

鉄筋コンクリート造建築物の保全支援システムの開発と試行調査

正会員 ○鈴木 邦康*¹
同 森久保良希*²
同 十河 哲也*³
同 片山 大輔*³
同 濱 幸雄*⁴

1. 材料施工-13. 改修・維持保全

鉄筋コンクリート造, 維持管理, 劣化調査, 診断, 補修

1. はじめに

既存建築物を適切に維持管理するためには, 劣化状況および劣化原因を把握するための調査・診断と回復目標に応じた補修・改修工法を選定できるシステムを確立することが必要である。また, 簡便な目視調査結果に基づいて, 最適な補修・改修工法を選定できるシステムが構築されれば, 専門的な知識のないマンションや公共施設などの施設管理者にとって補修・改修計画を立案する第一段階において非常に有用である。

上記のような視点に立ち, 著者らは既存建築物を対象とした補修・改修工法選定エキスパートシステムの提案^{1), 2)}を行った。これに引き続き, このシステムをコンピュータソフト化することで, 管理者の点検から技術者の調査, 診断(劣化原因推定)及び補修・改修工法選定まで一連のシステム(以下, 建築保全支援システム)として機能させることを目的に開発を行っている。本報では, 開発中の建築保全支援システムの概要を示す。また, 本システムの実用化を目指し調査方法や処理方法の有用性と課題を明らかにすることを目的として, システムの調査診断機能を用いた試行調査を行った。

2. 建築保全支援システムの概要

建築保全支援システムのフローを図1に示す。なお, 本システムは鉄筋コンクリート造建築物の躯体, 外装仕上げおよび屋上防水を対象としたものである。図1に示すように, まず施設管理者が外壁や屋上防水の劣化状況の調査を行い, その結

果を入力する。次に, 入力された調査結果に基づきベイズ理論³⁾を用いた劣化原因の推定とマルコ

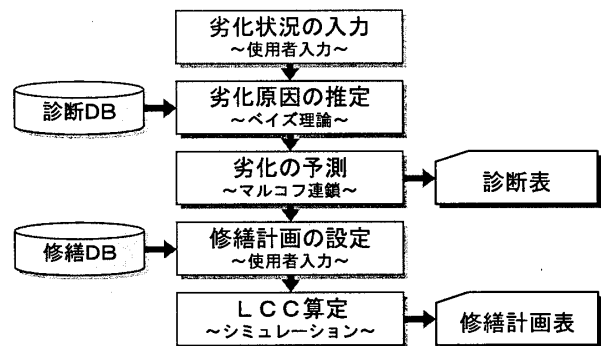


図1 建築保全支援システムのフロー

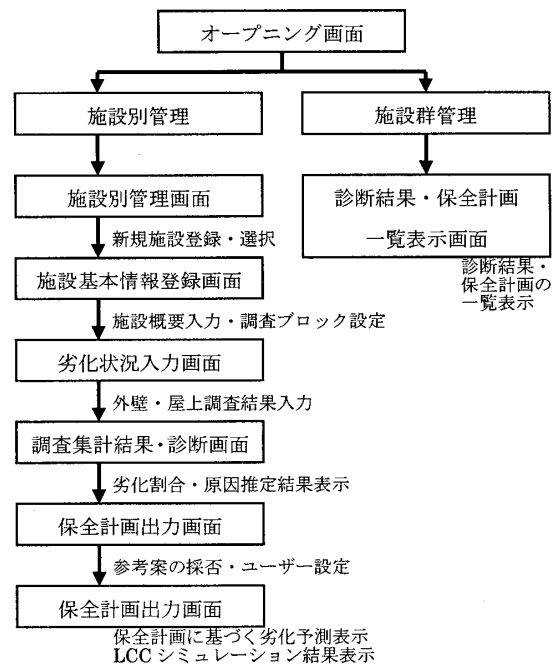


図2 建築保全支援システムの構成

フ連鎖⁴⁾による劣化進行予測を行う。劣化原因推定は、劣化症状とその劣化原因が明らかとなっている劣化事例データベースに基づき、ベイジ理論を用いて確率統計的に行う。この方法では、劣化症状に対する劣化原因の可能性を確率で表すことができる。マルコフ連鎖を用いた劣化進行予測は、劣化調査結果から調査時点での建築物の劣化割合を算出し、劣化の進行速度を表す遷移確率を求める。この遷移確率をマルコフ連鎖にあてはめて調査時点以降の劣化進行予測を行う。さらに、劣化進行予測に基づき、複数の補修シナリオについて建物供用期間中の補修にかかるLCCを算出し、これが最小となる最適な補修工法や補修時期を提示する。

以上のように、本システムは施設管理者が保全計画を作成する際の支援を行うものである。

3. 建築保全支援システムの構成

図2に本研究で開発している建築保全支援システムの構成を示す。本システムは、施設別管理と施設群管理から構成されている。以下では、施設別管理の劣化状況入力までについて示す。

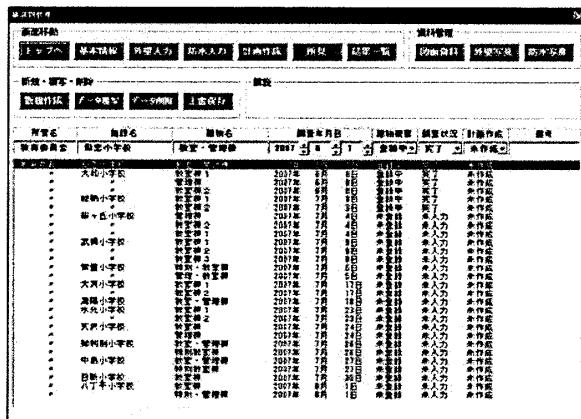


図3 施設別管理画面

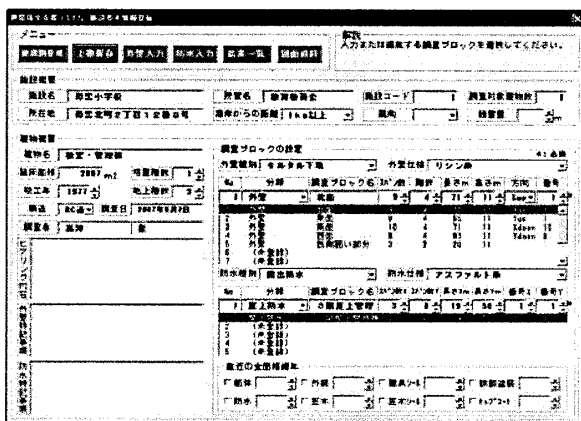


図4 施設基本情報画面

3.1 施設別管理及び基本情報登録

図3に示す施設別管理画面では、管理者が管理する複数の施設を登録し、施設の一覧を表示する。次に、この一覧表示の中から施設を選択し、図4に示す施設基本情報画面に移動して、建物概要の入力と調査ブロックの設定を行う。また、この画面で建物の層数およびスパン数を入力することで、調査結果入力を容易にするための簡易な立面図が自動作成される。

3.2 調査結果の入力と劣化状況の把握

本システムでの劣化調査は、前報²⁾に示したように、建物を棟別、方位別のブロックに分け、柱・梁・壁を調査単位として、外観目視により行う。劣化調査の結果は、調査単位ごとに表1に示す劣化症状の有無を記録し、図5に示す入力画面から入力する。入力方法は、調査単位を選択し、そこに見られた劣化症状を画面上部にある劣化に対応する記号をクリックして行う。入力すると図6のように各調査単位に含まれる最も大きい劣化度により調査単位ごとに色分けして表示されるため、建物の劣化状況を視覚的に把握できることが特徴である。また、図には調査単位にみられた全ての劣化症状が表1の記号で記されるようになっている。表1は構造躯体、外装仕上げそれぞれについて劣化症状を数種類に分類し、あらかじめ劣化症

表1 外壁の劣化分類と劣化度

分類	記号	劣化症状	劣化度
a 躯体の劣化	a1	錆汁を伴うひび割れ・はく離	III
	a2	はく落・スケーリング・欠損（発錆鉄筋の露出）	III
	a3	鉄筋に沿うひび割れ・はく離	III
	a4	白華を伴うひび割れ・はく離	II
	a51	比較的大きな（幅0.4mm以上）ひび割れ	II
	a52	比較的小きな（幅0.2mm以上）ひび割れ	II
	a53	微細な（幅0.2mm未満）ひび割れ	I
	a6	はく落・スケーリング・欠損（発錆鉄筋なし）	0
	a7	豆板（ジャンカ）	0
	a8	ポップアウト	0
a0	その他（網目状ひび割れ等）	0	
b 躯体・外壁	b1	はく落・欠損（躯体の露出）	III
	b2	浮き	III
	b3	ひび割れ	II
	b4	摩耗（下地の露出）	III
	b5	はく離・はく落・欠損（下地の露出）	III
	b6	ひび割れ	III
	b7	ふくれ	II
	b8	表層のみの軽微なひび割れ・はく離・摩耗	II
	b9	白亜化（チョーキング）	I
	b10	局部的汚れ（鋼製付属物からの錆汚れを含む）	0
共通	b0	その他（変質等）	0
	s1	破断・ひび割れ（貫通している）	III
	s2	はく離	III
	s3	被着材破断	III
	s4	充填モルタルのひび割れ・浮き・はく落	III
	s5	ひび割れ（貫通していない）	II
	s6	しわ・変形・変質等	II
	s7	汚れの付着・周囲の汚れ・表面塗膜はく離	I
	s0	その他	0
	劣部材の劣化	c1	開口部材の錆・変形・脱落等
c2		水切部材の錆・変形・脱落等	0
c3		手摺部材の錆・変形・脱落等	0

状と劣化度を結びつけたものである。これによって劣化の重篤度合いを表す劣化度を容易に判断することができる。本システムでの劣化度の区分は、簡易さの点から劣化度0～Ⅲの4段階とした。劣化数量についても、調査単位ごとに劣化の有無を判定するため、これらを集計することにより容易に把握できる。

4. 実建物を対象とした試行調査

4.1 調査対象

室蘭市内の鉄筋コンクリート造の小・中学校31校の校舎を対象に劣化調査を行なった。

4.2 調査方法

劣化調査は、3.2に記した方法により行った。調査に要した時間は、調査建物の形状や劣化状況により異なるが、1校当たり半日程度であった。

4.3 調査結果

調査でみられた劣化状況の一例を写真1,2に示す。写真1は比較的大きなひび割れ(a51)、仕上げ材のはく離・はく落(b5)を、写真2は躯体の錆汁を伴うひび割れ・はく離(a1)を示したものである。今回の調査では、多くの建物で写真1のような仕上げ材のはく離・はく落が見られた。

表2に調査結果の一部として、調査建物のうちリシン吹付け仕上げによる建物の劣化状況を示す。表中の経過年数は、補修が行われていた建物については補修時点からの年数を表している。

本システムの調査診断機能では、劣化数量を劣

化度毎の劣化率で示すこととしている。ここでは、建物毎に柱、梁、壁の全調査単位に対する劣化度Ⅲ、劣化度Ⅱおよび劣化度Ⅰの調査単位毎の割合を求めた。表2より躯体コンクリート、仕上げ材とも経過年数が大きくなるに従い、劣化度Ⅲの割合も増加する傾向にある。

本システムは現在開発中であるが、上記のように調査診断機能のみの使用も可能である。

4.4 試行調査における問題点

(1) ひび割れの把握

本システムの調査診断機能を用いた調査(外観目視調査)の際に、劣化分類の躯体の劣化記号a51(比較的大きなひび割れ(幅 0.4mm 以上)), a52(比較的小きなひび割れ(幅 0.2mm 以上)), a53(微細なひび割れ(幅 0.2mm 未満))について、実際に手元で測れる距離にあるひび割れについてはクラックスケールを用いてひび割れ幅を測りチェックができる。しかし、2階、3階になると直接測ることはできず、写真による判断でチェックを行った。そのため、劣化症状(ひび割れ幅)の判断において曖昧な部分が生まれた可能性が考えられる。ただし、今回は劣化数量を数える際、上記で示したa51, a52はともに劣化度Ⅱとして計算しているため劣化割合の結果に影響はない。

(2) 補修経緯の把握

既に補修・改修が行われていた建物があったが、

調査管理	上書き保存	初期化	全画面表示	結果一覧	外観写真	特記事項				
調査単位の有無 <input type="radio"/> 有り <input checked="" type="radio"/> 無し(ボロア等)										
躯体コンクリート	<input type="checkbox"/> a1	<input type="checkbox"/> a2	<input type="checkbox"/> a3	<input type="checkbox"/> a4	<input type="checkbox"/> a5	<input type="checkbox"/> a6	<input type="checkbox"/> a7	<input type="checkbox"/> a8	<input type="checkbox"/> a9	<input type="checkbox"/> a10
外壁仕上げ	<input type="checkbox"/> b1	<input type="checkbox"/> b2	<input type="checkbox"/> b3	<input type="checkbox"/> b4	<input type="checkbox"/> b5	<input type="checkbox"/> b6	<input type="checkbox"/> b7	<input type="checkbox"/> b8	<input type="checkbox"/> b9	<input type="checkbox"/> b10
シーリング材	<input type="checkbox"/> c1	<input type="checkbox"/> c2	<input type="checkbox"/> c3	<input type="checkbox"/> c4	<input type="checkbox"/> c5	<input type="checkbox"/> c6	<input type="checkbox"/> c7	<input type="checkbox"/> c8	<input type="checkbox"/> c9	<input type="checkbox"/> c10
塗膜剥離	<input type="checkbox"/> d1	<input type="checkbox"/> d2	<input type="checkbox"/> d3	解説:4階の特記事項を記載できます。施設基本情報の外観用特記事項に対応しています。						

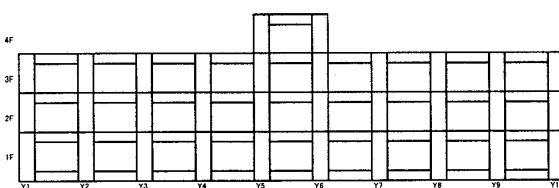


図5 劣化状況入力画面(入力前)

調査管理	上書き保存	初期化	全画面表示	結果一覧	外観写真	特記事項				
調査単位の有無 <input type="radio"/> 有り <input checked="" type="radio"/> 無し(ボロア等)										
躯体コンクリート	<input type="checkbox"/> a1	<input type="checkbox"/> a2	<input type="checkbox"/> a3	<input type="checkbox"/> a4	<input type="checkbox"/> a5	<input type="checkbox"/> a6	<input type="checkbox"/> a7	<input type="checkbox"/> a8	<input type="checkbox"/> a9	<input type="checkbox"/> a10
外壁仕上げ	<input type="checkbox"/> b1	<input type="checkbox"/> b2	<input type="checkbox"/> b3	<input type="checkbox"/> b4	<input type="checkbox"/> b5	<input type="checkbox"/> b6	<input type="checkbox"/> b7	<input type="checkbox"/> b8	<input type="checkbox"/> b9	<input type="checkbox"/> b10
シーリング材	<input type="checkbox"/> c1	<input type="checkbox"/> c2	<input type="checkbox"/> c3	<input type="checkbox"/> c4	<input type="checkbox"/> c5	<input type="checkbox"/> c6	<input type="checkbox"/> c7	<input type="checkbox"/> c8	<input type="checkbox"/> c9	<input type="checkbox"/> c10
塗膜剥離	<input type="checkbox"/> d1	<input type="checkbox"/> d2	<input type="checkbox"/> d3	解説:4階の特記事項を記載できます。施設基本情報の外観用特記事項に対応しています。						

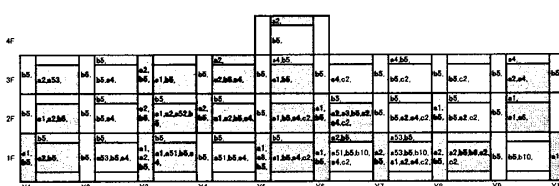


図6 劣化状況入力画面(入力後)



写真1 躯体のひび割れ・仕上げ材のはく離

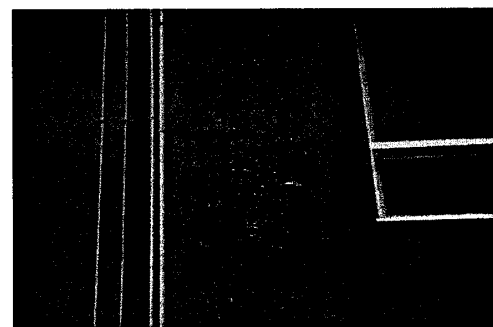


写真2 躯体の錆汁を伴うはく離

その中でいくつかは補修年度が不明なものがあり、正確な補修時期がわからなかった。保全履歴の把握と共に、保全履歴のシステムへの反映について検討する必要がある。

(3) 劣化数量の推定

本報で示した劣化数量の把握は、劣化現象が見られる調査単位数の全調査単位数に占める割合(劣化率)とした。しかし、この劣化率を本システムの保全計画作成処理にそのまま用いた場合、調査単位の面積が柱、梁と壁では大きく異なることから、補修対象数量の把握については検討が必要である。

5. まとめ

簡便な目視調査の結果をもとに、専門的な知識のない施設管理者などが保全計画を作成する際に有効な支援システムを目指し、開発を行っている建築保全支援システムの概要を示した。また、本

システムの調査方法や処理方法の有用性と課題を明らかにすることを目的として、室蘭市内の小中学校校舎を対象に劣化調査を行った。

その結果、劣化現象の把握など調査における問題点が明らかとなった。また、本システムの調査診断機能のみの使用も可能であり、建物の劣化状況を容易に把握することができる。

参考文献

- 1) 西山, 鈴木, 浜, 森久保: 既存建築物の補修・改修工法選定エキスパートシステムの開発, 日本建築学会北海道支部研究報告集 No.78, 2005.7.
- 2) 鈴木, 浜, 十河, 森久保, 西山: 既存建築物の補修・改修工法選定エキスパートシステムの構築, 日本建築学会北海道支部研究報告集 No.79, 2006.7.
- 3) 渡部洋: ベイズ統計学入門, 福村出版, 1999.
- 4) 牟禮健一, 濱田秀則, 横田弘, 山路徹: RC 栈橋上部工の塩害による劣化進行モデルの開発, コンクリート工学年次論文集, 第15巻, 第1号, 2004.

表2 調査結果

No.	調査施設		経過 年数	躯体コンクリート劣化率(%)				リシン吹付け仕上げ劣化率(%)		
	施設記号	建物名称		劣化度Ⅲ	劣化度Ⅱ	劣化度Ⅰ	その他	劣化度Ⅲ	劣化度Ⅱ	劣化度Ⅰ
1	P1	管理棟	6	0.0	0.0	1.0	0.0	3.5	0.0	3.5
2	P1	教室棟	6	5.5	4.7	0.4	0.0	4.7	0.0	5.5
3	P2	教室棟1	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	2.4	4.4
4	P2	教室棟2	7	0.0	0.5	1.0	0.5	2.4	0.0	2.4
5	P3	校舎棟	8	0.0	3.6	1.2	0.0	13.3	0.0	4.8
6	P4	教室棟	10	0.6	6.8	0.0	0.0	1.7	3.4	8.0
7	P4	特別教室棟	10	1.6	17.9	2.4	0.0	0.8	0.0	14.6
8	P5	教室棟	12	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
9	P5	管理棟	12	0.0	1.5	2.9	0.0	1.5	0.0	4.4
10	P5	特別棟	12	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	1.1
11	P6	教室棟	14	0.0	6.2	1.2	0.0	7.5	0.0	5.6
12	P6	管理棟	14	0.6	10.5	1.9	0.0	5.6	1.2	6.8
13	M1	管理棟	17	0.0	7.1	1.0	0.0	13.7	2.8	1.0
14	M1	教室棟	17	7.3	1.0	0.0	0.0	6.7	0.0	3.7
15	P7	校舎棟	25	0.0	15.9	0.0	0.0	15.2	0.0	5.3
16	P8	教室棟1	26	14.9	8.0	0.0	0.0	43.9	0.0	0.0
17	P8	管理棟	26	8.1	1.4	0.0	0.0	39.2	0.0	0.0
18	P8	教室棟2	26	7.9	2.3	6.7	0.0	40.7	0.0	0.0
19	P9	教室管理棟	27	9.0	10.9	0.0	0.3	24.6	0.0	6.5
20	P10	管理棟	27	2.2	3.2	0.0	0.0	7.0	7.6	5.9
21	P10	教室棟	27	3.5	3.0	0.4	0.0	5.2	0.9	4.7
22	M2	教室棟	29	3.6	2.6	0.0	0.0	10.4	3.1	1.1
23	M2	管理棟	29	4.2	9.4	2.4	0.0	13.7	0.0	3.3
24	M3	管理教室棟	30	5.9	4.6	2.3	0.0	21.5	0.0	0.0
25	M3	特別教室棟	30	3.8	0.3	1.0	0.0	28.8	1.0	1.4
26	M4	特別教室棟	30	8.0	1.0	0.0	1.0	7.4	2.5	0.0
27	P11		30	18.8	7.7	5.6	0.0	36.4	0.0	3.1
28	P12	教室管理棟	30	0.0	0.0	1.0	0.0	12.2	0.0	0.0
29	P12	特別管理棟	30	13.6	1.7	1.7	0.0	35.6	0.0	0.6
30	P13	校舎棟	31	5.9	1.4	0.0	0.0	20.0	1.1	1.4
31	P14	教室棟1	31	2.8	4.6	0.0	0.0	31.8	0.0	1.7
32	M5	教室棟	48	10.4	0.0	0.0	0.0	23.6	0.0	0.0
33	P14	教室棟2	49	16.5	4.7	0.0	0.0	65.4	0.0	7.1

*1 釧路工業高等専門学校准教授・博(工)

*2 日本データサービス(株)

*3 北海道立北方建築総合研究所

*4 室蘭工業大学准教授・博(工)

Assoc. Prof., Kushiro National College of Technology, Dr. Eng.

Nippon Data Service Co., Ltd.

Hokkaido Northern Regional Building Research Institute.

Assoc. Prof., Muroran Institute of Technology, Dr. Eng.