

## 乾燥スラッジ微粉末を使用したモルタルの空隙構造が塩分浸透抵抗性に与える影響

芝浦工業大学 大学院 建設工学専攻  
三和石産株式会社 テスティング事業部  
芝浦工業大学 工学部 土木工学科

○荒木萌  
大川憲  
伊代田岳史

### 1. はじめに

近年、建設業界では戻りコンクリート（以下、戻りコン）の処理が問題となっている。戻りコンは洗浄処理を行い、回収骨材とスラッジ水に分別される。このうち、JIS規格により再利用が認められているのは、回収骨材と、スラッジ固形分率が3%以下の基準を満たすスラッジ水、そして上澄み水である。しかし、スラッジケーキはそのほとんどを産業廃棄物として処理している。この処理には多額の費用がかかるだけでなく、環境に大きな負荷がかかる。そこで、スラッジケーキを乾燥させて得られる乾燥スラッジ微粉末（以下、DSP）をセメントの代替として利用する方法が研究<sup>1)</sup>されている。既往の研究<sup>2)</sup>では、DSPは生コンクリートの練混ぜから乾燥処理を行うまでの時間によって、密度や比表面積が異なることが報告<sup>1)</sup>されている。しかし、耐久性に関しては未だ研究が進んでいないのが現状である。

本研究では処理時間の異なる、DSPのみを使用したモルタルの塩分浸透抵抗性を把握することを目的とした。さらに、塩分浸透抵抗性に影響を及ぼす物質移動性および細孔径分布に関する検討を行った。

### 2. 実験概要

#### 2.1 使用材料と試験体

本研究で使用した材料は、表1のように処理時間の異なるDSP4種類（それぞれA, B, C, D）と、比較のために普通ポルトランドセメント（OPC）とした。モルタルの配合はJIS R 5201のセメント強さ試験を参考に1:3モルタルとし、打込み日に脱型し、恒温恒湿環境（温度20℃、湿度60%）で封緘養生を28日間行った。

#### 2.2 塩水浸漬試験

28日間の養生終了後、側面1面を除きエポキシ樹脂で被覆した供試体を10%濃度の塩水に浸漬させた。塩水浸漬期間は7, 14, 28, 42日間とした。

#### 2.3 空隙測定試験

モルタル供試体から40×40×30mm程度の試料をアセトンで脱気し、水和停止を行った。40℃の乾燥炉に静置し、絶乾状態の質量を計測した後、真空状態で飽水させ、飽水質量と水中質量を計測した。これらの値を用いてアル

表1 DSPの詳細

	DSP			
	A	B	C	D
処理時間 (h)	8	12	24	24
比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	7410	8920	10590	11400
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.81	2.58	2.46	2.45
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	39.5	31.22	29.47	28.72

キメデス法により空隙率を算出した。

#### 2.4 水銀圧入試験

5×5×5mm程度に切断したモルタル試料を用い、水銀圧入式ポロシメーターにて細孔径分布を測定した。

#### 2.5 透水試験

供試体はφ100×50mmの円柱供試体を使用し、アセトンで水和停止させ、40℃の乾燥炉で絶乾状態とした。一定量の水を目盛りのついたスタンドパイプ内にいれ、圧力をかけて減少した水の高さから実際に供試体に浸透した水量を算出した。なお、測定時間は30分毎とし透水開始後3時間まで測定を行った。載荷圧力を0.6MPaおよび0.05MPaの2つのパターンで実施し、流出側圧力がどちらも0.1MPaとした。

### 3. 試験結果および考察

#### 3.1 空隙率と耐久性

塩水浸漬試験の結果を図1に示す。A, BはOPCよりも塩分浸透深さが小さい値を示した。C, Dは14日まではOPCよりも小さい値を、それ以降は同等な値を示した。また、空隙率と塩分浸透深さの関係を図2に示す。空隙率と塩分浸透深さには相関は見られなかった。

#### 3.2 浸透水量

図3に載荷圧力0.05MPaで行った透水試験の結果を、図4に0.6MPaで行った結果を示す。0.05MPaの圧力をかけた場合、OPCとDSPの浸透水量は同等であったが、0.6MPaの圧力をかけた場合の浸透量はDSPを使用したモルタルがOPCを使用したモルタルを大きく下回った。さらに、OPCを使用したモルタルは0.6MPaの圧力をかけたとき、0.05MPaの浸透水量を大きく上回ったのに対し、DSPを使用したモルタルは0.6MPaの浸透水量と0.05MPaの浸透水量に大きな変化は見られなかった。こ

の結果より、DSP は OPC よりも水分浸透性が低いことがわかる。また、DSP を使用したモルタルは圧力の変化に伴う浸透水量の変化が見られなかったことから、DSP を使用したモルタルが OPC を使用したモルタルとは異なる空隙構造を構築していると推測できる。

### 3. 3 細孔径分布

図5にモルタルの各細孔径での侵入容積量を示す。A と D では同様の細孔径分布が確認でき、OPC とは異なる空隙構造であることがわかる。特に、0.1 $\mu\text{m}$  以下の微小孔径細孔量の違いが顕著に表れており、DSP を使用したモルタルは OPC を使用したモルタルと比べて小さい径の空隙が多く存在することがわかる。この結果より、DSP を使用したモルタルは微小空隙が多数存在するため、複雑な空隙ネットワークが構築されていることが考えられる。さらに、微小空隙が多数測定されたことから、インクボトル効果を持つ空隙の存在が示唆された。これらは液体がモルタル内部に侵入しにくい構造であるため、水分浸透性を大きく低下させる要因になったと推測できる。以上より、塩化物イオンは液体を媒介としてモルタル内に侵入するため、水分浸透性が低いことで塩化物イオンの浸透も小さくなったと推測される。

### 4. まとめ

- (1) DSP を使用したモルタルでは、塩分浸透深さは OPC と比較して小さく、空隙率との相関は見られなかった。
- (2) 透水試験を実施した結果、DSP を使用したモルタルは OPC を使用したモルタルよりも水分浸透性が低い結果であった。
- (3) DSP を使用したモルタルは OPC を使用したモルタルよりも微小空隙が多く存在するため、モルタル中の空隙ネットワークが複雑化していることが予測できる。また、微小空隙が多数測定されたことから、液体がモルタル内に侵入しにくい構造となっているインクボトル効果を持つ空隙の存在の可能性が示唆できる。
- (4) 空隙ネットワークが複雑化していることにより、水分浸透性が低くなると考えられる。これにより水を媒体とする塩化物イオンのモルタルへの侵入が抑制されたため、塩分浸透深さが小さくなったと考えられる。

### 【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)
- 2) 田籠滉貴ほか：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、第71回セメント技術大会、(2017)

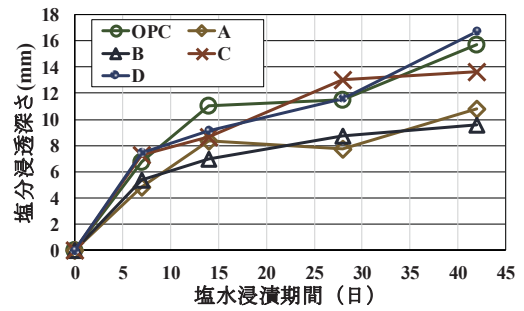


図1 塩水浸漬試験結果

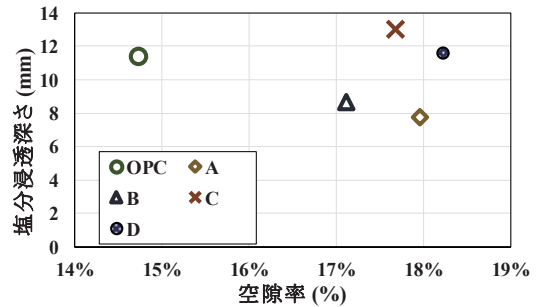


図2 空隙率と塩分浸透深さ

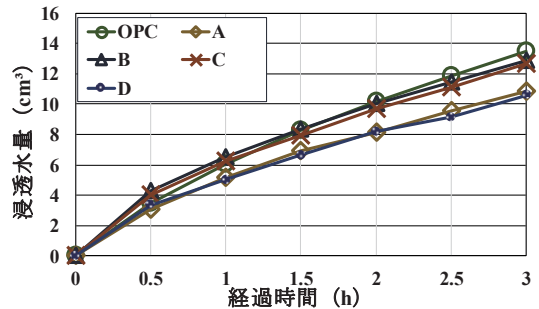


図3 載荷圧力 0.05MPa のときの浸透水量

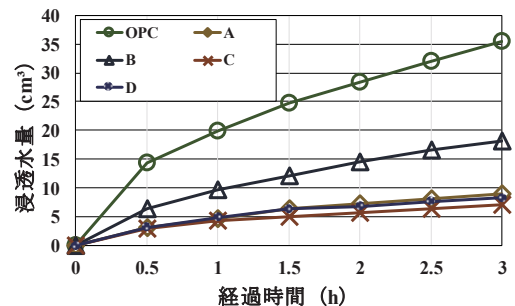


図4 載荷圧力 0.6MPa のときの浸透水量

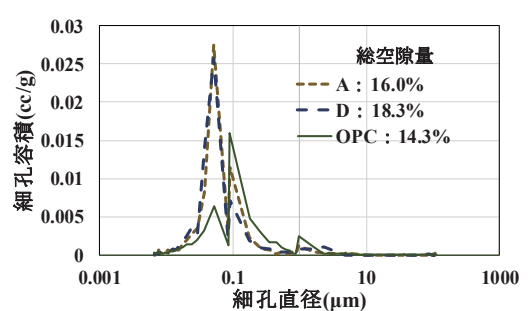


図5 細孔径分布