

供試体温度がけい酸塩系表面含浸材を含浸させたモルタルの電気抵抗率に及ぼす影響

東北大学 学生会員 ○西谷 朋晃
 東北大学 正会員 皆川 浩, 久田 真
 (株)エバープロテクト 正会員 高島 達行

1. 研究の背景と目的

近年, 電気抵抗率を用いたけい酸塩系表面含浸材(以下, 含浸材と称す)の品質管理方法の検討が進められているが, 電気抵抗率の変化程度は, 含浸材の種類や電気抵抗率測定時の温度環境などによって異なる可能性があり, その変化要因を明確にする必要がある。

本研究では, 含浸材を含浸させた薄型のモルタル供試体の温度を変化させてその電気抵抗率を測定し, 測定時の母材温度が含浸材を含浸させたモルタルの電気抵抗率に及ぼす影響について基礎的検討を実施した。

2. 実験概要

2. 1 供試体の配合と作製方法

モルタルは $W/C=50\%$, $S/C=3.0$ の配合とし, 使用結合材は研究用普通ポルトランドセメント(密度: 3.16 g/cm^3 , 比表面積: $3310\text{ cm}^2/\text{g}$), 細骨材に JIS R 5201 に規定されるセメント強さ試験用標準砂(密度: 2.64 g/cm^3 , 吸水率: 0.42%)を使用した。含浸材は Li+K 系(A type), Li+K 系(B type), Li+Na 系, Na+K 系の 4 種類を使用した。なお, A type の方が Li の比率が大きい配合である。供試体寸法は $10\times 40\times 80\text{ mm}$ で, 木製型枠に JIS R 5201 に準拠して練り混ぜたモルタルを打設することで作製した。

2. 2 養生および含浸材塗布方法

養生は JSCE K 571 に準拠し, 打設後, 24 時間静置した後に脱型し, $20\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ の水中で 6 日間養生した。その後, 温度 $23\text{ }^\circ\text{C}$, 相対湿度 50% の恒温恒湿槽で 28 日間養生し, 試験用基板とした。試験用基板に均一に含浸材を含浸させるため, 試験用基板を含浸材中に浸せきさせた後に 24 時間脱気処理を施し, 強制的に各種含浸材をモルタル内部に含浸させることで供試体を作製した。なお, 原状供試体として, 含浸材の代わりに純水を試験用基板に含浸させたて作製した供試体も用意した。含浸後は, 曝露環境として温度を $23\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$, 湿度を $\text{R.H.}90\% \pm 5\%$ とした恒温恒湿槽に供試体を静置し,

塗布材齢が 56 日に達した時点で各種測定を実施した。

2. 3 測定項目

所定の塗布材齢に達した供試体を用いて, 四電極法による断面修復材の体積抵抗率測定方法(案)(JSCE-K 562-2010)により供試体の電気抵抗率を測定した。また, 供試体温度は $5, 10, 20, 30, 40\text{ }^\circ\text{C}$ の 5 水準とし, 各温度に設定した恒温恒湿槽内に約 24 時間供試体を設置することで供試体温度を調整した後に測定を行った。なお, 湿度は常に $\text{R.H.}90\%$ 以上とした。

3. 実験結果および考察

3. 1 供試体温度が電気抵抗率に及ぼす影響

図-1 に電気抵抗率と供試体温度の関係を示す。含浸材の有無に関わらず, 電気抵抗率と供試体温度には反比例の関係が見られ, 温度が低いほど電気抵抗率は大きく, 温度が高いほど電気抵抗率は小さくなる。これは, 温度が高くなると電流の移動媒体であるイオンの活量が増加して電流が流れ易くなったためと考えられ, 含浸材を含浸させたモルタルにおいても電気抵抗率は測定時の供試体温度により変化すると考えられる。

3. 2 アレニウス則による電気抵抗率の温度依存性の評価

図-1 より, 温度毎の電気抵抗率の変化は, 含浸材を含浸させたモルタルの細孔溶液の電気伝導率の温度依存性に起因すると考えられる。電気伝導率(σ , [$1/\Omega\text{ m}$])は電流の流れ易さを表す指標であり, 電気抵抗率(ρ , [$\Omega\text{ m}$])の逆数で表される。このため, 本研究ではアレニウス則を参考にして, $\log(1/\rho)$ と絶対温度(T , [K])の逆数の関係について考察を行う。図-2 に示すように, 電気伝導率を見かけの反応速度としてアレニウスプロットを行った結果, 含浸材の種類に関わらず高い相関性を示しており, 含浸材を含浸させたモルタルの電気抵抗率は見かけ上アレニウス則に従うことが分かる。

さらに, 含浸材の有無および種類の違いによる電気抵抗率の温度依存性を明らかにするために, 供試体毎

キーワード けい酸塩系表面含浸材, 電気抵抗率, 四電極法, 温度, アレニウス則

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院土木工学専攻 TEL 022-795-7430

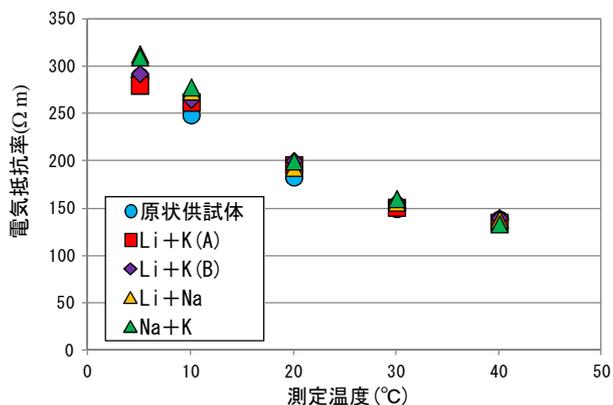


図-1 電気抵抗率と供試体温度

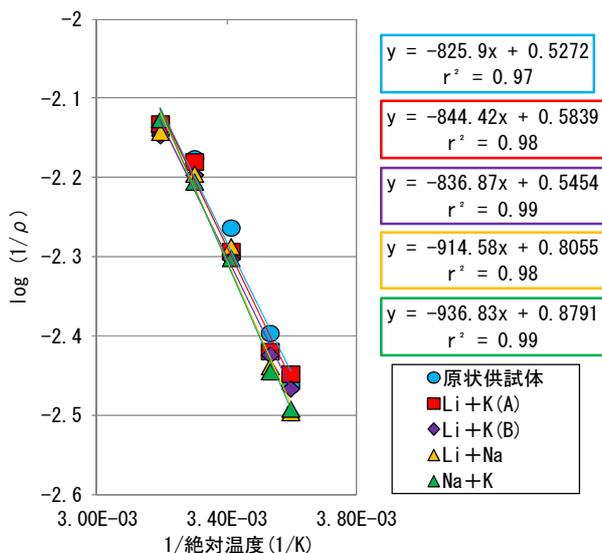


図-2 アレニウスプロット

表-4.1 見かけの活性化エネルギー

	アレニウスプロットの傾き	見かけの活性化エネルギー (kcal/mol)
原状供試体	-825.9	3.78
Li+K(A)	-844.42	3.87
Li+K(B)	-836.87	3.83
Li+Na	-914.58	4.19
Na+K	-936.83	4.29

に見かけの活性化エネルギーを算出する。見かけの活性化エネルギーは式(1)に示すように、アレニウスプロットの傾きから算出される。

$$\Delta E = -\frac{R}{\log e} \cdot A \quad (1)$$

ここに、 ΔE : 見かけの活性化エネルギー, R : 気体定数, A : アレニウスプロットの傾き

表-4.1に、アレニウスプロットから算出した見かけの活性化エネルギーを示す。これによると、原状供試

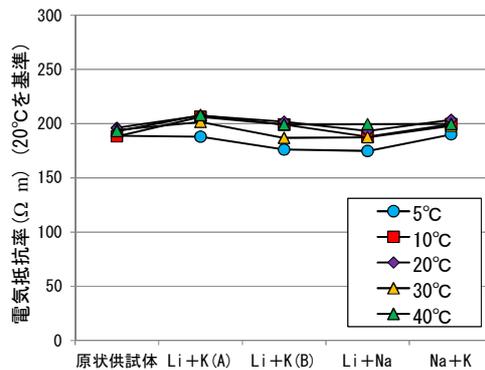


図-3 温度補正後の電気抵抗率

体と比較して含浸材を塗布した供試体の活性化エネルギーは増加しているものの、その増加量は最大で0.5kcal/mol程度であり、拡散係数などの活性化エネルギーの変動と比較して有意な差があるとは認めがたく、含浸材の有無および種類に関わらず見かけの活性化エネルギーの値はほぼ一定であると考えられる。このことから、モルタルの電気抵抗率の温度作用の感受性は含浸材の有無および種類に強くは依存しないと考えられる。また、既往の文献¹⁾を参考として供試体温度と20℃を基準とした電気伝導率の比で測定結果を整理し、各温度での測定結果を20℃の値に換算した結果を図-3に示す。これより、電気抵抗率の変動値は±10%程度の範囲にあるため、電気抵抗率の測定誤差を考慮すると、温度変化に関する補正值に及ぼす含浸材の種類の影響は小さいものと考えられる。ただし、供試体温度が低くなるにつれて電気抵抗率の変動が大きくなる傾向を示しているため、低温環境下において電気抵抗率を用いた含浸材の品質管理を行う際には注意が必要である可能性がある。

4. 結論

- 1) 含浸材を含浸させたモルタルの電気抵抗率は、電気抵抗率測定時の供試体温度により変化し、その変化傾向は見かけ上アレニウス則に従う。
- 2) 見かけの活性化エネルギーが含浸材の有無および種類によらずほぼ一定であることから、モルタルの電気抵抗率の温度への感受性は含浸材の有無および種類に強くは依存しない。

参考文献

1) 佐藤道生ら: 比抵抗に着目したコンクリートの長期耐久性モニタリング, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.785-790, 2011.7