

乾燥スラッジ微粉末の強度発現特性に及ぼす粉砕の影響

三和石産(株) 正会員 ○宮本 勇馬 大川 憲
鹿島建設(株) 閑田 徹志 百瀬 晴基
東海大学 正会員 笠井 哲郎

1. 目的

レディーミクストコンクリート工場における戻りコンクリート（以下、戻りコンと称す）の発生量は、国土交通省の調査によると、レディーミクストコンクリート出荷量の約 1～2%であり年間 400 万トン程度と報告され¹⁾、これらの有効利用がほとんど進んでいないのが現状である。著者らは、これまでに乾燥スラッジ微粉末（以下、DSP と称す）の粉砕による品質向上において、粉砕した DSP の強度発現性は粉砕前のものに比べ大きくなることや²⁾、DSP の比表面積が大きくなるほど水和生成物等の凝集物（以下、凝集物と称す）（写真－1 参照）の割合が大きくなることを報告した³⁾。そこで本研究では、粉砕の有無が DSP の強度発現性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、DSP を添加したモルタルの強度特性から検討した。

2. 試験概要

2.1 DSP の概要

DSP は戻りコン等から生じる生コンスラッジをフィルター加圧装置で脱水し、破砕乾燥機（乾燥温度 120～130℃）を用いて含水率が 1～2%程度となるまで破砕乾燥処理して製造したものである。代表的な DSP の密度、比表面積は 2.30～2.90 g/cm³、5000～12000cm²/g であり、強度発現は普通ポルトランドセメント（以下、OPC と称す）の 40～60%発揮する⁴⁾。

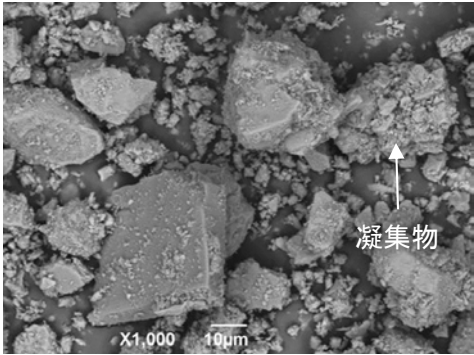


写真-1 DSP の SEM 画像⁴⁾

2.2 使用材料および配合条件

使用材料を表-1 に示す。本実験で用いた DSP は、2016 年 1 月～2019 年 11 月に製造したものであり、表に示す密度と比表面積の範囲の DSP を用いた。配合条件は S/B=3.0, W/B=50%とした。また、DSP の代表的な化学成分と鉱物組成を表-2 に示す。

表-1 使用材料

材料名	記号	材料名	密度	比表面積
			g/cm ³	cm ² /g
結合材	DSP(非粉砕)	乾燥スラッジ微粉末	2.45～2.95	4000～9800
	DSP(粉砕後)	乾燥スラッジ微粉末	2.65～2.93	8620～10790
	OPC	普通ポルトランドセメント	3.16	3250
細骨材	S	標準砂	2.64	-
練り水	W	水道水	1.00	-
混和剤	SP	高性能AE減水剤	1.065	-
	DF	消泡剤	1.000	-

2.3 実験方法

本実験は、セメント強さ試験（JIS R 5201）に準拠して行い、フレッシュ性状はモルタルフロー（目標値：150±15mm）、空気量（目標値：5.5±1.5%）の各試験を目標値となるよう高性能 AE 減水剤（以下、SP と称す）で調整し、圧縮強度用試験体（4×4×16cm）を作製した。脱型は翌日に行い、試験材齢まで水中養生（20±1℃）とした。その後、材齢 7 日および 28 日で圧縮強度試験を行った。また、粉砕はジェットミル（株セイシン企業社製、STJ-200 型）を用いた。ジェットミルは風力により投入された粒子同士を衝突させて粉砕し、投入速度を 80kg/hr とした。粉砕した DSP は、非粉砕の DSP と同ロットではないが、同一製造工程で製造したものである。

表-2 代表的な DSP の化学成分と鉱物組成

記号	化学成分(%)							鉱物組成(%)				密度 g/cm ³	比表面積 cm ² /g
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ig.loss	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF		
DSP-L	20.00	5.29	2.80	58.40	1.16	2.14	9.60	35.9	14.2	6.7	4.4	3.00	5480
DSP-M	18.70	5.21	2.38	54.10	1.27	1.31	11.65	31.7	17.4	6.0	4.3	2.92	7700
OPC	20.68	5.28	2.91	64.25	1.40	2.10	1.80	58.7	15.1	9.1	8.8	3.16	3260

キーワード 戻りコンクリート, 乾燥スラッジ微粉末, 比表面積, 強度比, ジェットミル

連絡先 〒252-0823 神奈川県藤沢市菖蒲沢 710 番地 三和石産株式会社 TEL：0466-48-5515 E-mail：miyamoto@sanseki.co.jp

3. 試験結果および考察

3.1 比表面積と圧縮強度の関係

DSP の比表面積と材齢 7 日および 28 日における圧縮強度を図-1, 2 に示す. なお, 比較用として OPC と粉砕した DSP の結果 (文献 2) についても同図に示す. 材齢 7 日および 28 日とも, 全ての DSP において比表面積が大きくなるほど, 圧縮強度は小さくなった. また, 同一の比表面積において, 非粉砕 DSP の圧縮強度が小さくなった. これは, 粉砕により凝集物の中に含まれている未水和セメント分の反応性に差が生じたことが影響したものと推察される.

3.2 混和剤添加率と比表面積の関係

DSP の SP 添加率と比表面積の関係を図-3 に示す. 全ての DSP において, 比表面積が大きくなるほど, SP 添加率は大きくなった. また同一の比表面積では, 非粉砕 DSP は粉砕したものに比べ SP 添加率は大きくなり, 回帰式の傾きもわずかに大きくなった. これらは, 非粉砕 DSP に含まれている凝集物がモルタルの練り混ぜ中に粉砕されることにより, SP 添加率が大きくなったと考えられる.

3.3 強度比と比表面積の関係

DSP の強度比 (材齢 28 日の強度/7 日の強度) と比表面積の関係を図-4 に示す. なお, 比較用として OPC と粉砕した DSP の結果 (文献 2) についても同図に示す. 非粉砕 DSP は比表面積が大きくなるほど, 強度比が大きくなった. 一方, 粉砕した DSP の相関係数は小さいが, 比表面積によらず, 強度比は同程度であった. これは, 粉砕することにより凝集物が少なくなったことが影響したことや, 表-2 より, DSP の比表面積が大きくなるほど, 水和反応速度が速い C_3S や C_3A の組成比率が小さくなり, 水和反応速度が遅い C_2S が大きくなったことが影響したためと考えられる.

4. まとめ

DSP の強度特性について, 以下の結論が得られた.

- 1) DSP に含まれる凝集物の割合が小さくなるほど DSP の強度発現性が大きくなり, SP 添加率が小さくなった.
- 2) DSP に含まれる凝集物の割合が強度比に影響する.
- 3) DSP の鉱物組成が強度比に影響する.

参考文献

- 1) 公益社団法人日本コンクリート工学会: 残コン・戻りコンの発生抑制及び有効利用に関する技術検討委員会報告書, 2012.1
- 2) 大川憲ほか: 乾燥スラッジ微粉末の粉砕による品質向上に関する研究, 第 74 回土木学会年次学術講演会, V-534, 2019.9
- 3) 大川憲ほか: 乾燥スラッジ微粉末の分級・粉砕による品質向上に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No1, pp.1467-1472, 2016.7
- 4) 大川憲ほか: 乾燥スラッジ微粉末と産業副産物混和材を併用したクリンカーフリーコンクリートに関する実験研究, 日本建築学会構造系論文集, pp539-549, 2015 年 4 月

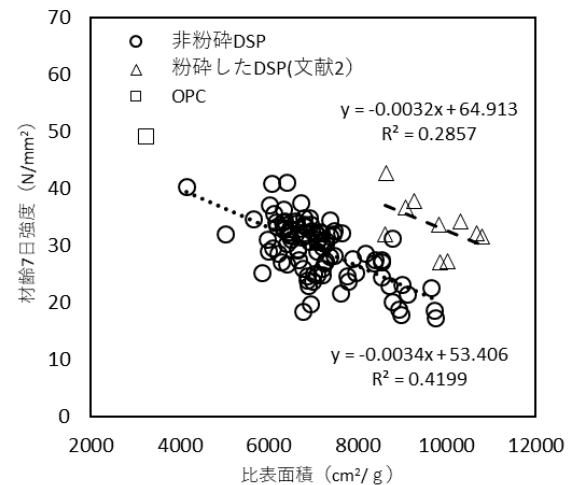


図-1 材齢 7 日強度と比表面積

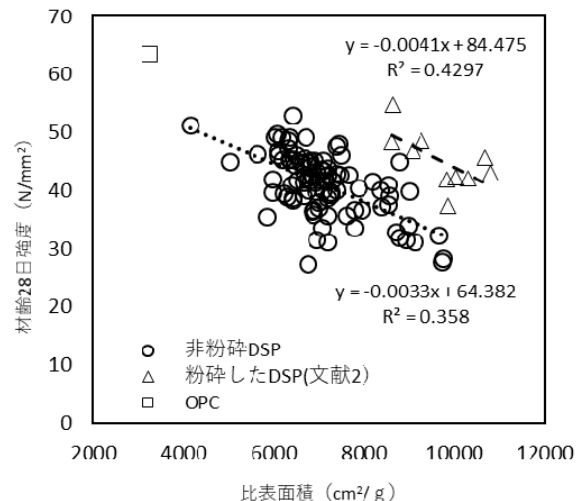


図-2 材齢 28 日強度と比表面積

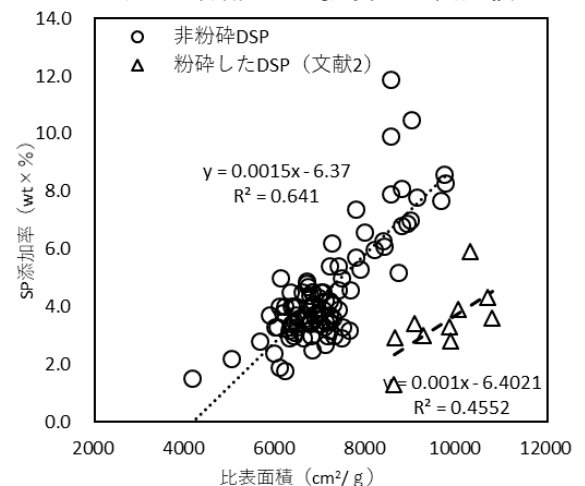


図-3 DSP の混和剤添加率と比表面積

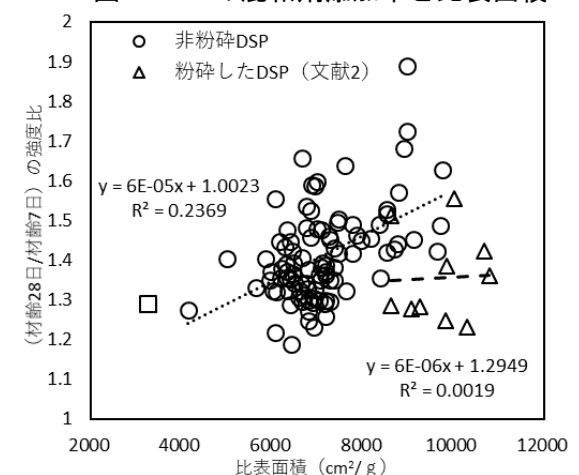


図-4 DSP の強度比と比表面積