ひび割れ密度に着目したかぶりコンクリートの凍害深さに関する基礎研究

秋田大学大学院　正 会 員　○齋藤　憲寿
秋田大学大学院　フェロー　　加賀谷　誠

1. はじめに

構造物を長期間供用するためにはかぶりコンクリートの品質の確保が重要であり，そのためにはかぶり部の深さ方向の劣化程度を評価する必要がある。本研究は，凍結融解作用を受けたコンクリート内部に発生する微細ひび割れに着目し，凍結融解試験を行った角柱供試体から小径コアを採取してひび割れ密度を測定し，相対動弾性係数との対応関係を求めた。さらに，配筋条件の異なる鉄筋間隙を通過させて振動締固めを行ったかぶりコンクリートについて凍結融解試験を行い，ひび割れ密度の深さ方向分布を求めてかぶり部の凍害深さを検討した。

2. 実験概要

普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3），細骨材として混合砂（表乾密度 2.59g/cm^3，吸水率 3.45%，粗粒率 2.74），粗骨材として砕石（表乾密度 2.67g/cm^3，吸水率 1.09%，粗粒率 6.60），天然樹脂酸塩を主成分とする AE 剤を使用した。**表－1** にコンクリートの配合を示す。

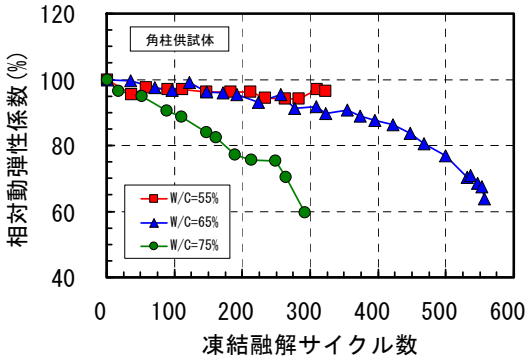
表－1　コンクリートの配合

Gmax (mm)	目標スランプ(cm)	目標空気量(%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3) W	C	S	G	Ad	ボックス形供試体の配筋条件
20	8±1	6±1	55	45.3	172	313	785	977	0.188	R1：D10×5本 R2：D13×3本 R3：鉄筋なし
			65	47.3	172	265	810	992	0.159	
			75	49.3	172	229	888	941	0.137	

供試体は水セメント比 55~75%のコンクリートの角柱供試体（100×100×400mm）と 55 および 65%のボックス形供試体（210×200×262mm，JSCE-F 511 と同形でかぶりを 70mm とした）の 2 種類とした。角柱供試体の標準養生後，JIS A 1148（A 法）に準じて凍結融解試験を行い，所定のサイクル終了後，供試体側面から小径コア（直径 25×高さ 50mm）を 6 本採取した。ボックス形供試体は配筋条件（**表－1**）の異なる鉄筋間隙を通過させて振動締固めを行い，コンクリート上面から 30mm となる鉄筋部分に仕切り板を設置してかぶり部のブリーディング量を測定した。温度 20±3℃，湿度 60±20%の環境下で 5 日間型枠養生を行って脱型し，材齢 13 日に供試体かぶり表面から鉄筋間隙を通過して水平方向に小径コアを 6 本ずつ採取した。そして，材齢 14 日で小径コアの凍結融解試験を開始して 300 サイクル行った。所定のサイクル終了後，小径コアの側面の幅 10mm，高さ 50mm を研磨して観察面を作製し，ASTM C457-71（リニアトラバース法）を参考に，ひび割れ密度（＝ひび割れ総本数(本)／測線長(mm)）を算出した。

3. 実験結果および考察

図－1 に凍結融解サイクル数と相対動弾性係数の関係を示す。水セメント比が大きくなるほど相対動弾性係数の低下が著しく，W/C=75%では試験開始直後から急激に低下して 293 サイクルで 59.5%，W/C=65%では 300 サイクルで 91.7%，400 サイクルを過ぎてから緩速に低下して 557 サイクルで 63.9%となった。W/C=55%は 323 サイクルまでの測定で 96.4%となり，相対動弾性係数の低下は小さかった。



図－1　凍結融解サイクル数と相対動弾性係数の関係

図－2 に凍結融解サイクル数と角柱供試体から採取した小径コアのひび割れ密度の関係を示す。各凍結融解サイクル数での

キーワード　かぶりコンクリート，凍害深さ，ひび割れ密度，配筋量，かぶり部のブリーディング量
連絡先　　〒010-8502　秋田県秋田市手形学園町 1-1　TEL 018-889-2769

ひび割れ密度は W/C=75%の場合がより大きくなっている。また，凍結融解サイクル数が増加するほどひび割れ密度は増加する傾向が認められ，水セメント比が大きいほどこれが顕著となった。

図－3 に相対動弾性係数とひび割れ密度の関係を示す。水セメント比が異なる場合でも相対動弾性係数が低下するほどひび割れ密度が増加して両者に相関関係が認められた。また，耐凍害性の下限値について相対動弾性係数 60%と仮定した場合，これに対応するひび割れ密度はおよそ 0.025 本/mm となる。耐凍害性評価のための限界値についてはさらに今後データを蓄積して求める必要はあるが，ひび割れ密度は耐凍害性を評価できると考えられる。

図－4 にかぶり部のブリーディング量とかぶり部のひび割れ密度の関係を示す。フレッシュコンクリートを配筋条件の異なる鉄筋間隙を通過させて振動締固めを行った場合，配筋条件が厳しくなるほどかぶり部のブリーディング量が増加しており，その結果，凍結融解試験 300 サイクル終了後のかぶり部のひび割れ密度も増加していることがわかる。

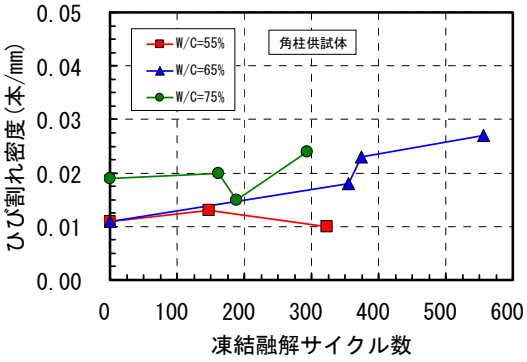
図－5 に配筋条件 R1 および R2 のひび割れ密度の深さ方向分布を示す。凍結融解試験 300 サイクル終了後の深さ 10mm ごとにひび割れ密度を算出したところ，測定区間に存在する粗骨材により深さ方向のひび割れ密度の変動が大きくなるが，凍結融解作用を受けたかぶり部のひび割れ密度は表層部分ほど大きく，内部に進むにつれて一定の値に漸近する傾向にあった。また，配筋条件が厳しくなるほどより顕著となることがわかる。さらに，**図－3** で限界値と仮定した 0.025 本/mm について，それに相当する各配合のかぶり部表面からの深さを見ると，通常の配筋条件である R2 はこれに達しなかったが，厳しい配筋条件である R1 では W/C=55%で 30mm，W/C=65%で 40mm となり，水セメント比が大きいほどかぶり部の深さ方向の劣化程度が大きくなった。以上より，ひび割れ密度の深さ方向分布は凍害深さの指標となる可能性があると考えられる。

4. まとめ

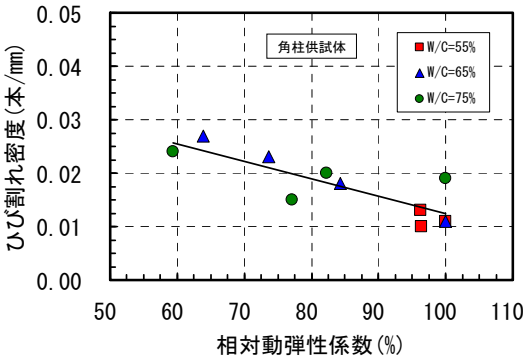
(1) 相対動弾性係数が低下するほどひび割れ密度が増加し，両者の間には相関関係が認められた。

(2) ひび割れ密度の深さ方向分布は凍害深さの指標となる可能性があると考えられる。

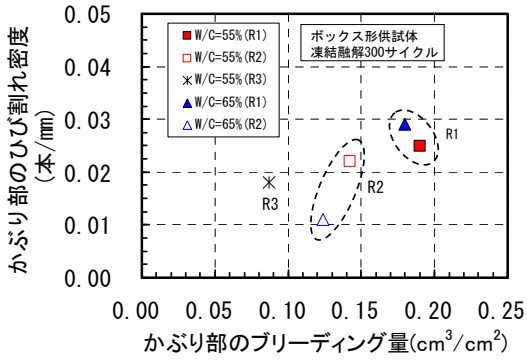
謝辞：本研究は平成 23 年度科学研究費補助金（奨励研究 23920005）により実施したものである。



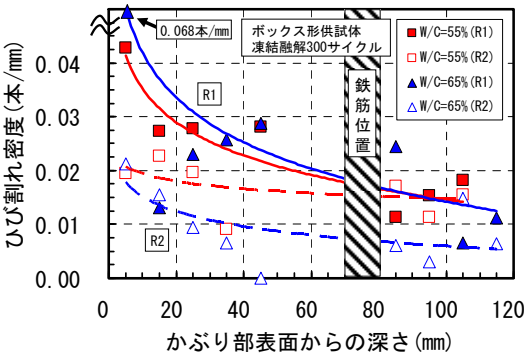
図－2　凍結融解サイクル数とひび割れ密度の関係



図－3　相対動弾性係数とひび割れ密度の関係



図－4　かぶり部のブリーディング量とひび割れ密度の関係



図－5　かぶり部表面からの深さとひび割れ密度の関係