

## 石炭灰を混合したスラリー材に関する性能について

四国総合研究所 正会員 ○野村悠太 四国電力 法人会員 増田盛士  
高知高専 学生会員 松林功真 高知高専 正会員 横井克則

### 1. はじめに

近年、脱炭素化に向けた取り組みが政府主導でなされており、土木分野においても環境配慮型のコンクリート等の開発が推進されている。また、防災性の向上、安全性・快適性の確保、良好な景観形成等の観点から国土交通省主導のもと無電柱化についても推進されており、近年、災害の激甚化・頻発化、あるいは高齢者の増加等により、その必要性が高まっている。土木分野および建築分野における工事現場においては、少子高齢化の影響もあり現場作業員の減少が問題視されている。このため、少ない現場作業員数で比較的簡易に施工が可能であるスラリー材に着目し、低炭素化・脱炭素化の観点からセメント量を低減するとともに、石炭火力発電に伴う産業副産物（石炭灰）を多量に有効利用する研究を行っている。本稿では、この石炭灰を混合したスラリー材に関する性能について報告する。

### 2. 試験計画

#### 2. 1 使用材料および配合

各供試体の配合を表-1に示す。本研究の検討配合はPタイプ（混和剤なし）、Hタイプ（混和剤あり）と呼称する。セメントは普通ポルトランドセメント、フライアッシュは原粉（西条発電所産）を使用した。不溶加材には重金属溶出を抑制する粉体材料（(株)四国総合研究所が開発および特許取得）を使用した。混和剤には高性能減水剤を使用した。

表-1 配合

種別	水粉体比	水	セメント	フライアッシュ	不溶加材	混和剤
Pタイプ	76%	625	100	718	35.9	0
Hタイプ	78%	600		765	38.25	2.5

#### 2. 2 試験項目および試験方法

スラリー材に必要な性能としてあげられるのが、流動性、強度特性、体積変化、ポンプ圧送性および環境安全性である。そこで、2種類の配合に対し、フロー試験（JHS A313）、一軸圧縮強度試験（JIS A 1216）、長さ変化試験（JIS A 1129-1）、ブリーディング試験

（JSCE-F 522）および土壌環境基準溶出試験（環告46号）を実施した。

### 3. 試験結果および考察

#### 3. 1 流動性および強度特性

流動性については、運搬および現場施工時の施工性を考慮し、練り混ぜから2時間経過後のフロー値200mm程度を目標値とした。強度特性については、地下構造物や埋設管の埋め戻し等に要求される品質<sup>1)</sup>を参考に0.3N/mm<sup>2</sup>以上とした。

試験結果を図-1に示す。流動性および強度特性については、ともに要求品質を満足する結果となった。また、流動性が大きくなることで、若干ではあるが強度が低下していることから、水和に必要な余剰水の増加および蒸発により硬化後のスラリーに空隙が生じていたものと思われる。

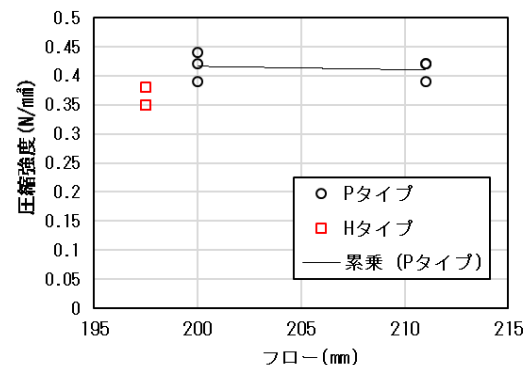


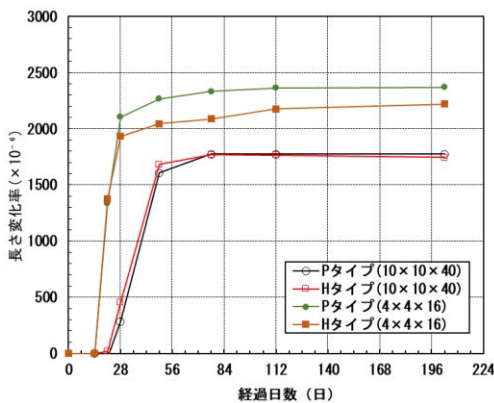
図-1 流動性および強度特性との関係性

#### 3. 2 体積変化

体積変化については、施工後の沈下量および発生期間について把握することで、施工後の管理期間の目安とするために実施した。そのため要求品質は設定していない。

試験結果を図-2に示す。標準のコンクリートの長さ変化率（ $650\sim 800\times 10^{-6}$ ）<sup>2)</sup>と比較しても、スラリー材は水量が多いことから長さ変化率についても大きくなっている。この長さ変化率と水分量との相関としては、コンクリートが水量 $175\text{kg}/\text{m}^3$ であるのに対し、スラリーは $600\text{kg}/\text{m}^3$ と3倍程度の水量となっており、長さ変化率についても同様に3倍程度となっているこ

とから、材料面および品質面での相関が見て取れる。また、スラリー材については、体積変化する期間がコンクリートの6か月程度と比べ2か月程度短い特徴がある。これは、スラリー材がコンクリートに比べ強度が小さいので緻密になりにくく、水分が逸散しやすいことで生じたものと思われる。供試体体積の違いとしても体積変化速度および長さ変化率に差が生じている。これは、体積が大きい場合は、大気と接する単位体積当たりの面積（表面積／体積）が小さいことで脱水速度が低下し、その間に水和反応およびポズラン反応が進行することで体積変化が抑えられたものと思われる。このことから、覆土等の養生により大気と接する面積を小さくすることは、長さ変化率の低減に非常に有効な手段となるため、スラリー材の施工後は早期に養生をすることが望ましいと考えられる。



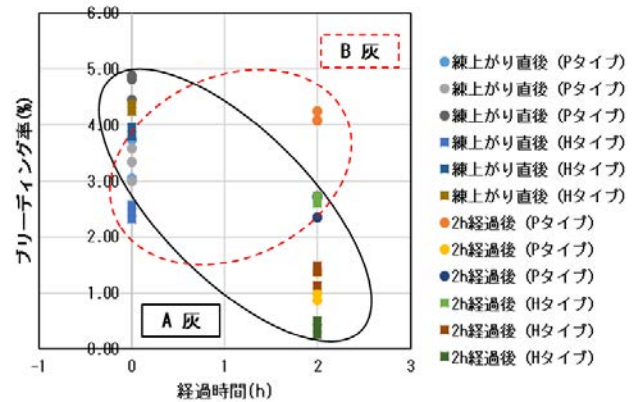
図－2 経過日数に対する体積変化

### 3. 3 ポンプ圧送性

ポンプ圧送性の基準となる材料分離性については、地下構造物や埋設管の埋め戻し等に要求される品質<sup>1)</sup>を参考に3%未満とした。

ブリーディング試験の試験結果を図－3に示す。大半の試験結果については、時間経過とともにブリーディング率が低減され（図－3：A灰）、所定の品質を概ね満足する結果となったものの、一部で逆の傾向を示す結果が生じた（図－3：B灰）。一般的には、時間経過とともに粘性が上昇し、ブリーディング率は低減される。今回の本事象については、水和反応が鈍く粘性が低かった、かつ部分的に反応してしまったことで密度差が生じ、その環境が長く継続したことにより、ブリーディング率が上昇したと推察された。この場合、強度低下が生じていると思われたため、本試料にて強度試験を実施したところ、要求品質である0.3N/mm<sup>2</sup>を下回る結果となった。

このことから、施工前の試験練り段階において本試験を実施し、時間経過によるブリーディング率の変化を確認しておくことで所定の品質を満足できるものとする。



図－3 経過時間に対するブリーディング率

### 3. 4 環境安全性

環境安全性に関する基準は土壤環境基準に準ずるものとした。

表－2に試験結果を示す。重金属溶出抑制材料である不溶加材を添加することで土壤環境基準内に抑制することができている。

表－2 重金属溶出試験結果

	不溶加材なし	不溶加材あり	土壤基準値
六価クロム	0.18	<0.005	0.05
ホウ素	2.3	0.5	1
ヒ素	0.022	<0.001	0.01
セレン	0.035	0.004	0.01

### 4. まとめ

(1)セメント量低減型石炭灰多量使用スラリー材として諸性能を確認することができた。

(2)施工後少なくとも2～3か月は体積変化の経過観察を行うとともに、収縮の低減を目的として、施工後には早期に養生をすることが望ましい。

(3)試験練り時にブリーディング試験を実施し、その経時変化を抑えることが望ましい。

本論は、本研究で選出した標準配合をもとに限られた試験結果から考察したものである。今後は、データの収集を引き続き行い、スラリー材の性能傾向をさらに検討する所存である。

#### (参考文献)

- (独) 土木研究所：流動化処理土利用技術マニュアル「平成19年／第2版」
- 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事 2022 (解説) 3節 3.7 PP 12-215