

比表面積の異なる乾燥スラッジ微粉末の水和反応が強度に与える影響

芝浦工業大学 建設工学専攻
 芝浦工業大学 土木工学科
 三和石産株式会社
 元芝浦工業大学 土木工学科

○田竈滉貴
 伊代田岳史
 大川憲
 吉成健吾

1. はじめに

近年、生コンクリート業界で問題となっている事象の一つに、残コン・戻りコンの処理が挙げられる。残コン・戻りコンは、施工現場でコンクリートを連続的に打ち重ねる必要があることから余分な量を注文することや、受入検査での不合格により発生してしまう。残コン・戻りコンは洗浄処理工程を行うことで、回収骨材とスラッジ水は JIS 規格で再利用が認められている。しかし、残ったスラッジケーキの一部は、再生路盤材として再利用されているが、その他は固めて廃棄処分されている。そこで、大川ら¹⁾は残コン・戻りコンから発生するスラッジケーキに着目し、破碎・乾燥処理をすることによって生成された乾燥スラッジ微粉末(以下 DSP と称す)を、コンクリート用混和材や地盤改良材として活用することを検討している。DSP の特徴として、生コンプラントで出荷してから、残コン・戻りコンとして戻ってきたコンクリートを粉碎・乾燥処理まで行われる時間が異なることによって、生成される DSP の比表面積が 6,000~10,000cm²/g 程度と異なることが挙げられ、既往の研究¹⁾より DSP の比表面積と圧縮強度には相関関係があるとされている。しかし、DSP の水和反応に関する研究はほとんどされていない。

そこで本研究では、DSP の比表面積が異なれば、水和反応の進行が異なると考えたことから、様々な比表面積を持つ DSP を収集し、比表面積の異なる DSP の水和反応が強度に与える影響を確認することとした。

2. 実験概要

(1) 使用材料

表-1 に本研究で使用した材料を示す。比表面積の異なる DSP を 6 種類用意し、強度や水和反応を比較検討することとした。セメントの比表面積は、ブレーン空気透過装置を用いて測定されたものである。また、比表面積 5430 は処理工程の際に遅延剤を混入している。

(2) 圧縮強度試験

セメントの物理試験方法(JIS R 5201)に準拠して圧縮強度試験を実施した。W/C : 50%で、測定材齢は 7, 28 日とした。材齢日まで恒温恒湿室(温度:20℃, 湿度:60%)に静置し、封かん養生を行った。

表-1 使用材料

項目	DSP					
	①	②	③	④	⑤	⑥
比表面積 (cm ² /g)	5430	6030	6070	7410	8920	10590
密度 (g/cm ³)	2.98	2.91	2.74	2.81	2.58	2.46
処理時間 (h)	5	2.5	4	8	12	24

(3) 強熱減量試験

接水前の状態(原粉)と接水後の材齢 7, 28 日の試料を粉碎し、重さが 1g となるよう電子天秤で計量後、耐熱性のるつぼに移し、1000℃の電気炉で 15 分間強熱した。その後、強熱後の DSP の質量を計量し、式[1]から ig.loss を算出した。

$$\text{ig.loss} = \frac{m - m'}{m} \times 100 \quad [1]$$

ig.loss : 強熱減量(%)

m : 試料の質量(g) m' : 強熱後の試料の質量(g)

(4) 水酸化カルシウムの定量分析

示差熱重量分析装置を使用し、接水前の状態(原粉)と材齢 7, 28 日目で試料中の水酸化カルシウム(以下 CH と称す)の量を定量評価した。

(5) 水和反応熱

W/C : 55%とし、DSP と水の重さが 4g となるように電子天秤で計量し、注水後 30 秒間練混ぜした。その後、コンダクションカロリメーターを用い、一定温度(20℃)で注水直後から材齢 48 時間までの水和発熱を計測した。

3. 実験結果及び考察

3. 1 圧縮強度試験

図-1 に比表面積ごとの圧縮強度試験の結果を示す。比表面積が小さくなるほど、圧縮強度が高い傾向があり、この結果は、既往の研究とも同様の傾向を得られたが、しかし 6030 と 6070 の DSP の圧縮強度を比較すると、比表面積が同程度であるにも関わらず、6070 では約 28%強度が低下した。また、処理時間が 8 時間の比表面積 7410 と 12 時間の 8920 では、約 37%強度が大きく低下していることが確認できた。

3. 2 強熱減量と水酸化カルシウムの関係

図-2 に原粉、材齢 7, 28 日の強熱減量と水酸化カルシ

ウム の 関 係 を 示 す 。 強 熱 減 量 の 増 加 と と も に 、 CH 量 も 増 加 し て お り 原 紛 、 水 和 後 に 関 係 な く 相 関 関 係 が 見 ら れ た 。 こ の こ と か ら 、 DSP の 水 和 度 に は CH の 生 成 量 の 影 響 が 大 き い こ と が わ か る 。 ま た 、 強 度 発 現 の 小 さ い DSP は 材 齢 を お っ て も 、 水 和 度 の 伸 び が 小 さ い こ と も 確 認 で き た 。 こ の こ と か ら 、 強 度 発 現 の 小 さ い 8920 や 10590 は 処 理 時 間 が 長 い た め 、 水 和 が 進 行 し CH な ど の 水 和 化 合 物 が 生 成 さ れ て い る こ と に よ り 、 未 水 和 鉱 物 の 量 が 減 少 し て い る こ と が 要 因 だ と 考 え ら れ る 。

3. 3 水 和 反 応 熱

図-3 に 比 表 面 積 ご と の 水 和 反 応 熱 の 結 果 を 示 す 。 グ ラ フ の ピーク の 値 は C₃S(エー ラ イ ト)の 水 和 反 応 活 性 の 挙 動 を 示 し て い る 。 比 表 面 積 が 小 さ く な る ほ ど ピーク の 値 は 大 き く な り 、 強 度 発 現 の 小 さ い 8920 や 10590 で は 、 水 和 反 応 活 性 の 挙 動 が ほ と ん ど み ら れ な い の を 確 認 し た 。 比 表 面 積 5430 は 、 処 理 工 程 で 遅 延 剤 が 混 入 し て い る た め ピーク の 値 が 他 の DSP に 比 べ 遅 く な り 、 初 期 の 水 和 反 応 を 抑 え ら れ て い る の が わ か る 。 OPC に 着 目 す る と 、 接 水 か ら 12 時 間 で ピーク を 迎 え て い る こ と か ら 、 残 コ ン ・ 戻 り コ ン が OPC か ら 生 成 さ れ た DSP は 、 水 和 反 応 が 活 性 化 す る 12 時 間 後 以 前 に な る 前 に 処 理 工 程 を 行 う こ と で 、 強 度 発 現 の 大 き い DSP を 生 成 す る こ と が で き る と 考 え ら れ る 。

3. 4 水 和 ポ テ ン シ ャ ル と 圧 縮 強 度 の 関 係

図-4 に 水 和 ポ テ ン シ ャ ル と 圧 縮 強 度 の 関 係 を 示 す 。 水 和 さ せ た 試 料 の ig.loss か ら 初 期 を 差 引 き 水 和 の 進 行 を 検 討 し た 。

DSP の 水 和 ポ テ ン シ ャ ル (%) =

$$\frac{(\text{DSP 材 齢 28 日 の ig.loss} - \text{DSP 原 紛 の ig.loss})}{\text{DSP 材 齢 28 日 の ig.loss}} \times 100 \quad [2]$$

DSP の 水 和 ポ テ ン シ ャ ル は 式 [2] か ら 算 出 し た 。 水 和 ポ テ ン シ ャ ル が 高 い ほ ど 、 圧 縮 強 度 も 高 く な る 相 関 関 係 を 得 る こ と が で き た 。 こ の こ と か ら 、 DSP の 水 和 ポ テ ン シ ャ ル を 算 出 す る こ と で 、 強 度 発 現 性 を 評 価 す る こ と が で き る と 考 え た 。

4. ま と め

本 研 究 で 得 ら れ た 結 果 を 以 下 に 示 す 。

- (1) DSP の 比 表 面 積 が 小 さ い ほ ど 、 圧 縮 強 度 は 大 き く な る 傾 向 が 確 認 で き た が 、 外 れ 値 も あ っ た 。
- (2) ig.loss と CH に は 相 関 関 係 が 見 ら れ 、 強 度 発 現 の 小 さ い も の は 、 未 水 和 鉱 物 が 少 な く 水 和 反 応 が 小 さ い 。
- (3) 圧 縮 強 度 の 小 さ い DSP ほ ど 、 水 和 反 応 活 性 が 小 さ い 。
- (4) DSP の 水 和 ポ テ ン シ ャ ル を 算 出 す る こ と で 、 強 度 発 現 を 評 価 で き る と 考 え ら れ る 。

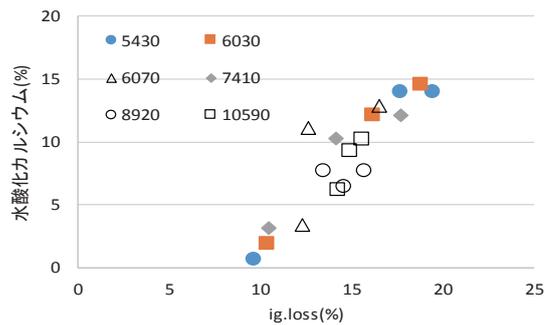
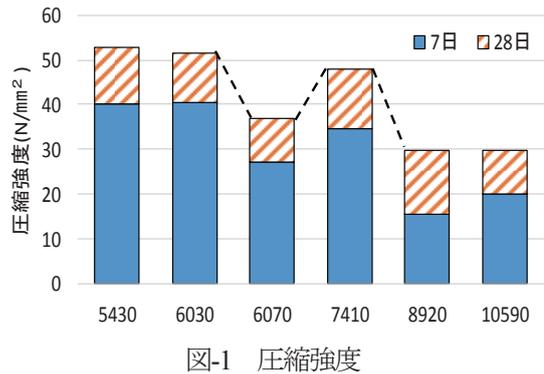


図-2 強熱減量と水酸化カルシウムの関係

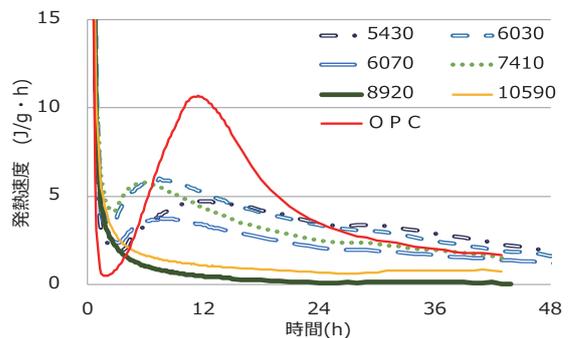


図-3 水 和 反 応 熱

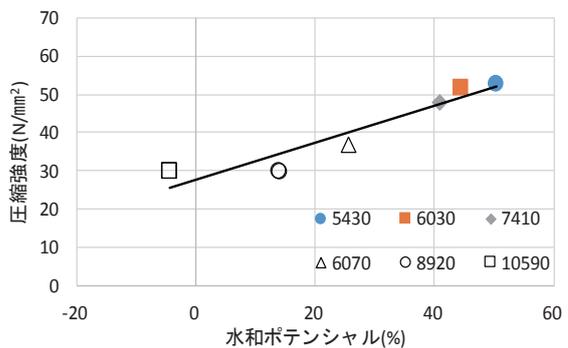


図-4 水 和 ポ テ ン シ ャ ル と 圧 縮 強 度 の 関 係

【 参 考 文 献 】

- 1) 大川憲ほか：生コンスラッジ乾燥微粉末の諸特性、第36回土木学会関東支部、V-27 (2009)