9