

ペーパースラッジ焼却灰混合セメントモルタルの強度発現性について

国立大学法人熊本大学 学生会員 佐藤祐輔 正会員 重石光弘 非会員 石井靖洋

1. はじめに

現在国内において産業廃棄物は毎年約4億トン排出されている。様々な分野でのリサイクル推進の成果により減少しているとはいえ、現存する処分場の容量は依然として多くなく、更なる再利用の必要性が高まっている。

今回対象としているペーパースラッジとは、製紙工場の抄紙工程で排出される紙の成分を含んだ汚泥の事をいう。これを焼却して残ったペーパースラッジ焼却灰(以下 PS 灰と略記)は大量に排出され、一部を除いて埋め立て処分されている。そこで本研究ではフライアッシュなどと同様に、混合セメントの混和材料として PS 灰を再利用することを考え、PS 灰混合セメントモルタルの強度発現について調べた。

2. PS 灰混合セメント

ここで、セメントの一部をPS灰に置換したPS灰混合セメントを定義した。すなわち、普通および早強ポルトランドセメント質量に対し内割で 5, 10, 20, 30%のPS灰を混合する。これはフライアッシュセメントの規格¹⁾による分量を基に配合を決定した。このPS灰混合セメントを用いて標準モルタルを作製する。表 1 に配合を示す。既往の実験結果²⁾について以下に示す。

(1) フロー・凝結

PS 灰の吸水によりセメントとの水和反応に必要な水量が低下し、PS 灰置換率の増加と共にフロー値は低下した。また、凝結試験は普通・早強いずれも、PS 灰の置換率増加によって全体的に始発時間、終結時間は延長した。図 1 に普通ポルトランドセメントにおける凝結試験結果を示す。

(2) 強さ

セメント強さ試験方法³⁾にしたがって供試体を作製し、曲げ強度、圧縮強度を算出した。7 日・28 日材齢について強度試験を行った結果、凝結試験結果と合わせてPS 灰を混合することによって強度発現を遅らせる可能性があることが分かった。また、置換率が増加すると強度が減少する傾向にあるため適度な強度を得るためには置換率を熟考する必要があると言える。

3. 長期材齢における強度試験結果

これまでの研究成果より、PS 灰が強度発現を遅らせるのか、もしくは強度低下をもたらすのか判断するため、28 日・91 日材齢において同様に強度試験を行った。

3.1 普通ポルトランドセメントとの混合

図 2 に圧縮試験結果を示す。これは 28 日材齢における普通ポルトランドセメントを基準とした圧縮強度比である。全体的に置換率において材齢が長くなるにつれて強度が増加していると言える。曲げ試験結果についても圧縮と同様強度比で表す。結果は図 3 に示す通りである。こちらでも長期材齢で強度の増加が見られる。これらは長期材齢においてポゾラン反応が進んだと考えられ、91 日材齢ではいずれの置換率においても 28 日材齢の普通ポルトランドセメントとほぼ同等の強度を得られたことから、PS 灰によって強度発現が遅れたと言える。

表 1 モルタルの配合

単位 g

置換率	セメント※	PS灰※※	標準砂	水
0%	450.0	0.0	1350.0	225.0
5%	427.5	22.5		
10%	405.0	45.0		
20%	360.0	90.0		
30%	315.0	135.0		

※ 普通または早強とする。

密度(g/cm³) 普通 (JIS R 5201) $\rho=3.15$

早強 (JIS R 5201) $\rho=3.12$

※※ PS 灰 $\rho=2.43$

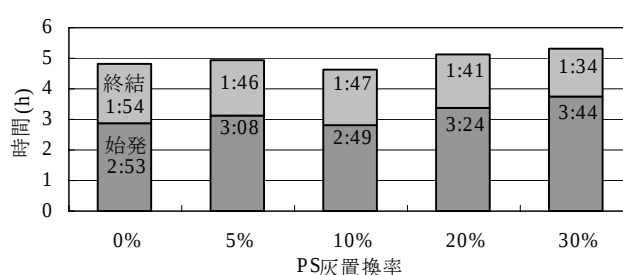


図 1 凝結試験結果(普通ポルトランドセメント)

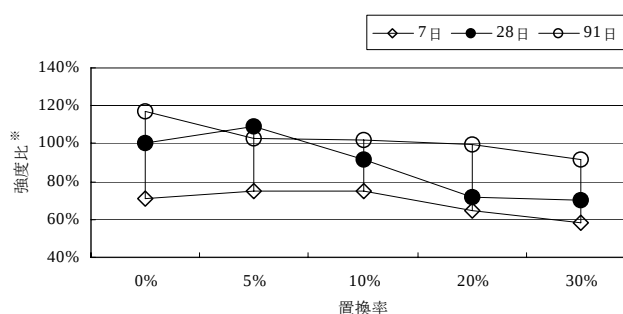


図 2 圧縮試験比較結果(普通ポルトランドセメント)

※材齢 28 日における普通ポルトランドセメントに対する強度比

3.2 早強ポルトランドセメントとの混合

図 4, 図 5 に圧縮強度と曲げ強度について示す. 普通ポルトランドセメントとは異なり長期材齢による強度の増加がほとんど見られない. 特に 28 日から 91 日にかけてはその傾向が見られる. また, 曲げ試験時には 91 日材齢で強度が低下するという結果が得られた. これはポズラン反応に必要な $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の多少による影響であると言える.

4. 流動性に注目した供試体の強度試験

PS 灰の吸水性により混入率の増加と共に流動性, 作業性が著しく低下する. そこで強度と共に高い作業性を得るため, フロー試験によって適当な流動性が得られる水結合法材 (W/B) 比を決定し, 供試体を作製して強度試験を行った. ここでは吹きつけセメントモルタルに使用することを想定してフロー値を 150mm とし⁴⁾, 普通ポルトランドセメントを用いた供試体による強度の比較を行った. 表 2, 図 6 に配合と強度の比較結果を示す.

PS 灰 10% 置換時は, フロー値一定下においても普通ポルトランドセメントを用いたものよりも高い強度を示す結果となった. 20%, 30% においても著しい強度の低下は見られない. これらより作業性を保ちつつ高い強度を持たせるには PS 灰置換率 10% 程度が適していると言える.

5. まとめ

今回の実験で PS 灰の混入による強度への影響を調べた結果, 普通ポルトランドセメントへ PS 灰を混入した場合は強度発現が遅れることが分かった. 早強ポルトランドセメントにおいては強度の低下が見られた. また, 作業性と強度をもたせるには適当な水結合法材比において PS 灰置換率を 10% 程度にすると良いという事が分かった.

参考文献

- 1) 日本規格協会: JIS R 5213 「フライアッシュセメント」, 1997
- 2) 平川麻里子(他): 「モルタルおよびコンクリート保護工用吹き付け樹脂モルタルへのペーパーセラッジ焼却灰の適用」, 平成 18 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.791-792, 2007
- 3) 日本規格協会: JIS R 5201 「セメントの物理試験方法」, 1997
- 4) 江口仁平: 「産業廃棄物を混入した吹きつけモルタルの特性」, 2004

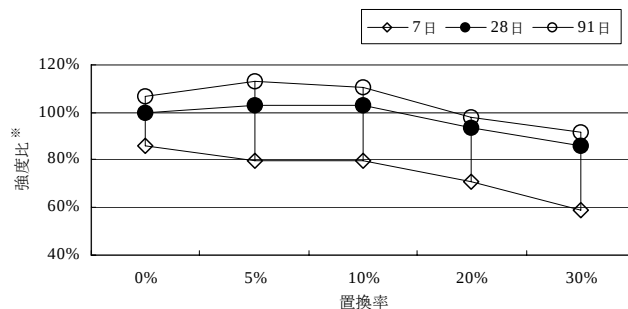


図 3 曲げ強度比較結果(普通ポルトランドセメント)

※材齢 28 日における普通ポルトランドセメントに対する強度比

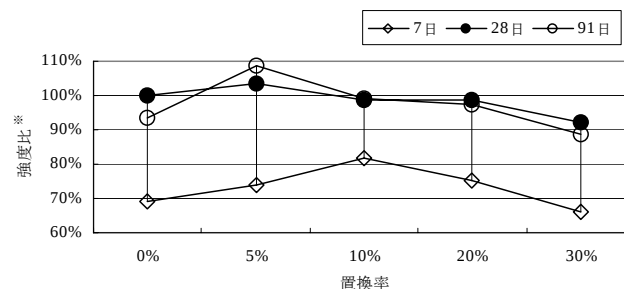


図 4 圧縮強度比較結果(早強ポルトランドセメント)

※材齢 28 日における早強ポルトランドセメントに対する強度比

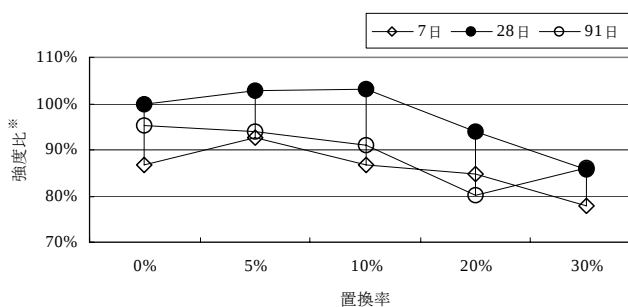


図 5 曲げ強度比較結果(早強ポルトランドセメント)

※材齢 28 日における早強ポルトランドセメントに対する強度比

表 2 モルタルの配合

単位 g

置換率	W/B 比	セメント※	PS 灰	標準砂	水
5%	49%	427.5	22.5	1350.0	221.2
0%		450.0	0.0		
10%	52%	405.0	45.0		235.0
0%		450.0	0.0		
20%	55%	360.0	90.0		248.1
0%		450.0	0.0		
30%	56%	315.0	135.0		253.8
0%		450.0	0.0		

※普通ポルトランドセメント

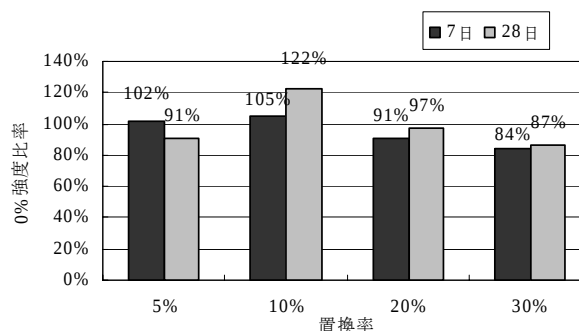


図 6 フロー基準による圧縮強度の 0% との比較