

## 空隙構造の異なる硬化体を用いた物質移動試験の比較

芝浦工業大学大学院 理工学研究科建設工学専攻

○名古屋智樹

澁谷亜香里

芝浦工業大学 工学部先進国際課程(兼任 土木工学科)

伊代田岳史

## 1. はじめに

コンクリート構造物の劣化の一つの要因である鋼材腐食は、水や酸素といった劣化因子がコンクリート内に侵入することで発生し、硬化体中の空隙内を物質が移動するため、硬化体の物質移動性を把握することは重要である。

また近年、建設業界ではコンクリートの要求性能の多様化や環境負荷低減の取り組みとして、産業副産物の混和材料としての利用が推進されている。例えば高炉スラグ微粉末をセメントに置換することで、長期強度の増進や塩分浸透抵抗性の向上、ASRの反応抑制などの効果が挙げられる。一方で混和材を使用することで、硬化体の空隙ネットワークが複雑化することも知られている。

そこで本研究では、混和材を使用した硬化体の物質移動抵抗性を把握することを目的とし、高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、シリカフュームを用いた硬化体で様々な物質移動試験を実施した。

## 2. 試験概要

## 2.1 供試体概要

本研究では、粗骨材の影響を排除するためにモルタルで試験を実施した。表1にモルタルの配合および圧縮強度を示す。セメントは普通ポルトランド(OPC)を用いて、細骨材は混合砂(表乾密度 $2.60\text{g/cm}^3$ 、吸水率 $1.92\%$ 、粗粒 $2.62$ )を用いた。混和材は高炉スラグ微粉末(以下 B)、フライアッシュⅡ種(FA)、シリカフューム(SF)を使用した。また異なる置換率で物質移動抵抗性を確認するために置換率を、Bでは30、70%とし、FAでは10、30%とし、SFでは10、30%として供試体を作製した。なおモルタルの水結合材比は50%で、結合材：細骨材の質量比で1:3とした。また供試体は材齢28日まで水中養生を施した。

## 2.2 実験概要

## (1) 空隙率試験

空隙率はアルキメデス法により算出した。なお、試料は圧縮強さ試験後の $40\times 40\times 30\text{mm}$ の試料片を用いた。

## (2) 透気試験

$\phi 100\times 20\text{mm}$ の供試体を作製し、養生後、 $40^\circ\text{CRH}30\%$ 環境下で恒量になるまで乾燥させた後、アウトプット法

表1 モルタルの配合および圧縮強度・空隙率

	W/B (%)	質量割合(%)		圧縮強さ (N/mm <sup>2</sup> )	空隙率 (%)
		OPC	混和材		
N		100	-	49.6	16.5
B30	50	70	30	49.3	15.8
B70		30	70	41.1	14.8
FA10		90	10	46.7	19.1
FA30		70	30	36.9	19.5
SF10		90	10	47.2	18.8
SF30		70	30	44.9	18.7

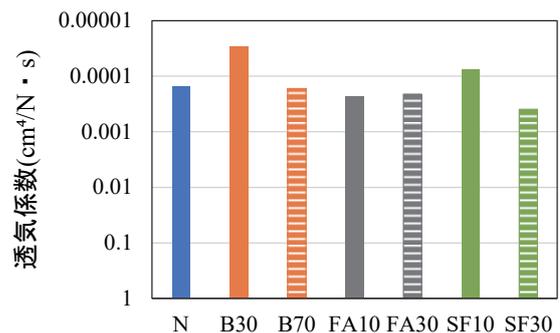


図1 透気試験結果

にて $0.1\text{MPa}$ の圧力で空気を圧入し計測を行った。

## (3) 透水試験

$\phi 100\times 20\text{mm}$ の供試体を、養生後恒量となるまで乾燥させ、乾燥後試験体側面をアルミテープで覆い、 $0.1\text{MPa}$ の圧力を載荷し、インプット法にて試験を実施した。

## (4) 水分逸散試験

$40\times 40\times 160\text{mm}$ の供試体を作製し、養生後供試体表面の水をふき取り、 $20^\circ\text{CRH}60\%$ 環境下に静置し、質量変化を経時的に記録した。

## 3. 試験結果

## 3.1 空隙率試験

表1に空隙率の結果を示す。B30、B70の空隙率はNよりも小さくなり、高置換率のB70の空隙率が最も小さくなった。一方、FAとSFは置換率によらず空隙率は同程度でNよりも大きいことが確認できた。

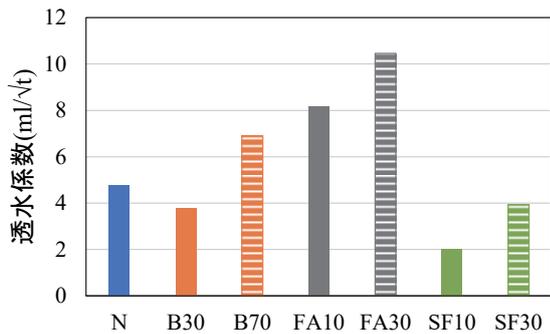


図2 透水係数

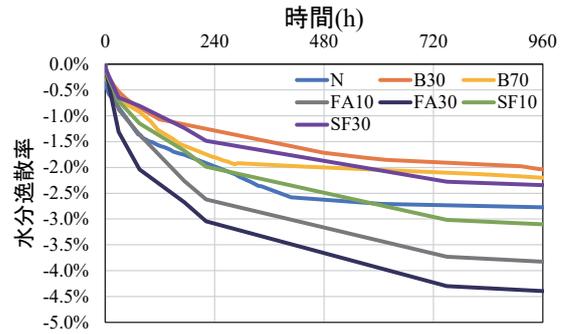


図3 水分逸散率

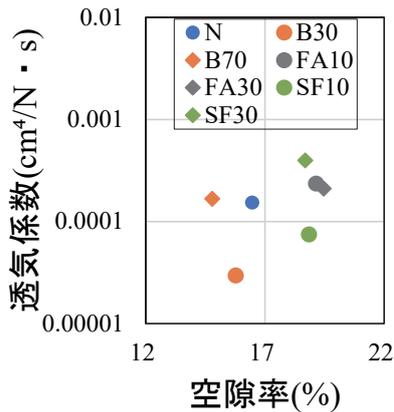


図4 空隙率と透気係数の関係

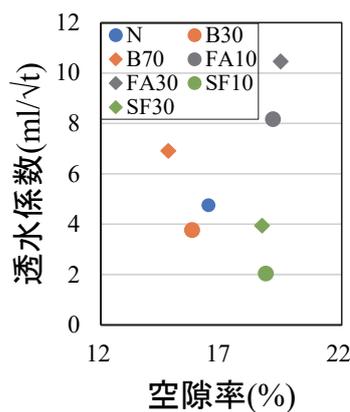


図5 空隙率と透水係数の関係

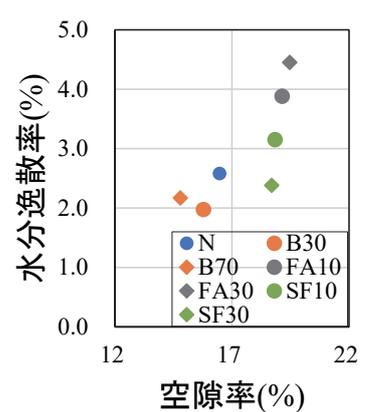


図6 空隙率と水分逸散率の関係

### 3. 2 透気試験

図1に透気試験の結果を示す。FAを用いた配合やSF30はNよりも透気しやすく、B30やSF10は比較的透気しにくく、空隙の連続性は低いと考える。

### 3. 3 透水試験

図2に各配合の透水試験の結果から算出した透水速度係数を示す。B30とSF配合では、Nよりも透水にくく、FA配合では透水しやすいことが確認できた。またいずれの混和材でも置換率が大きくなるにつれて透水しやすいことが分かった。

### 3. 4 水分逸散試験

図3に水分逸散による質量変化率を示す。Bを用いるとNより水分逸散が少なく、恒量になるまでの質量変化の挙動は比較的緩やかであった。一方でFAを用いると初期から水分逸散が多く、特にFA30はその傾向が顕著であった。SFを用いた配合では、SF10はNと同じような挙動であったが、SF30はNよりも水分逸散が少ないが、恒量になるまでの時間が長いことから長期的に水分逸散を続けているのではないかと考える。

透気試験、透水試験、水分逸散試験の結果から、FAはNよりも物質移動抵抗性が低いことを確認できた。これは本研究では水中養生を28日間施したが、湿潤養生の期間が不十分であったことが示唆され、長期間養生を実施することで物質移動抵抗性を確保できると考える。

### 4. 考察

図4～6に空隙率と透気係数、透水係数、水分逸散率の関係を示す。空隙率と透気係数の関係にて空隙量が多いほど透気しやすく、空隙率と水分逸散率の関係にて相関が見られた。一方、空隙率と透水係数の関係で同程度の空隙量でも透水係数が異なることから、総空隙量と物質移動抵抗性の関係は一律ではないことが考えられる。

### 5. まとめ

- (1) 高炉スラグ微粉末の置換率が30%の時に、物質移動抵抗性が最も高いことを確認できた。
- (2) フライアッシュを用いたとき、物質移動抵抗性が小さかったため、長期間の養生が必要だと考える。
- (3) 硬化体の総空隙量と物質移動抵抗性の関係は一律ではないことが考えられる。

### 謝辞

2020年度セメント協会研究奨励金による助成を頂いて実施いたしました。ここに感謝の意を示します。

### 【参考文献】

- 1) 古澤清彦：コンクリート中の物質移動評価に関する研究の現状、コンクリート工学、Vol.37、No.4、pp.3-11(1994)