

# 乾燥スラッジ微粉末を使用したモルタルの耐久性に関する研究

芝浦工業大学 荒木 萌  
芝浦工業大学大学院 田箆 滉貴  
芝浦工業大学 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、戻りコンと称す）の処理が問題となっている。戻りコンは建設現場で余剰となり、製造工場に返却された生コンクリートのことを指す。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、および上澄み水である。しかし、スラッジ水の沈殿物である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されている。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、破碎処理して得られる乾燥スラッジ微粉末（以下、DSPと称す）をセメントの代替として利用する方法が研究されている。既往の研究<sup>1)2)</sup>では、DSPは生コンクリートの練混ぜから破碎・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。

そこで本研究では、処理時間の異なるDSPを使用したモルタルの耐久性を把握するとともに、耐久性および物質透過性に影響を及ぼす細孔空隙を測定した。

## 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。試験はモルタルを用い、40×40×160mmのモルタルバーおよびφ100×50mmの円柱供試体を作製した。翌日脱型を行った後、恒温恒湿室（温度20℃、湿度60%）に静置し28日間の封緘養生を行った。

### 2.2 促進中性化試験

養生終了後、側面の2面を除きアルミテープでシールした供試体を促進中性化試験装置（20℃、湿度60%、二酸化炭素濃度5%）に静置した。促進中性化期間は

表-1 使用したDSPの処理時間と物性

	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

7,14,28日間として測定を行った。

### 2.3 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日間とした。

### 2.4 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キメデス法により空隙率を算出した。

### 2.5 透水試験

物質透過性の評価のため、透水試験を実施した。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。一定量の水をメジャーのついたスタンドパイプ内に入れ、一定の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。載荷圧力は0.6[N/cm<sup>2</sup>]、流出側圧力を0.1[N/cm<sup>2</sup>]とした。

### 2.6 水銀圧入試験

5×5×5mm程度に切断した供試体を用いて水銀圧入式ポロシメーターにて細孔径分布を測定した。モルタル試料はOPCに加えて、DSPから処理時間に最も差があるAとDとした。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 空隙率と耐久性

空隙率と促進中性化期間28日の中性化深さ、および塩水浸漬期間28日の塩分浸透深さを図-1に示す。空隙率が増加するにつれ、中性化深さは増加した。これ

は空隙率の増加に伴い物質透過性が上昇したため、中性化に対する抵抗性が低下したものと考えられる。しかし、中性化深さとは異なり、空隙率と塩分浸透深さには相関は見られなかった。そこでこの違いを検証する。

### 3.2 透水試験

透水試験の結果を図-2に示す。透水試験での浸透量はDSPがOPCを大きく下回った。この結果より、DSPを使用したモルタルは透水性が低い傾向がみられた。このことより、液体の物質透過性が低いといえる。

### 3.3 水銀圧入試験

物質透過性は空隙構造に大きく依存すると考えた。図-3にOPC、A、Dを使用したモルタルの各細孔径での水銀侵入容積量を示す。AとDでは同様の空隙構造が確認できたが、これはOPCとは異なる空隙構造であることがわかる。特に、0.1 $\mu\text{m}$ 以下の微小径細孔量の違いが顕著に表れており、DSPはOPCと比べて小さい径の空隙が多いということがわかる。物質透過性の観点では、気体であるガスは空隙率に比例して物質透過性が向上するが、液体である水は気体に比べて分子間距離が小さく表面張力を持つ。DSPを使用したモルタルの空隙ネットワークは複雑でありインクボトル効果を持つような空隙が多数存在しているため、液体の物質透過性が大きく低下したと考えられる。以上の結果より、塩水を用いた実験の場合、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、液体の物質透過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において、中性化深さはOPCと比較して大きくなり、空隙率と相関が認められたが、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透水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ごく微小な空隙が多く存在する。そのため、液体の物質透過性が低くなると考えられる。これより水を媒体とする塩化物イオンがモルタルに侵入しにくくなり、塩分浸透深さが小さくなったと考えられる。

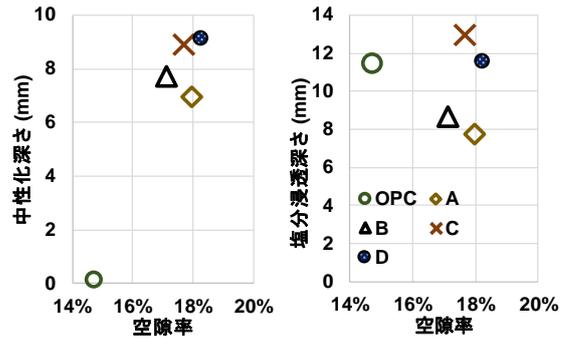


図-1 空隙率と中性化深さと塩分浸透深さ

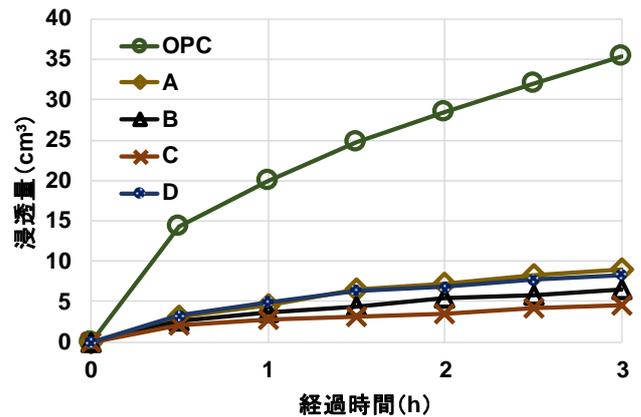


図-2 透水試験における浸透量

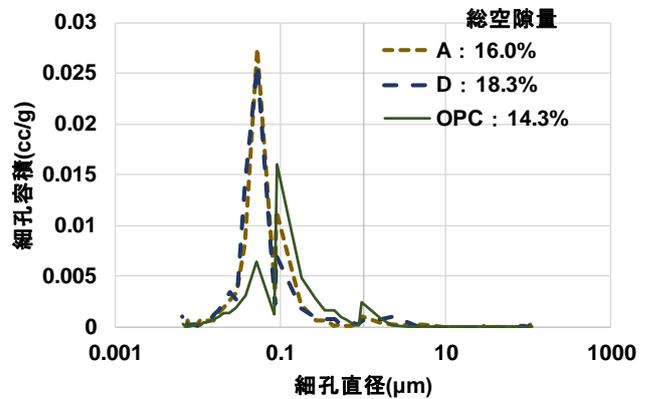


図-3 モルタルの各細孔径での侵入容積量

### 参考文献

- 1) 大川憲, 青木真一, 百瀬晴基, 閑田徹志, 笠井哲郎: 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, 2015, 巻 80, pp. 539-549, 2015
- 2) 水野博貴, 吉成健吾, 大川憲, 伊代田岳史: 水和反応に着目した乾燥スラッジ微粉末の強度発現性に関する検討, 土木学会平成 29 年度全国大会第 72 回年次学術講演会, V-523