

初期養生条件が高炉セメントコンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす影響

東北学院大学工学部 学生会員 杉本 多聞

東北学院大学工学部 正 会 員 武田 三弘

東北学院大学工学部 フェロー 大塚 浩司

1. はじめに

現在、コンクリート構造物を建設する際、高炉セメントが使用されることが多くなってきている。その理由として、高炉セメントは銑鉄製造過程に生じる産業廃棄物である高炉スラグを使用しているため、環境に配慮したセメントとしてグリーン調達品目に指定されているからである。しかし、高炉セメントについてはいくつかの問題点がある。それは、冬季において強度発現が遅いために凍害などの劣化を受けやすいこと、または他のセメントに比べて乾燥収縮率が大きくなることなどが挙げられる。これらの問題点から、高炉セメントを用いたコンクリート構造物は初期養生条件や施工方法によって、その品質に影響を及ぼすとされている。そこで、本研究では初期養生条件の異なる高炉セメントコンクリート供試体に対して凍結融解試験を行い、初期養生条件が高炉セメントコンクリートの凍結融解抵抗性および密実性に及ぼす影響について実験を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体の配合には、高炉セメントB種を使用したW/Cが56%のAEコンクリートを用いた(表-1 参照)。供試体は、凍結融解試験用に100×100×400mmの角柱供試体を35体、圧縮試験用にφ100×200mmの円柱供試体を20体作製した。なお、細骨材には山砂および砕砂、粗骨材には砕石(最大寸法:20mm)、混和剤には、AE減水剤を使用した。

2.2 初期養生条件

翌日脱型された供試体は、水中養生(20℃)、気中養生(室温20℃、

湿度60%)および封緘養生(20℃)の3パターンについて、材齢28日間、各養生を行った。表-2は、初期養生条件を示したものである。

2.3 空隙量の測定方法

打設や初期養生条件の違いによって発生した初期欠陥や凍結融解作用によって発生した微細ひび割れなどの空隙量の測定には、X線造影撮影法を用いた。これは、厚さ10mm(100×100×10mm)にスライスされたコンクリート供試体に対して、60分間造影剤を浸透させ、その後、X線撮影を行うことによって、コンクリート中の空隙を検出し、その検出された空隙量を定量化する手法である。本実験では、この定量化された値を透過線変化量として用いている。図-1は、X線造影撮影法の撮影条件を示したものである。

2.4 実験方法

本実験では、各養生条件の供試体に対して圧縮試験および凍結融解試験(JIS A 1148 A 法)を行った。圧縮試験は、材齢7日、14日、28日目に行った。凍結融解試験は、28日間の各養生後、300サイクルまで凍結融解を行い、50サイクル毎に供試体質量、相対動弾性係数測定およびX線造影撮影による透過線変化量の測定を行った。

表-1 コンクリートの配合表

W/C	Air	s/a	単位量 (kg/m ³)			
(%)	(%)	(%)	W	C	S	G
56.0	4.5	47.4	154	275	873	1010

表-2 初期養生条件

	詳 細
水中養生	脱型後、水温20℃の養生槽で28日間養生
気中養生	脱型後、恒温恒湿室(室温20℃、湿度60%)で28日間養生
封緘養生	脱型後、ビニールで密封し恒温恒湿室(室温20℃、湿度60%)で28日間養生

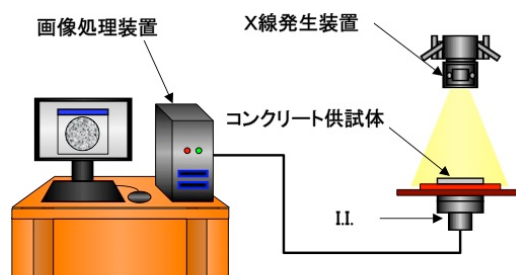


図-1 X線造影撮影の概要

表-3 養生日数と圧縮強度

養生日数		7 日	14 日	28 日
圧縮強度 (N/mm ²)	水中養生	14.9	21.0	24.9
	気中養生	13.0	17.3	17.9
	封緘養生	14.4	19.0	23.0

キーワード：高炉セメント X線造影撮影法 初期養生条件 凍結融解抵抗性 密実性 質量減少率

連絡先：宮城県多賀城市中央1-13-1 TEL 022-368-7479 FAX 022-368-7479

3. 実験結果および考察

3.1 初期養生条件と圧縮強度との関係

表-3 は初期養生条件の異なる高炉セメントコンクリートの養生日数と強度を表したものである。どの養生方法においても強度の増進が見られたが、養生日数に関わらず、気中養生<封緘養生<水中養生の順に強度は大きくなった。図-2 は既往の実験結果から求めた高炉セメントコンクリートの圧縮強度と透過線変化量との関係を示したものである。この図から、両者には良好な関係が認められ、強度が高くなるに連れて透過線変化量が小さくなっているのが分かる。これは、強度が高くなるに連れて、コンクリートの内部構造がより緻密になっているためであると考えられる。

3.2 凍結融解サイクル数と透過線変化量との関係

図-3 は、凍結融解サイクル数と透過線変化量との関係を示したものである。この図から、気中養生の供試体では50サイクルまで、封緘と水中養生の供試体では100サイクルまで、透過線変化量は減少する傾向が見られた。これは、凍結融解作用を受ける状況でありながらも、水和反応が進み、0サイクル時のコンクリートより緻密になっていることを示している。その後、気中養生の供試体では、透過線変化量が増加傾向となり、凍結融解作用によるひび割れが増加する傾向がみられた。一方、封緘養生と水中養生の供試体では、わずかに透過線変化量が増加しているようにもみられるが、300サイクル時には、0サイクル時の透過線変化量と同程度の値となった。この結果は、スクレーピングによって透過線変化量の測定面積に影響が無いように、100×100mmの切断面の内側(80×80mm)を測定したものであり、供試体内部の空隙性状を意味している。従って、気中養生の場合は、供試体内部にまでひび割れが発生し、透過線変化量が増加しているが、封緘・水中養生の場合は、供試体内部(80×80mm)にまでは、凍結融解作用の影響を受けていない状況と思われる。

3.3 サイクル数と質量減少率との関係

図-4 は、凍結融解サイクル数と質量減少率との関係を示したものである。50サイクルで気中養生の供試体のみが増加傾向が見られた。この原因は、凍結融解作用時に、供試体が水分を吸収したことであり、養生直後の質量を基準として実験を開始したためである。この図より、封緘および水中養生の場合、300サイクルにおいても数パーセント程度の質量減少率であるが、気中養生の場合、40%を超える結果となった。

4. まとめ

本研究の結果より、気中養生のような初期養生を十分に行えなかった高炉セメントコンクリートは、強度、凍結融解抵抗性とも低い結果となった。しかし、凍結融解作用を受ける環境においても、水和反応が進行する傾向もあることから、初期養生が十分に行われなかった場合においても、その後の養生環境を考慮すれば、強度・耐凍害性の向上も可能ではないと思われる。しかしながら、ある一定以上の密実性(本実験内では透過線変化量が0.11以下)が確保されていなければ、凍結融解抵抗性は低いことから、凍結融解作用を受ける環境では、竣工時のコンクリートの密実性を評価することは重要であると思われる。

〔謝辞〕 本研究を行うにあたり、終始ご協力して頂いた阿部貴弘氏および若生知成氏に感謝の意を送ります。また、本研究は、平成20年8月～平成22年3月の期間で、東北建設協会と共同研究で行われたものである。

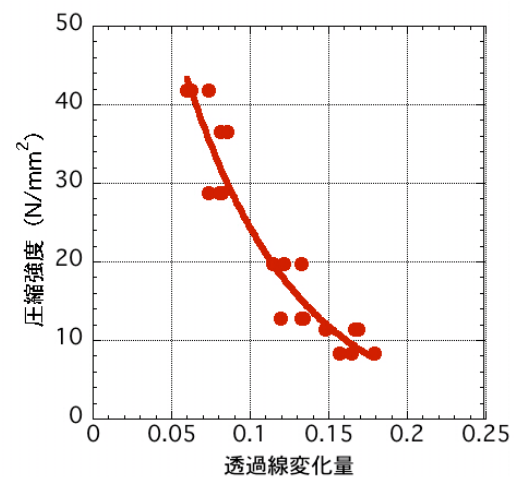


図-2 圧縮強度と透過線変化量との関係 (高炉)

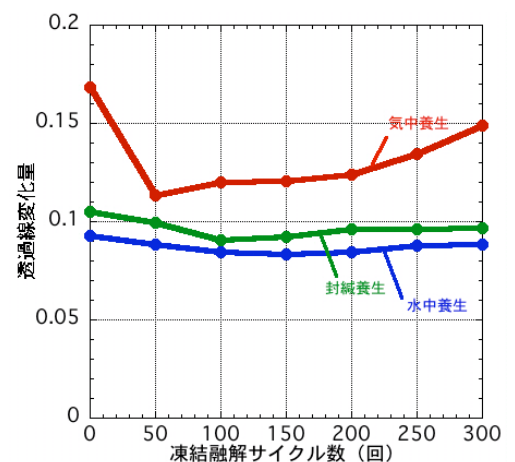


図-3 凍結融解サイクル数と透過線変化量との関係

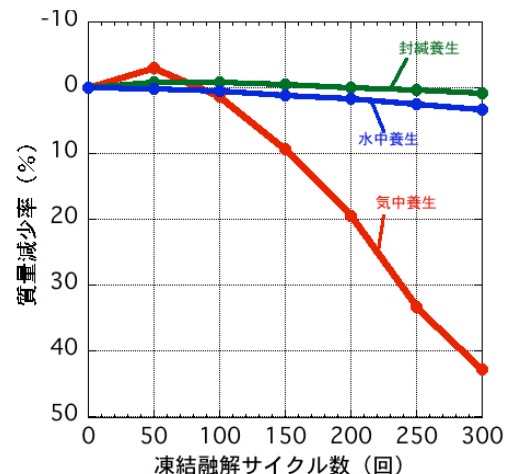


図-4 凍結融解サイクル数と質量減少率との関係