

高炉スラグ微粉末を用いた硬化体が形成する空隙と水分浸透性状の関係

芝浦工業大学大学院 理工学研究科建設工学専攻
元芝浦工業大学大学院 理工学研究科建設工学専攻
芝浦工業大学 工学部 土木工学科

○澁谷亜香里
荒木萌
伊代田岳史

1. はじめに

コンクリート構造物に要求される性能において、耐久性は特に重要である。コンクリート標準示方書[設計編]の耐久性照査では、鋼材腐食とコンクリートの劣化に分類されている。鋼材腐食のうち中性化は、中性化が進行し、鋼材周りの不働態被膜が破壊されたのちに水分が浸透し鋼材と接触することにより発生する。中性化の進行は気体の侵入に、腐食は水の浸透に影響を受けることから、気体と液体の透過性の把握が重要である。近年、水分の浸透が重要視されており、2017年コンクリート標準示方書[設計編]において、水の浸透に伴う鋼材腐食の項目が追加された。また、最近では、環境負荷低減や耐久性向上を期待され、混和材の利用が増加している。特に日本では、高炉スラグ微粉末が注目されており、十分な養生により緻密な空隙構造を形成するが、養生期間や温度の影響が大きいことが知られている。

空隙構造は、物質透過性に大きく影響することが考えられ、耐久性を把握する上で重要である。したがって、本研究では、空隙構造と物質透過性を整理することを目的とした。養生期間や温度履歴により空隙構造を変化させ、水と空気における物質透過の試験を行った。

2. 実験概要

2.1 計画配合

表1にコンクリートの計画配合を示す。普通ポルトランドセメント(OPC)を用いて、高炉スラグ微粉末を0、50、70%置換したコンクリートを作製した。

2.2 試験体概要

試験体サイズは $\phi 100 \times 200 \text{ mm}$ とした。各々の配合で養生期間を7、28日および温度履歴の有無より、空隙を変化させた。図1に温度履歴のプログラムを示す。事前に行った簡易断熱試験における結果とコンクリート標準示方書[設計編]の断熱温度上昇量の計算式を用いて決定した。

2.3 試験概要

(1) 圧縮強度試験

圧縮強度試験は、JIS A 1108 2006 に準拠して実施した。各材齢で3本ずつ計測し、その平均値を算出した。

(2) 水分浸透試験

コンクリート標準示方書[規準編]に準じ、試験体を 40°C 、RH 30%の乾燥条件にて各材齢より28日間乾燥させたのちに水分浸透試験を行った。試験体側面をアルミテープでシールし、試験体下面から1cmの高さまで浸せきさせた。浸せき後5、24、48時間で割裂し、水分検知剤を噴霧、呈色した深さを計測した。水分浸透浸透深さより、水分浸透速度係数を算出した。

(3) 透気試験

コンクリートカッターを用いて、 $\phi 100 \times 50 \text{ mm}$ にカットし、 40°C 、RH 30%の乾燥炉にて質量が一定となるまで乾燥させたのちに試験を行った。 0.1 MPa で加圧した際の透気量を計測し、透気係数を算出した。

(4) 空隙率

水分浸透試験を終えた試験体を粉砕し、20mm角程度のものを使用し、アルキメデス法において空隙率を算出した。試料はアセトンに24時間浸せきさせた後に真空脱気を行い、乾燥質量を測定した。その後水中で減圧させ、空隙内に水を満たし飽水質量と水中質量を測定した。

表1 計画配合

	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
				W	C		S
					OPC	BFS	
OPC	50	4.5	48	170	340	-	852
B50					170	170	846
B70					102	238	843

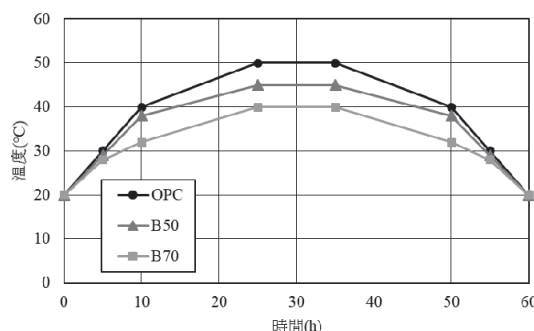


図1 温度履歴プログラム

3. 水分浸透

図2に水分浸透深さを示す。凡例の数字は養生期間を示し、Wが水中養生のみ、Tは温度履歴をかけた試験体の結果である。B70T28の結果は、測定に不具合があったため掲載していない。OPCと比較してB50、B70の水分浸透深さは小さく、高炉スラグ微粉末を置換したコンクリートは水密性が高いことが明らかとなった。また、温度履歴の有無による明らかな差はみられなかった。

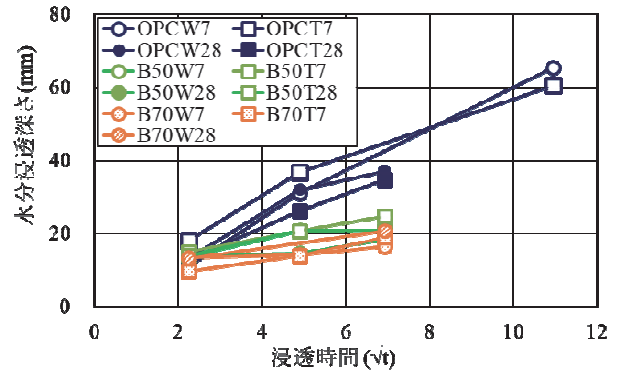


図2 水分浸透試験結果

4. 空隙率に関する考察

4. 1 温度履歴による空隙変化

図3に空隙率と強度の関係を示す。両者には、相関がみられ、空隙率が小さいほど圧縮強度も大きい結果であった。養生期間と温度履歴によって、異なる空隙をもつ試験体を作製したことが確認できた。

4. 2 空隙率と透気係数

図4に空隙率と透気係数の関係を示す。空隙率が大きいほど透気係数が大きくなる相関がみられた。養生期間が長いほど空隙率と透気係数が小さいことから、養生するほど緻密になり、空気が通りにくいことが明らかとなった。また、養生の影響は高炉スラグ微粉末を置換するほど顕著であった。

4. 3 空隙率と水分浸透速度係数

図5に空隙率と水分浸透速度係数の関係を示す。OPCは、空隙率が大きいほど水分浸透速度係数は大きくなる相関が得られた。一方でB50、B70は空隙率との相関がみられない結果となった。

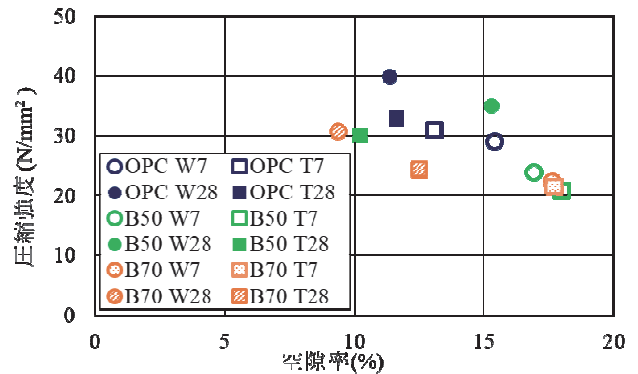


図3 空隙率と圧縮強度の関係

5. まとめ

- (1) 高炉スラグ微粉末を置換したコンクリートは、養生を施すことで複雑な空隙構造となり、水密性が高くなる。
- (2) 高炉スラグ微粉末を用いた際、総空隙を気体で評価できるが、液体では評価できない。
- (3) 今後は物質透過性における液体と気体の違いや空隙構造を整理する必要があると考える。

【参考文献】

- 1) 土木学会:2018年制定土木学会コンクリート標準示方書[規準編]土木学会規準および関連規準、21.短期の水掛かりを受けるコンクリート中の水分浸透速度係数試験方法(案)JSCE-G 582、pp.448-452 (2018)
- 2) 伊代田岳史、兼安真司、檀康弘、前田悦孝:高炉スラグ微粉末を高含有したセメントの温度依存特性、コンクリート年次論文集、vol.27、No.1 (2005)

本研究は、土木学会 360 委員会の共通試験の一部であり、鉄鋼スラグ協会よりご支援いただきました。ここに謝意を示します。

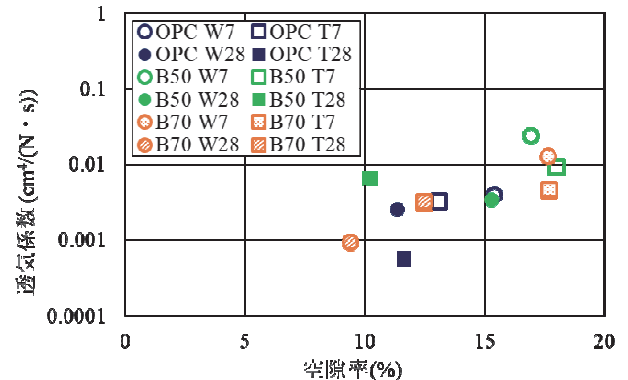


図4 空隙率と透気係数の関係

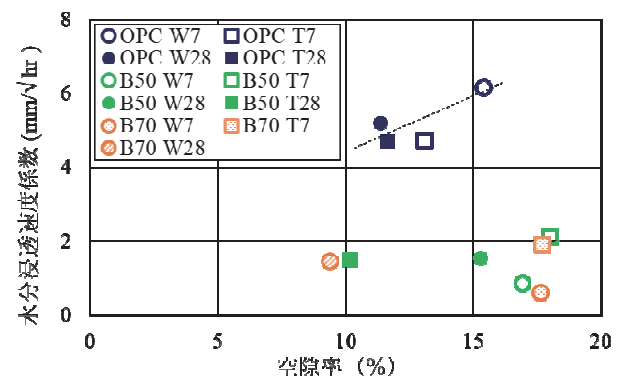


図5 空隙率と水分浸透係数の関係