

(V-19) 確率的手法に基づいた表面塗装による RC 部材の耐久性評価

早稲田大学理工学部 学生会員 酒井 通孝
早稲田大学大学院 学生会員 伊庭 孝充
早稲田大学理工学部 正会員 関 博

1. はじめに

コンクリートはメンテナンスフリーであると考えられてきたが、塩害、中性化、アルカリ骨材反応等によって劣化することがわかってきた。コンクリート構造物を維持していくためには補修により、延命措置をとる必要性に迫られることが多い。補修工法としては断面修復、表面塗装、電気防食等があるが、本研究では表面塗装に注目した。また、補修を行うにあたって、効率的な補修するためには劣化予測をする必要がある。本研究では、塗膜表面上の塩化物イオンが RC 部材の鉄筋位置で限界塩化物イオン量を超過するとき腐食(劣化)と仮定し、確率的手法を用いて表面塗装を施した RC 部材の耐久性評価を行った。なお、今回は塗膜の劣化および剥離等は考えていない。

2. 信頼性を考慮した劣化モデル

塗膜表面上の塩化物イオンが塗膜中を拡散し、コンクリート表面に到達し再びコンクリート中へと拡散するモデルを検討した。塩化物イオンの拡散は Fick の第 2 法則を用い、式(1)で求められた鉄筋近傍での塩化物イオン量が限界塩化物イオン量を超える割合が有意水準を超過した時点鉄筋が腐食すると仮定した。図 1 に上述のモデルの解析手順を示す。

$$C(x,t)=C_0\left\{1-erf\left(\frac{x}{2\sqrt{D\cdot t}}\right)\right\}$$
 (1)

ここで、C₀:表面塩化物イオン量[kg/m³]、x:表面からの距離[cm]、D:見掛けの拡散係数[cm²/sec]、t:時間

今回のモデルでは表面塗装の厚さとコンクリートの拡散係数とかぶりにばらつきを持たせた。表面塗装の拡散係数は塗料が工場製品であることを考慮して、一定であると仮定した。モデルに用いたパラメーターを表 1 に示す。塗装の拡散係数は文献(1)よりコンクリートの拡散係数に 10⁻⁴ を乗じたものを使用した。また、塗膜の厚さは施工誤差等を含めるため変動係数を設定し、ばらつきを持たせた。

発錆限界値は既往の研究では 1.2~2.4[kg/m³]の範囲であることが指摘されている。本研究では文献(2)より 1.88[kg/m³]を発錆限界値として、これを限界塩化物イオン量として設定した。

3. 解析結果

3.1 解析概要

表 1 に解析条件を示す。拡散係数、かぶりの施工誤差等に関しては、既往のデータを参考として、その文献より値およ

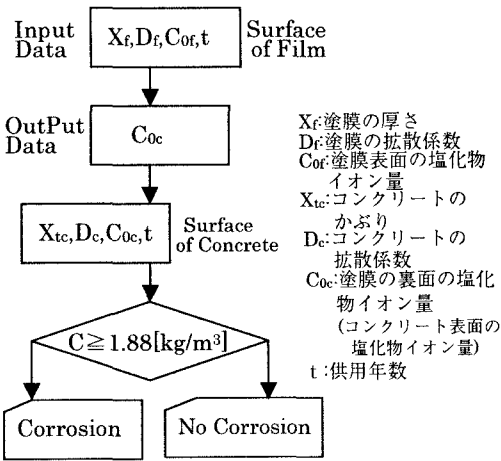


図 1 モデルの解析手順

表 1 解析条件

		数値
表面塩化物イオン量		8.8[kg/m ³]
コンクリートかぶり		5[cm]
コンクリートの*	平均値	0.35[cm]
	標準偏差	0.52[cm]
コンクリートの*	平均値	5.12×10 ⁻⁸ [cm ² /sec]
	標準偏差	4.45×10 ⁻⁸ [cm ² /sec]

* 対数正規分布に従う

キーワード：塩害、確率論、Fick の法則、拡散係数、表面塗装

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早大理工 51-16-09 TEL03-5286-3407 Fax03-3208-8749

び分布形状を設定した。以上の条件より、腐食割合を各々の条件のもとで1年毎に追跡した。なお、計算方法はモンテカルロ法を用い、計算結果を10000個発生させている。

3.2 塗膜厚さと腐食開始時間の関係

塗膜厚さの変動係数を1.00として塗膜の厚さ0.05～0.15 cmの間で変化させ腐食開始時間を求めた。ただし、有意水準を設定し、それを下回る場合は腐食開始とみなさない。本研究では以降、有意水準を5%に設定した。図2より塗膜厚さと腐食開始時間の間には線形性が見られることがわかる。ここで、腐食開始時間を塗膜の限界の供用年数とみなすと、要求される塗膜の限界の供用年数に対する塗膜厚さが求まる。一方、塗膜厚さから塗膜の限界の供用年数がわかるので、補修期間等が大まかに予測できる。

3.3 限界塩化物イオン量と腐食開始時間の関係

3.2と同様に塗膜厚さの変動係数を1.00として限界塩化物イオン量を1.2～2.4[kg/m³]の間で変化させ腐食開始時間を求めた。図3より限界塩化物イオン量と腐食開始時間の間には線形性が見られることがわかる。ここで、構造物の重要性が高いものは有意水準を小さめにとり、重要性が低いものには大きめにとると仮定すると、重要度によって塗膜の限界の供用年数が予測される。これより図2から塗膜の施工時に要求される厚さを求めることができる。

3.4 塗膜の拡散係数・変動係数と腐食開始時間の関係

塗膜厚さの変動係数を0.50,1.00,1.50,2.00の4つで計算し、各々の塗膜の見掛けの拡散係数のときの腐食開始時間を求めた。図4,5より拡散係数大きいときは腐食開始時間が短く、小さいと長くなることがわかる。また、拡散係数大きいときは塗膜の厚さのばらつきの大小が影響してこないが、小さいと大幅に影響してくることがわかる。これより、塗膜の品質がよくなると、塗膜の限界の供用年数が向上することがわかる。また、塗膜厚さのばらつきを施工上の誤差と仮定すると、塗膜の品質が良い場合には施工上の誤差が非常に塗膜の限界の供用年数に影響してくることがわかる。

4. まとめ

- (1) 塗膜厚さと腐食開始時間の間には線形性が見られる。これにより、塗膜の限界の供用年数に対する厚さが求められる。
- (2) 限界塩化物イオン量と腐食開始時間の間には線形性が見られる。これにより、有意水準をパラメータにとることにより、構造物の重要度から塗膜厚さが求められる。
- (3) 塗膜の品質がよくなると塗膜の限界の耐用年数が向上する。また、施工誤差の影響が塗膜の供用年数に大幅に影響してくる。

【参考文献】

- 1) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の補修工法研究委員会報告書(I),1992.10
- 2) (財)東京港埠頭公社：大井埠頭橋劣化調査・補修マニュアル(案)一,1994.3

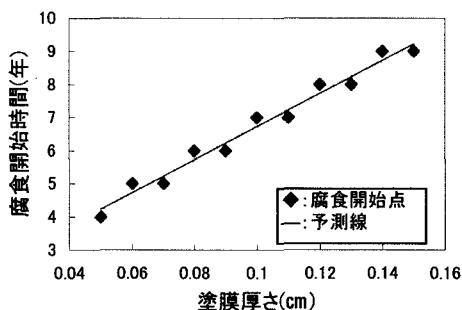


図2 塗膜厚さと腐食開始時間

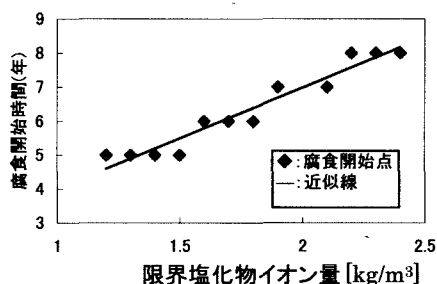


図3 限界塩化物イオン量と腐食開始時間

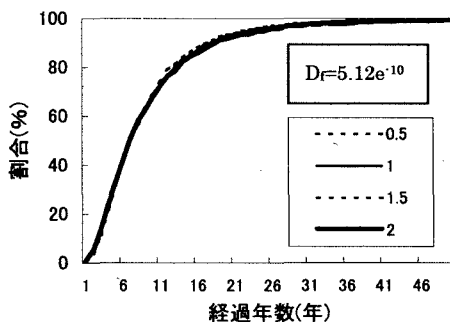


図4 経過年数と腐食割合(1)

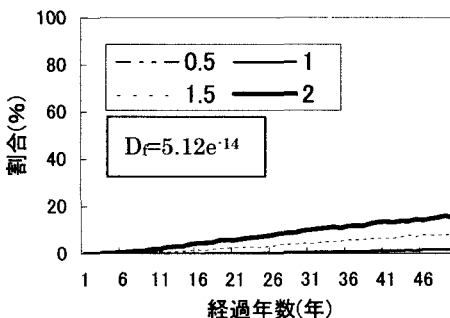


図5 経過年数と腐食割合(2)