

凍結融解作用を受けたコンクリートのひび割れ密度分布に関する基礎研究

秋田大学 学生会員 ○榎本 靖彦 非会員 大河内 雄太
正会員 齋藤 憲寿 フェロー 加賀谷 誠

1. はじめに

凍害によるコンクリート構造物の劣化は寒冷地における代表的な現象であり、凍害に対する構造物の維持管理においてコア採取による凍害深さの判定が有効とされているが、深さ方向の定量的な評価は難しく判定方法については確立されていない。本研究は、凍害深さを判定するための基礎研究として、凍結融解試験後の角柱供試体から採取した小径コアを用いてひび割れ密度を測定し、深さ方向による密度分布を求めた。また、供試体断面の平均的な緻密さを示す透気性（簡易透気速度）と比較した。

2. 実験概要

使用材料は普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 ），混合砂（表乾密度 2.59g/cm^3 ，吸水率 3.45% ，粗粒率 2.74 ）

および碎石（表乾密度 2.67g/cm^3 ，吸水率 1.09% ），天然樹脂酸塩を主成分とする AE 剤を使用した。配合は単位水量を 172kg/m^3 ，水セメント比を 65% とした。容量 50l の強制練りミキサーを用いて角柱供試体（ $100\times 100\times 400\text{mm}$ ）を製造し、養生後、JIS A 1148（A 法）に準じて凍結融解試験を行った。なお、本研究では凍結融解作用による劣化程度を把握するため、 300 サイクル以降も相対動弾性係数が 60% となるまで試験を行った。養生条件は温度 $20\pm 3^\circ\text{C}$ ，湿度 $60\pm 20\%$ の実験室内にて型枠で 5 日間養生後、脱型して材齢 14 日まで放置した気中養生と標準養生の 2 パターンとした。

小径コア（ $\phi 25\times h 50\text{mm}$ ）は任意の凍結融解試験サイクル終了後（ 0 サイクルを含む），角柱供試体の側面中央部分から等間隔に 6 本採取した。そして、コンクリートのひび割れ状況を簡易に測定するため、小径コアの側面の幅 10mm ，長さ 50mm を研磨し，測定面とした。ひび割れの観察方法は ASTM C457-71（リニアトラバース法）を参考に，角柱供試体表面からの深さ毎に測線上を横切るひび割れ本数を測定してひび割れ密度を式(1)によって算出し，測定面全体のひび割れ密度と角柱供試体表面からの深さ方向のひび割れ密度を求めた。また，透気試験は凍結融解試験終了後の角柱供試体の端部（ $100\times 100\times 400\text{mm}$ ）を切断して供試体とし，ドリル削孔法¹⁾によって簡易透気速度を求めた。

3. 実験結果および考察

図-1 および図-2 に凍結融解試験によるサイクル数と相対動弾性係数および質量減少率の関係を示す。凍結融解サイクル数が増加するほど相対動弾性係数が低下しており，標準養生と比べて気中養生が速く低下していることがわかる。また，凍結融解試験開始直後は供試体の吸水により気中養生の質量減少率が低下する傾向を示すが， 50 サイクル以降はどちらも凍結融解サイクル数が増加するほど質量減少率が増加しており，標準養生と比べ

$$\text{ひび割れ密度 (本/mm)} = \frac{\text{ひび割れ総本数 (本)}}{\text{側線長 (mm)}} \quad (1)$$

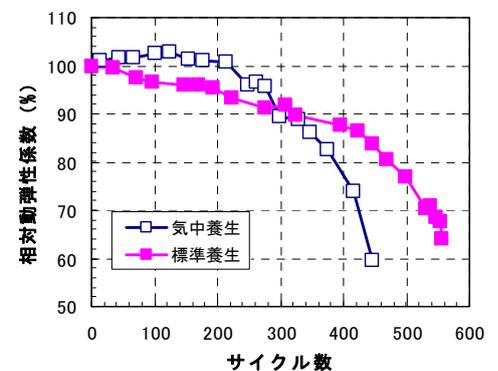


図-1 サイクル数と相対動弾性係数の関係

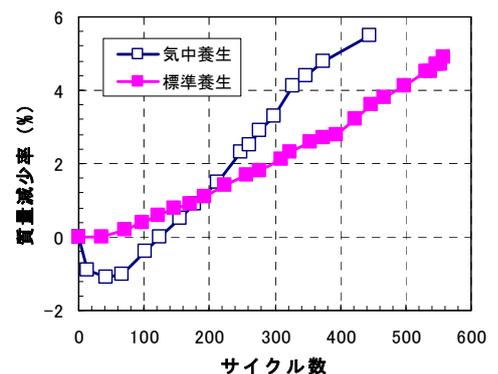


図-2 サイクル数と質量減少率の関係

キーワード：凍害深さ ひび割れ密度 凍結融解試験 透気性 小径コア

連絡先 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 TEL018-889-2356

て気中養生の増加が顕著であった。なお、どちらの養生条件においても 300 サイクル終了時の相対動弾性係数は 90%以上、質量減少率は 3%以下であり、相対的には耐凍害性を有したコンクリートであった。

図-3 に凍結融解サイクル数と角柱供試体から採取した測定面全体のひび割れ密度の関係を示す。0 サイクルでは養生条件による差があまり見られないが、凍結融解サイクル数が増加するほどひび割れ密度も増加しており、標準養生に比べて気中養生のひび割れ密度の増加が著しいことがわかる。また、これは図-1 および図-2 に示した凍結融解試験結果と同様の傾向であり、既往の研究²⁾とも一致することから、ひび割れ密度はコンクリートの耐凍害性を評価するための指標になり得ると考えられる。

図-4 に角柱供試体表面からの深さとひび割れ密度の関係を示す。ここでは深さ方向のひび割れ密度を算出するため、角柱供試体表面から深さ 10mm 毎にひび割れ密度を算出し、その値を深さ方向のひび割れ密度分布として用いた。角柱供試体のひび割れ密度は表面付近ほど大きく、内部に進むにつれて一定の値に漸近する傾向が見られた。また、相対動弾性係数が低下するほどひび割れ密度が全体的に増加しており、これは養生条件が異なる場合でも同じ傾向であることから、凍結融解作用による影響が深さ方向によって異なることがひび割れ密度分布から確認された。

図-5 に標準養生を行った角柱供試体のひび割れ密度と簡易透気速度の関係を示す。透気性はコンクリート内部の水分に大きく影響を受けるため、簡易透気速度は供試体の水分蒸発による質量減少率が 1%となる時の値を用いた。凍結融解サイクル数の増加に伴い相対動弾性係数が低下するほど簡易透気速度およびひび割れ密度が増加しており、両者の間には相関関係があることがわかる。そのため、ひび割れ密度は平均的な緻密さを示していると考えられ、さらに図-4 で示すようにひび割れ密度分布から内部の劣化状況を測定できるため、劣化程度の評価に効果的であるといえる。

4. まとめ

- (1)劣化した角柱供試体のひび割れ密度は表面付近ほど大きく、内部ほど減少して一定の値に漸近する傾向が見られることが確認された。
- (2)ひび割れ密度は供試体断面の平均的な緻密さを示していることや供試体内部の劣化状況を測定できるため、耐凍害性を評価するための指標になり得ると考えられる。

参考文献

- 1)笠井芳夫, 松井勇, 湯浅昇: 簡易な試験による構造体コンクリートの品質評価の試み, セメント・コンクリート, No.559, pp.20-28, sept. 1993.
- 2)齋藤憲寿, 加賀谷誠: 日本素材物性学会平成 23 年度(第 21 回)年会講演要旨集, pp31-32, 2011

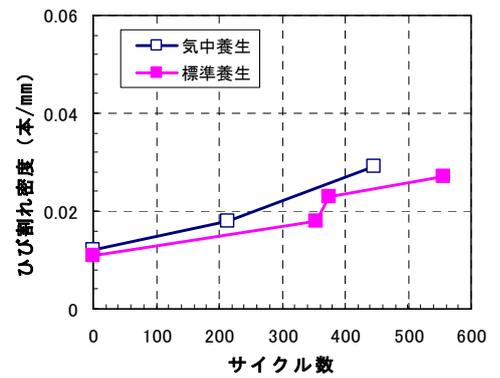


図-3 サイクル数とひび割れ密度の関係

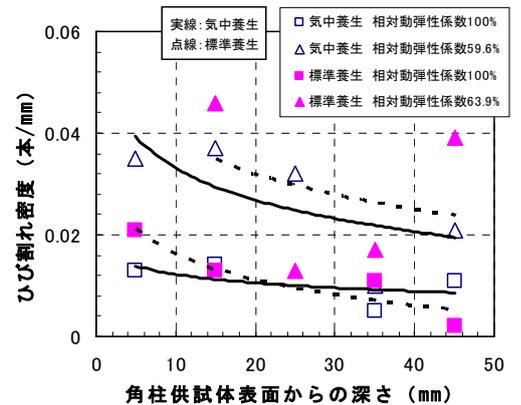


図-4 角柱供試体表面からの深さとひび割れ密度の関係

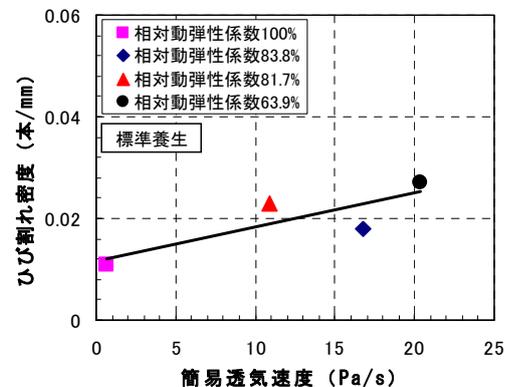


図-5 簡易透気速度とひび割れ密度の関係