

# 炭酸化した高炉セメント硬化体の空隙構造変化が物質移動抵抗性に与える影響

建設工学専攻

みずの ひろき  
ME17099 水野 博貴

建設複合材料研究

指導教員 伊代田 岳史

## 1. はじめに

RC 構造物の劣化現象の一つである炭酸化はコンクリート中のアルカリ性が低下することによって鋼材の不動態被膜を破壊し、鋼材腐食を引き起こす。炭酸化は水和生成物である水酸化カルシウムや C-S-H (ケイ酸カルシウム水和物) が二酸化炭素と反応することによって進行する。水酸化カルシウムの炭酸化は緻密な細孔構造を形成する一方で C-S-H の炭酸化は細孔構造を粗大化させるとの報告りもある。近年の実構造物における炭酸化の調査によると、コンクリートの炭酸化が鋼材近傍まで進行していたとしても、雨掛かりのない乾燥した環境などでは鋼材腐食の進展が見られない、あるいは進展が遅く、乾湿繰り返しが生じる環境で鋼材腐食が進みやすいことが明らかになってきている。これは腐食の発生には水分が必要なためだと考えられる。このことから炭酸化と水の浸透の両者から鋼材腐食について検討を行う必要がある。すなわちコンクリートの炭酸化進行速度のみならず水分の浸透速度について考慮しなければならない。そこで本研究では、高炉スラグ微粉末(GGBFS)を使用したコンクリートを作製し、炭酸化する水和物が変化したとき、コンクリートの炭酸化の有無が水分浸透性に与える影響について検討を行うこととした。

## 2. 実験概要

### 2.1. 使用材料及び試験体諸元

表-1 に計画配合を示す。炭酸化の進行を早めるために W/C60%一定とし、GGBFS を 0, 50%, 70%置換したコンクリートを作製した。試験体寸法は Φ100×50mm の円柱試験体を作製した。

### 2.2. 透水試験

実験フローを図-1 に示す。作製したコンクリートは

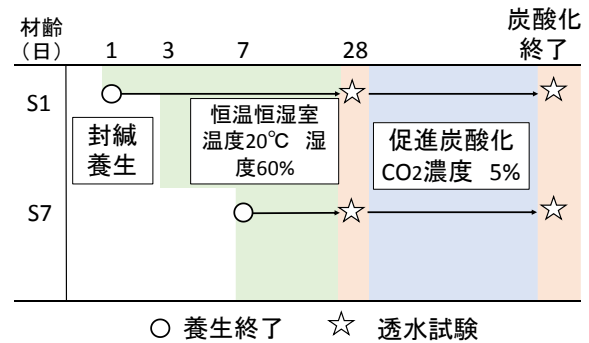


図-1 実験フロー図

翌日脱型 (S1) と、封かん養生を 7 日 (S7) 施したものを用意した。供試体は材齢 28 日まで恒温恒湿室 (20℃, RH60%) にて静置し、材齢 28 日を迎えた時点で 60cm の水頭をたて、水頭圧による透水試験を実施した。その後、試験体を促進中性化装置 (20℃, RH60%, CO<sub>2</sub> 濃度 5%) に静置し、供試体の炭酸化が完了した時点で透水試験を実施した。

## 3. 実験結果

図-2 に S1 の炭酸化前後での透水試験の結果を示す。なお結果は 48 時間まで供試体に透水した水量を表している。OPC は炭酸化前後での透水量の変化は小さい。一方で B50 と B70 は炭酸化後の透水量が大きくなる結果となった。

図-3 に S7 の結果を示す。S1 に比べ透水量が減少しているものの GGBFS を置換したものは炭酸化後の透水量が大きくなる結果となった。

ここで物質移動抵抗性の低下原因の検討を行うために空隙構造に着目し、透水試験を行った試験体を 5mm 角程度に粉碎し、水銀圧入法により空隙構造を計測した。水銀圧入法は水銀が大きな空隙径から小さな空隙径へと連続的に侵入すると仮定して細孔径を算出している。しかしながらインクボトル空隙のような大きな空隙

表-1 コンクリートの計画配合

配合名	W/B (%)	GGBFS置換率 (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単体量 (kg/m <sup>3</sup> )				
					W	OPC	GGBFS	S	G
OPC	60	0	4.5	46	165	275	-	847	1025
B50		50				138	138	843	1019
B70		70				83	193	841	1017

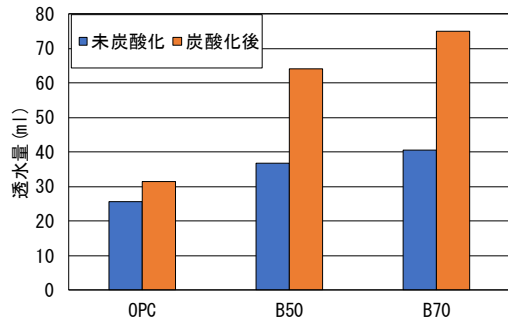


図-2 透水試験結果 (S1)

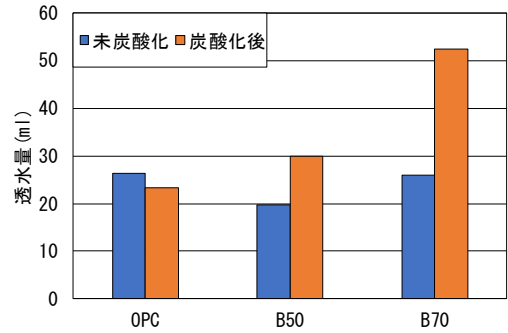


図-3 透水試験 (S7)

が介在した場合、大径空隙を小径空隙と評価してしまう。そこで図-4 に示すように水銀の加圧と減圧の過程で生じるヒステリシスの関係からインクボトル空隙の量と空隙の連続性を評価することとした。

図-5 に S1 の未炭酸化の結果を示す。凡例中の数字はインクボトル空隙量を表している。総細孔量は OPC が最も少ない結果となった。一方、B50 と B70 は OPC に比べ、総細孔量は多いものの小径空隙の細孔量が多い結果となった。また、インクボトル空隙を示す加圧段階と減圧段階の差も GGBFS の置換に伴って大きくなっていることが分かる。つまり高炉スラグ微粉末を置換した場合、小径空隙が多く存在し、複雑な空隙構造を有していることが示された。図-6 に S1 の炭酸化後の水銀圧入の結果を示す。OPC の総細孔量が最も少なくなっており、B50 と B70 は炭酸化によって大径空隙の細孔量が増加している。また、未炭酸化のものとは比べ、加圧段階と減圧段階の差も小さくなっている。このことから、高炉セメント硬化体が炭酸化するとインクボトル空隙を有するような複雑な空隙構造のものから連続性のある空隙となっていることが示された。

#### 4. 結論

炭酸化前後を比較して本研究で得られた結果を以下に示す。

- (1) OPC は炭酸化によって水分が浸透しにくい結果となった。一方で高炉セメント硬化体が炭酸化すると水分浸透抵抗性が低下し、養生日数が少ないものほどその傾向は顕著であった。
- (2) 高炉セメント硬化体は炭酸化によって粗大な空隙構造になる結果となった。高炉スラグを置換することによって C-S-H の炭酸化が卓越することが考えられ、C-S-H の分解は空隙構造を粗大化させ物質移動抵抗性が低下することが考えられる。

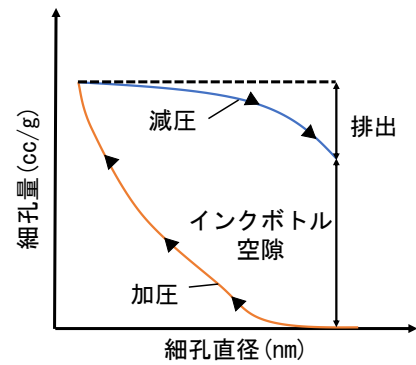


図-4 水銀圧入法の概要

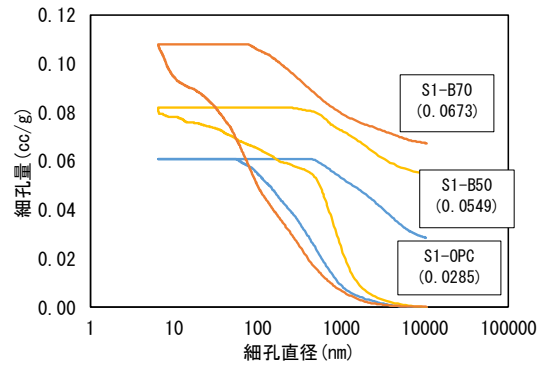


図-5 水銀圧入試験結果 (未炭酸化)

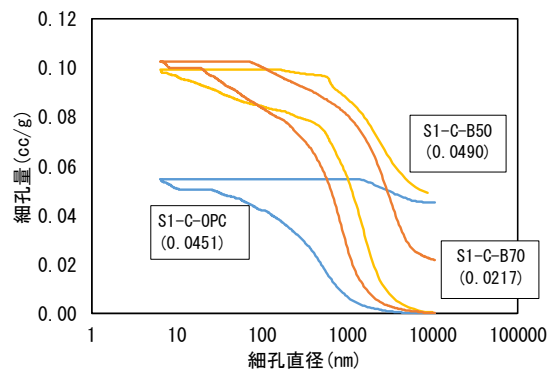


図-6 水銀圧入試験結果 (炭酸化後)

#### 参考文献

- 1) 原沢 蓉子, 本多和博, 伊代田 岳史: 異なる炭酸化環境が空隙特性および炭酸化進行に与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, 2014