

温度履歴を与えた高炉コンクリートにおける水分浸透挙動の把握

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○深澤 英将
元芝浦工業大学大学院 正会員 荒木 萌
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. 背景および目的

コンクリート構造物が劣化する原因として中性化や塩害などによる鋼材腐食，あるいは凍害やアルカリシリカ反応，化学的侵食などのコンクリートの劣化が挙げられる．これらの劣化の進行に対しては水分浸透などによるコンクリートの含水率が大きく影響を与える．そこで，2017 年の土木学会コンクリート標準示方書の改訂において，[設計編]に耐久性照査の水の浸透に伴う鋼材腐食が追記された．また，同書[規準編]では水分浸透係数を検証する試験案が考案され，現在コンクリート構造物の耐久性照査において水分浸透性状が注目されている．また，近年環境負荷の低減を期待して土木構造物でよく利用されている高炉スラグ微粉末に着目をした．

実際のコンクリート構造物は，打込まれたコンクリートはセメントが水和反応をした時に発生する水和熱によって温度履歴を受けることが知られている．しかし，実際の構造物のように温度履歴を受けたコンクリートの水分浸透挙動に関してはいまだ不明確な点が多くある．そこで本研究では，高炉コンクリートに温度履歴を与えた際の水分浸透挙動への影響を把握することを目的とした．

2. 実験概要

2. 1 配合・使用材料

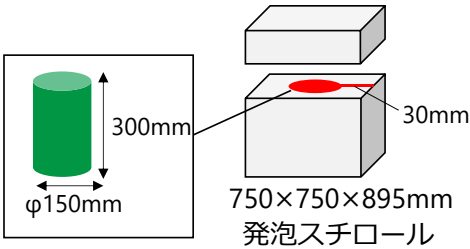
本試験で作製したコンクリート供試体の計画配合とコンクリート供試体に与えた最高温度を表―1に示す．本試験では普通ポルトランドセメント（OPC）と高炉スラグ微粉末を 50%，70%置換したコンクリートを作製した．温度履歴を与えるための温度プログラムは図―1に示す簡易断熱試験機を用いて温度を計測して決定し決定し，図―2 のような発熱温度曲線を恒温槽を用いて模擬した．OPC は最高温度を 50℃，B50，B70 はそれぞれ 45℃，40℃と設定した．養生期間は 7，28，91 日とし各材齢において水分浸透試験，透気試験を実

キーワード：水分浸透性状，高炉コンクリート，高炉スラグ微粉末，温度履歴

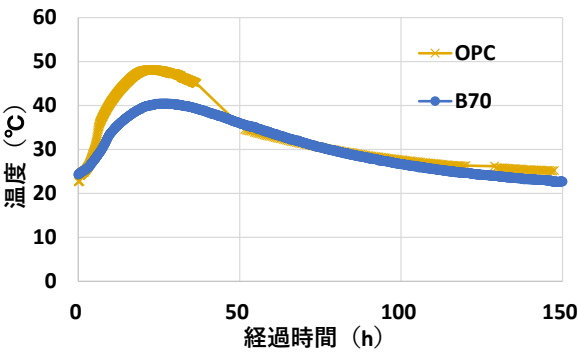
連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 TEL03-5859-8356 Email:me19073@shibaura-it.ac.jp

表―1 計画配合

	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)				最高 温度 (℃)	
				W	C		S		G
					OPC	BFS			
OPC	50	4.5	48	170	340	-	852	952	50
B50					170	170	846	944	45
B70					102	238	843	942	40



図―1 簡易断熱試験機



図―2 発熱温度曲線

施した．

2. 2 試験内容

(1) 水分浸透試験

本試験は 2017 年度版土木学会コンクリート示方書 [規準編]に準拠し試験を実施した．浸漬面とその反対側の面を開放し，側面からの乾燥を防ぐためにアルミテープで被覆し，供試体の下部 10mm を一面浸漬した．浸漬期間は 5,24,48 時間で割裂し，水分の浸透深さを測定した．この値を用いて水分浸透速度係数を算出した．

(2) 透気試験

供試体寸法は、 $\phi 100 \times 200 \text{ mm}$ の供試体から上下 25mm ずつ切断し $\phi 100 \times 50 \text{ mm}$ の円柱供試体を 3 本切り出し作製した。また、供試体は質量が恒量となるまで 40°C 乾燥炉に静置し、 0.2 MPa の圧力で空気を透過させ、その量を計測しこの試験結果から透気係数を算出した。

3. 実験結果

3.1 温度履歴が水分浸透性挙動に与える影響

図—3 にセメント種類ごとの水分浸透深さの経時変化を示す。なお凡例として例えば OPCT7 はセメント種—養生方法(W：水中，T：温度履歴)—養生日数を表すこととする。高炉スラグ微粉末を 70% 置換した場合は温度履歴を与えると浸透深さが大きくなった。

3.2 水分浸透速度係数と透気係数の関係

図—4 に高炉スラグ微粉末を 70% 置換したコンクリートの水分浸透速度係数と透気係数の関係を示す。温度履歴を与えた場合、与えない場合と比較して水分浸透係数と透気係数が大きくなった。

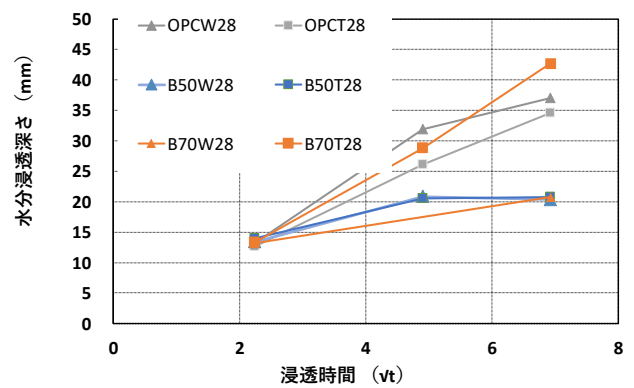
4. 水分浸透特性の考察

コンクリート中の空隙構造は大きく骨材内、モルタルおよび骨材の界面に生じる遷移帯などが考えられる。ここで、温度履歴を与えたコンクリートにおいて、空隙構造に変化が生じる領域を考えたとき、セメントの水和による空隙の変化と骨材の熱膨張係数の相違ならびにモルタルの温度収縮・膨張と骨材との界面に生じるギャップなどの影響を含めて検討した。今回は水分浸透が大きかった OPC と B70 は $\phi 50 \times 100 \text{ mm}$ のモルタル供試体を作製し確認した。図—5 に養生材齢 7 日におけるモルタルとコンクリートの水分浸透係数を比較した。これより OPC では温度履歴により水分浸透係数はモルタルもコンクリートも小さくなっているのに対し、B70 では温度履歴によりモルタルの係数は小さくなるもののコンクリートは水分浸透速度係数が大きくなることを示した。このことは高炉スラグ微粉末を大量に混和することでモルタル部分の空隙や水分浸透は改善するものの、骨材とのギャップが生じコンクリートでは水分浸透しやすくなることを示していると考えられる。今後、長期材齢での検討に加え、骨材界面でのギャップについても詳細を詰めていく予定である。

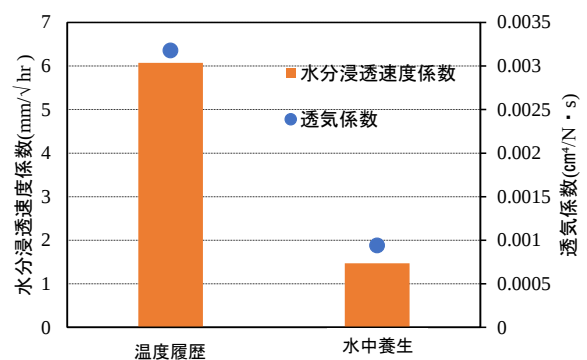
5. まとめ

本研究で得られた成果を下記にまとめる。

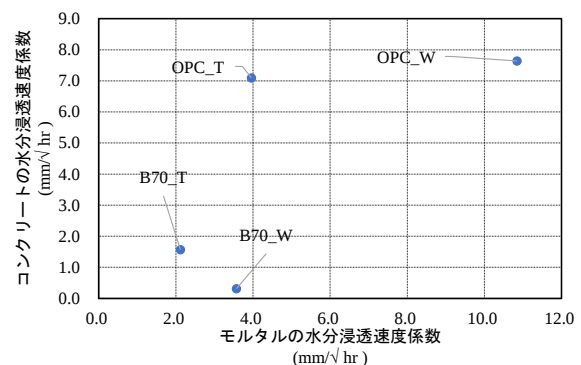
- 1) 温度履歴を受けたコンクリートは水分が浸透しやすい。特にスラグの場合ほどその傾向は大きい。



図—3 水分浸透深さ



図—4 水分浸透速度係数と透気係数の関係



図—5 コンクリートとモルタルの水分浸透係数

- 2) 温度履歴を与えた場合、スラグを高置換するとモルタルの水分浸透速度係数は小さくなるが、コンクリートでは大きくなった。このモルタルとコンクリートの相違については骨材界面の空隙が原因ではないかと考えるが、今後検討を加える予定である。

謝辞

本研究は土木学会 360 委員会における高置換高炉セメントの検討の一部であり、鉄鋼スラグ協会からご支援をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 伊代田ら：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