

赤外線法を用いた既設構造物の物質移動特性評価に関する研究

○芝浦工業大学大学院 学生会員 小根澤淳志 東京大学生産技術研究所 正会員 加藤佳孝
 芝浦工業大学土木工学科 正会員 矢島哲司 東京大学生産技術研究所 F 会員 魚本健人

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の品質評価手法として非破壊検査手法を適用することが検討されているが、これまでの対象は内部欠陥や鉄筋の存在を検知することであり、コンクリート自体の品質を評価する検討はほとんど存在しなかった。これに対し、コンクリート中の劣化因子の移動と熱の移動が移動現象のアナロジーとして数学的に同等に扱えることに着目し、両者に何らかの関連性があると考えた。そこで、21 配合のコンクリート供試体を強制加熱した際の表面温度変化を赤外線法により収集し、熱の移動を表す温度パラメーターを算出した。この温度パラメーターと促進試験により得られた塩化物イオン（以後、 Cl^- ）の実効拡散係数および中性化速度係数の関係性を評価することにより、赤外線法を用いて、既設構造物の品質を表す劣化因子の移動特性の推定を試みた。

2. 時間パラメーターと温度パラメーター

ここで、時間パラメーターと温度パラメーターの定義を式(1)、式(2)に示す（記号は図-1 中）。

$$\text{時間パラメーター} = \frac{b}{a} \quad (1) \quad \text{温度パラメーター} = \frac{B}{A} \quad (2)$$

3. 実験概要

配合はペースト量を一定とした $W/C=30, 40, 45, 50, 55, 60, 70\%$ 、 $s/a=35, 45, 55\%$ の 21 配合とし、空気量はできるだけ $5.5 \pm 1\%$ となるようにした。熱移動特性実験と劣化因子の移動特性実験を同一の品質のコンクリートで行うために、供試体は図-2 に示すように 1 体のコンクリートから切り出して作成した。熱移動特性実験用の供試体は、写真-1 に示すように加熱面以外を断熱し、一定温度で加熱できるホットプレートを用いて、非接触で 1 時間加熱し、その後 1 時間放熱する過程の表面温度を赤外線カメラにより測定し、時間パラメーターが 0.5 の時（放熱開始から 30 分後）の温度パラメーターを算出した。 Cl^- 移動特性実験は、図のように供試体から採取したコアを用いて電気泳動を行い、実効拡散係数を算出した。 CO_2 移動特性実験は、コアを採取し、浸透面以外をエポキシ樹脂でシールし、環境温度 40°C 、相対湿度 50%、 CO_2 濃度 10% の恒温恒湿槽にて中性化促進試験を行い、4 週、8 週の中性化深さから魚本・高田式¹⁾により中性化速度係数を算出した。

4. 塩化物イオン拡散係数の推定

図-3は実効拡散係数と温度パラメーターの関係を示したものである。これによると、実効拡散係数と温度パラメーターは、相関係数は低いが直線近似できることが分かる。これを $W/C=40 \sim 70\%$ に絞り込むと図-4のようになり、ある程度の誤差範囲で、温度パラメーターと Cl^- 実効拡散係数を関連付けられると考えられる。この時の推定誤差は ± 0.22 ($\text{cm}^2/\text{年}$) であった。 $W/C=50\%$ 、 $s/a=45\%$ の供試体の温度パラメーターを図-3の近似直線に代入し、実効拡散係数

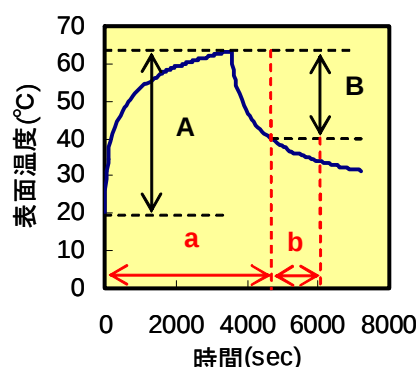


図-1 時間パラメーターと温度パラメーターの概念図

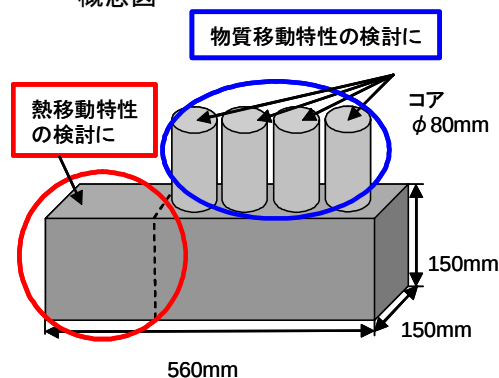


図-2 供試体概要図

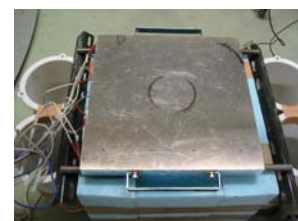


写真-1 加熱状況

キーワード 赤外線法, 非破壊検査, コンクリートの品質

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 Tel03-5452-6098ext.58090

を算出し（以後、平均値）、これと推定誤差の $0.22(\text{cm}^2/\text{年})$ を加えたもの（以後、平均値 $+0.22=\text{Max}$ ）に対して、鋼材腐食発生時間を示方書の算定式²⁾にて算出した。この時、かぶりは 50mm とした。式(3)にて誤差を算出すると、鋼材腐食発生時間 $+24\%$ の誤差で推定可能であることが分かった。

$$\text{誤差}(\%) = \frac{\text{Maxによる予測値} - \text{平均値による予測値}}{\text{平均値による予測値}} \times 100 \quad (3)$$

5. 中性化速度係数の推定

図-5 は中性化速度係数と配合の関係を示したものである。これによると、中性化速度係数は $W/C=60\%$ を境にして急激に増加することが分かる。そこで、 $W/C=30\sim55\%$ （Aグループ）と $W/C=60\sim70\%$ （Bグループ）にグループ分けをして、中性化速度係数と温度パラメーターの関係を示したものが図-6である。 Cl^- 拡散係数の推定と同様に直線近似し、推定誤差を考えると、Aグループが $\pm 4.57(\text{mm}/\sqrt{\text{年}})$ 、Bグループが $\pm 2.39(\text{mm}/\sqrt{\text{年}})$ であった。また同様に、示方書の算定式³⁾にて鋼材腐食発生時間を算出し、式(3)にて鋼材腐食発生時間の誤差を算出すると、Aグループでは $+69\%$ 、Bグループでは $+25\%$ の誤差となり、 $W/C=60\sim70\%$ においては Cl^- 実効拡散係数の推定と同程度の誤差で中性化速度係数を推定できることが分かった。

6. まとめ

- 1) 温度パラメーターから塩化物イオンの実効拡散係数を推定する場合、 $W/C=40\sim70\%$ においては、鋼材腐食発生時間に換算して $+24\%$ の誤差で推定可能であることが分かった。
- 2) 温度パラメーターから中性化速度係数を推定する場合、 $W/C=60\sim70\%$ においては、鋼材腐食発生時間に換算して $+25\%$ の誤差で推定可能であることが分かった。

謝辞

本研究は東京大学生産技術研究所 魚本研究室にて行ったものである。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 魚本健人・高田良章：コンクリートの中性化速度に及ぼす要因，土木学会論文集，No.451，V-17，pp.119-128，1992.8
- 2) （社）土木学会：2002年度制定コンクリート標準示方書〔施工編〕，土木学会，pp.24-28，2002

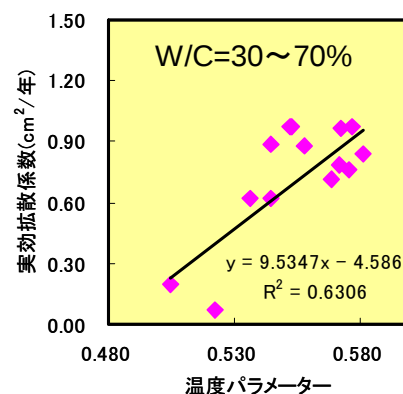


図-3 実効拡散係数と温度パラメーターの関係

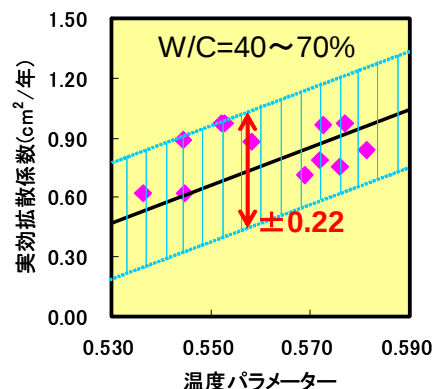


図-4 推定誤差範囲 ($W/C=40\sim70\%$)

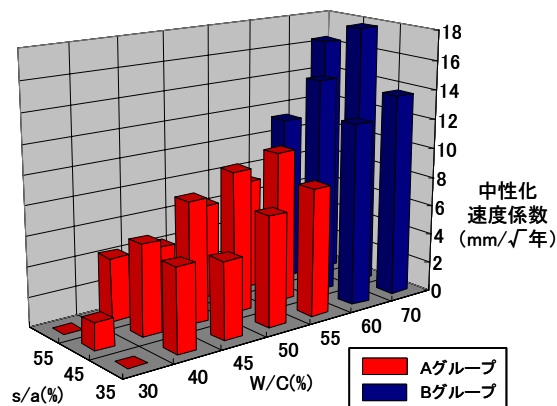


図-5 中性化速度係数と配合の関係

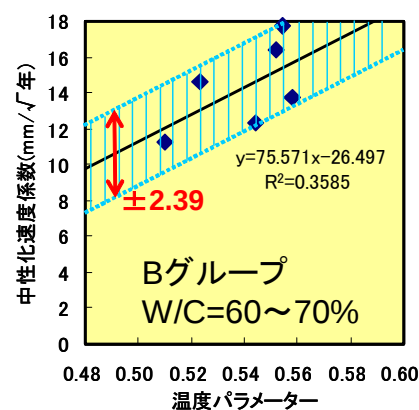
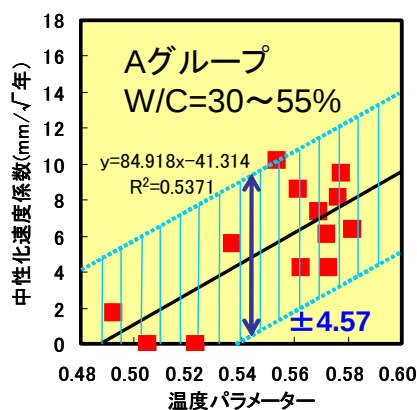


図-6 グループ分けをした場合の推定誤差範囲