

マルコフ連鎖モデルに基づく外装材の劣化シミュレーション

その3. 仕上塗材の耐用年数予測手法

正会員 ○井上 照郷*¹ 同 今本 啓一*²
同 本橋 健司*³ 同 兼松 学*⁴
同 榆木 堯*⁵ 同 清原 千鶴*⁶

仕上塗材 目視調査 マルコフ連鎖
劣化シミュレーション 耐用年数予測手法

1. 研究目的

建築物の適切な点検・改修や長寿命化に関する保全技術は、ライフサイクルコスト低減のための有効な方法として位置づけられる。しかしながら外装仕上材の劣化には、施工、環境、材料特性その他の複合的な因子が含まれているため、要因ごとの劣化メカニズムを積み上げて全体を予測することは容易ではない。そこで本研究では、前報¹⁾²⁾に引き続き RC 造集合住宅外壁の目視調査を実施し、確率論モデルのひとつであるマルコフ連鎖モデルを用いた劣化シミュレーションに基づき、仕上塗材の耐用年数予測手法について検討した。

2. 調査概要

表1に示すつくば市内のRC造集合住宅4棟を対象として、塗り替え後2年～15年経過した外壁の仕上塗材について劣化状態を目視により調査した。

表1 調査対象

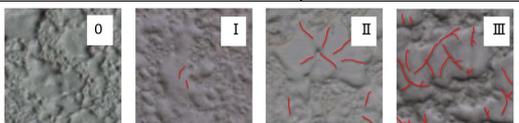
対象建物	改修年度	経過年数	仕上塗材の種類
A棟	平成9年	15年	複層塗材 E (マスチック A)
B棟	平成13年	11年	
C棟	平成20年	4年	
D棟	平成22年	2年	

調査方法および調査項目は前報と同様であるが、概要を以下に示す。

- ①変退色：色差計により、最も劣化が小さいと思われる測定点をイニシャルとして、色差を測定した。
- ②ひび割れ：表2により劣化度を評価した。

表2 ひび割れ劣化度規準

0：ひび割れが目視できない	I：1, 2本のひび割れが存在
II：単線のひび割れが分布	III：網目状のひび割れが分布



- ③白亜化：JIS K 5600-8-6 (塗膜一般試験方法—第8部：塗膜劣化の評価—第6節：白亜化の等級) に準じて白亜化度を評価した。

④調査箇所：4棟の南北面で雨がかりがある部分については、C棟のひび割れを除き全ての劣化現象を調査した。また、一部の建物については方位や雨がかりの影響を確認するために東西面および雨がかりがない部分も調査した。

3. 調査結果

データ数が最も多かった北面について、雨がかりがある部分での色差の程度とその割合を図1に示す。

また、全方位において雨がかりがある部分でのひび割れおよび白亜化の程度とその割合を図2ならびに図3に示す。

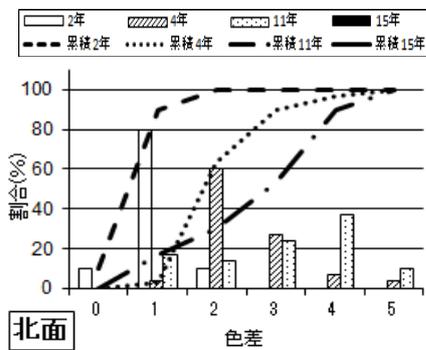


図1 色差

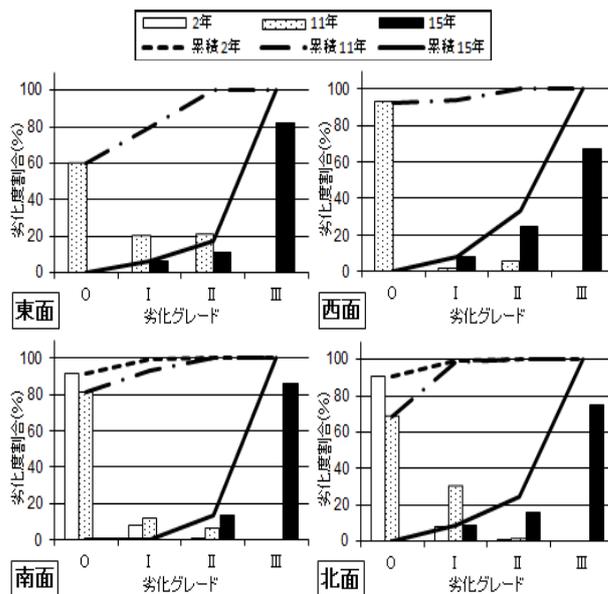


図2 ひび割れ

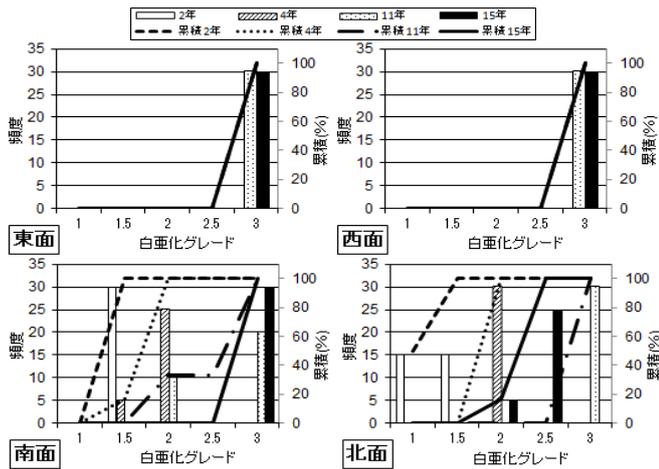


図3 白亜化

4. マルコフ連鎖による劣化シミュレーション

4.1 マルコフ連鎖を用いた劣化進行モデル

マルコフ連鎖モデルにおいて、単位時間内のある劣化度は図4のようにある遷移確率 x で次の劣化度に移行し、移行しない残り $(1-x)$ は同じ劣化度に留まると仮定される。これがすべての劣化度で同時に起こり、最終的には劣化度Ⅲに収束する。 t を使用年数(築年数、経年数)、 $0 \sim Ⅲ$ を t 年後の劣化度分布、 x_0, x_1, x_2 をそれぞれの遷移確率とすると、劣化進行は図5の行列式で表される。ここで遷移確率を設定することで確率モデルによる劣化予測が可能となる。

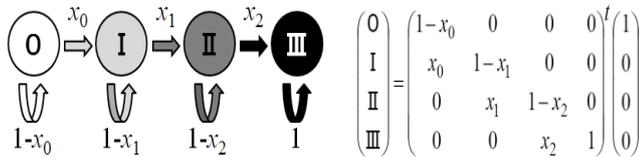


図4 劣化進行概念

図5 劣化進行行列式

4.2 劣化予測シミュレーション

北面雨がかり部の変退色、ひび割れおよび白亜化について、劣化シミュレーションを行った結果を図6～図8に示す。

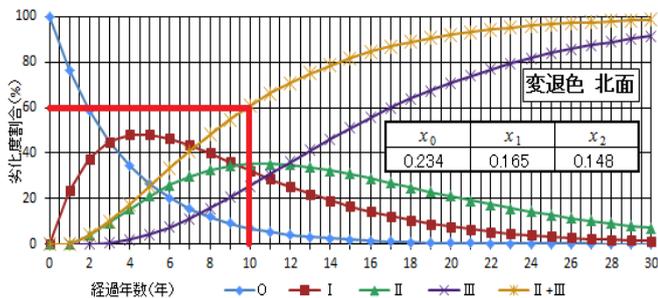


図6 変退色の劣化予測シミュレーション

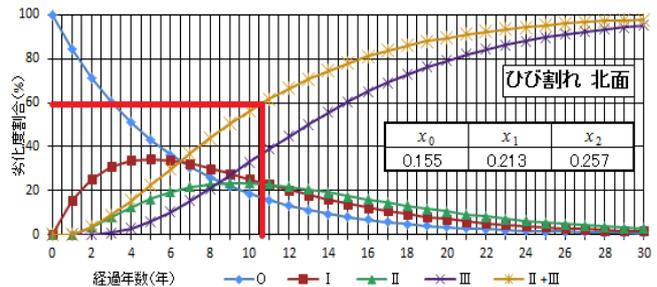


図7 ひび割れの劣化予測シミュレーション

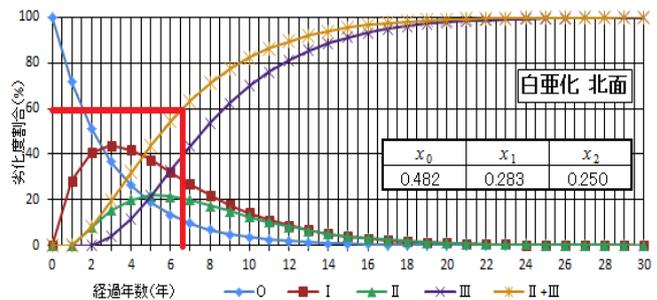


図8 白亜化の劣化予測シミュレーション

耐用年数予測のひとつの目安として、前報同様に劣化度Ⅱ+Ⅲの割合が60%に達する時点を目安と仮定すると、北面の雨がかり部において、変退色については10年、ひび割れは11年、白亜化は6～7年という結果が得られた。また、これらの耐用年数を基準として、全てのシミュレーションで得られた耐用年数を雨がかりの有無および方位ごとに比率で表した結果を表3に示す。

表3 雨がかりの有無および方位ごとの比率

	雨がかり有				雨がかり無			
	東	西	南	北	東	西	南	北
変退色	-	0.9	2.5	1.0	-	-	-	0.4
ひび割れ	1.1	1.6	1.3	1.0	0.4	-	0.4	0.4
白亜化	2.4	2.4	1.0	1.0	0.7	-	1.3	0.2

4.3 まとめ

仕上材の耐用年数予測手法としてマルコフ連鎖モデルによる劣化シミュレーションを活用できると考えられるが、表3の結果については明確な傾向が認められたとは言えず、環境因子を勘案するには、データの蓄積や劣化外力との係りなどを考慮する必要があると思われる。

参考文献

- 1) 井上照郷他：マルコフ連鎖モデルに基づく外装材の劣化シミュレーション—その1. 調査結果と概要，日本建築学会学術講演梗概集，2012
- 2) 林瑞紀他：マルコフ連鎖モデルに基づく外装材の劣化シミュレーション—その2. マルコフ連鎖モデルによるシミュレーション，日本建築学会学術講演梗概集，2012

*1 日本建築仕上材工業会

*2 東京理科大学工学部建築学科 准教授

*3 芝浦工業大学工学部建築工学科 教授

*4 東京理科大学工学部建築学科 准教授

*5 ベターリビングつくば建築試験研究センター

*6 東京理科大学工学部建築学科 補手

*1 Japan Building Coating Materials Association

*2 Assoc. Prof., Dept. of Arch., Fac. of Tech., Tokyo University of Science, Dr. Eng.

*3 Dept. of Arch. and Building Engineering, the College of Eng., Shibaura Inst. of Tech, Dr. Eng. and Dr. Agr.

*4 Assoc. Prof., Dept. of Arch., Fac. of Sci. and Tech., Tokyo University of Science, Ph.D.

*5 Center for Better Living, Tsukuba Building Research & Testing Laboratory, Dr. Eng.

*6 Assistant, Dept. of Arch., Fac. of Tech., Tokyo University of Science, Dr. Eng.