建築物の長期修繕計画システム およびLCC算定システムの開発

DEVELOPMENT ON LONG-TERM REPAIR PLANNING SYSTEM AND LIFE CYCLE COST ESTIMATION SYSTEM IN BUILDING

木本健二 —*1 齊藤富士雄 —*2
萩原幸男 —*3 関谷成人 —*4
山本耕三 —*5

Kenji KIMOTO —*1 Fujio SAITO —*2
Yukio HAGIWARA —*3 Narihito SEKIYA —*4
Kozo YAMAMOTO —*5

キーワード：
長期修繕計画, LCC, コンピュータ支援, 修繕更新費, 運用費, 保全費

Keywords:
Long-term repair plan, Life cycle cost, Computer-aided, Repairing cost,
Operating cost, Maintaining cost

Long-term Repair Planning System and Life Cycle Cost Estimation System were developed by the collaboration of general contractors to support the building owner and/or the facility manager in the viewpoint of the reduction of Life Cycle Cost (LCC) of building. The systems are computer-aided systems with Graphical User Interface, and support the six kinds of building use such as apartment, office, hotel, hospital, volume retail shop, and factory. They can output the table and graphs of Repairing cost and LCC. Authors tried them and report the analysis of LCC for apartment and office buildings. LCC has features each building use and is correlated to the size of building in building use.

1. はじめに

建物の長寿命化や省エネルギー化への需要に伴って長期的な経済性に基づいた建物の企画・設計、運営管理が求められており、長期修繕計画の立案とLCCの算定が重要になってきた。しかしながら合理的な算定のための手順や根拠、それらに基づいた効率的な算定システムは十分に整備されていないのが実態である。本報では開発した「長期修繕計画システム」と「LCC (Life Cycle Cost) 算定システム」の概要について報告する。まず開発システムの特徴とデータの収集、システムの展開について、そして開発システムの算定フロー、開発システムの試行と事例分析について述べる。

2. システムの概要

長期修繕計画システムは建物運用開始時に、修繕計画として設定期間内の修繕および更新の内容、時期、費用を算定するものである。LCC算定システムは企画および基本設計段階で、建設費のほか運用費や保全費を含めた建物の供用期間にかかる総費用(LCC)を算定するものである。

2.1 コンピュータ支援システムの特徴

両システムともに、算定過程では数値演算処理機能を、出力段階では集計表ならびにグラフ表示機能を必要とする。これらの機能条件を勘案して、本開発では汎用の表計算ソフトウェアを援用してシステム構築を行った。

システムは長期修繕計画システムおよびLCC算定システムともに、①建物概要や項目選択を行うデータ入力シート群、②集計表やグラフ表示を行う出力シート群、③算定に必要なデータを保存するデータベースシート群に区分される。特に入力シートは解りやすいGUI

(Graphical User Interface) を実現し、効率的な入力を支援している。

図1はLCC算定システムにおける建物概要の入力画面例、図2は同システムの建築部位・部材項目の選択画面例である。

両システムともに、参考文献4)を基として、部位・部材項目ごとに修繕更新費に関する複合単価、修繕および更新周期、各種変換計数などをデータベースとして整理している。既往のシステムでは事務所ビルのみを対象としているもの(参考文献3)~4)参照)が多いが、本システムでは事務所ビル以外に集合住宅、ホテル、病院、量販店、倉庫の6用途に対応できるようデータを揃えている。またリニューアル工事時の計画や計画の修正にも対応できるように、一般に「かぶせ施工」といわれる既存部位や部材を撤去せずに被覆する構法データも整備している。建築と設備で全529項目である。

本システムはゼネコンの共同開発である。共同開発の長所として豊富なデータおよび事例の収集があげられる。長期修繕計画やLCC算定においては、顧客や建物管理者に対して独自の計画内容を示すことと同時に、算定結果の妥当性を示すことも重要であり、共同開発による意義は大きい。また自主開発でシステムを構築しており、機能追加や操作性の向上などのシステム改善は容易である。なお本開発ではシステムの試行と算定精度分析を継続的に行っている。

共同開発ではシステムの標準型の開発に留め、各企業は標準型の仕様を独自のデータやデザイン、仕様へ設定を変更する手順を採用した。また同じ企業内でも寒冷地域や酷暑地域に関する仕様項目の追加や標準単価の設定など、地域によってもシステムの仕様を変更することも可能である。組織や地域特性への柔軟な対応が可能なシステムである。

*1 ㈱鴻池組技術研究所建築技術研究部門 主任研究員
(〒305-0003 茨城県つくば市桜1-20-1)
*2 青木あすなろ建設㈱技術本部企画エンジニアリング部 課長
*3 ㈱浅沼組技術研究所東京分室 室長
*4 西部建設㈱業務推進室業務推進部 課員
*5 東洋建設㈱総合技術研究所建築環境研究室 主任研究員

*1 Chief Research Engineer, Konoike Construction, Research Inst. of Tech.

*2 Manager, Asunaro Aoki Construction, Technology Division

*3 Head Manager, Asanuma Corporation, Technical Research Institute

*4 Engineer, Seibu Construction

*5 Chief Researcher, Toyo Construction, Technical Research Institute

2.2 長期修繕計画のフロー

長期修繕計画は、建物の運用開始時に予防保全の要点を明示し、対象建物の具体的な部位や部材、機器ごとの修繕と更新の内容、発生時期、発生費用を予測し、示すものである。長期修繕計画の基本フローは以下の通りである。

(1) 建物概要ならびに計画開始年や計画年数、価格変動と金利の設定など、計画のための基本条件を設定する。価格変動に関しては参照文献4)の価格データを基に、修繕・更新の対象である部位・部材ごとに過去20年間の価格変動を一次回帰分析し、将来の変動率を予測している。金利はユーザが自由に設定可能である。

(2) システムには、参照文献4)のデータを基に、修繕・更新が想定される部位・部材項目ごとに標準建設費単価や修繕周期、修繕率、修繕・更新単価係数の情報をデータベースとして整備している。ユーザはデータベースの中から該当する修繕・更新部位もしくは部材を選択し、実施工数量を入力する。標準建設費単価が実情に合致しない場合は、採用単価を設定できる。また修繕・更新対象の部位・部材がデータベースに存在しない場合は、ユーザが自由に項目を追加できる。データベースから類似項目を選択し、その内容を参照しながら新規項目を追加することも可能である。

(3) 本システムでは修繕・更新は一定の周期で発生するものとしている。部位・部材ごとに、修繕および更新の周期に基づいて修繕・更新タイムテーブルが表示される(図3参照)。修繕・更新周期が対象プロジェクトに合致しない場合は、ユーザが自由に変更できる。

(4) 計画期間に発生する修繕更新費が自動的に集計される。既往研究(たとえば参照文献4))と同様、建設費単価に修繕単価係数を乗じて修繕時の複合単価へ換算する。新築時の施工数量に修繕率を乗じて修繕時の施工数量へ換算する。両者を乗じて修繕費とする。建設費単価に更新単価係数を乗じて更新時の複合単価へ換算する。その結果に新築時の施工数量を乗じて更新費とする。

修繕更新費の算定結果に基づいてグラフが表示される。部位・部材ごとの修繕と更新内容を記したタイムテーブル(図3参照)とともに、大分類:建築外部、建築内部、外構、電気設備、空調設備、衛生設備、搬送設備の7区分で毎年の支出を棒グラフ、累計費用を折れ線グラフで表示する(図4参照)。さらに、より詳細な中分類集計も表示可能である。

(5) 長期修繕計画を実施するための組織表や委託業者一覧を挿入可能であり、建物利用の手引書ともなる。

2.3 LCC算定のフロー

LCC算定は、企画もしくは設計段階において、建物規模や構造、建築および設備に関する基本仕様に基づいて、建物全体のLCCを予測し、示すものである。本システムでは、最大3つまで計画案を設定し、算定結果を比較することができる(図1参照)。

本システムにおけるLCC算定の費目は企画設計費、建設費、修繕更新費、運用費、保全費、廃棄処分費の6費目である。但し算定に際しては、建設費は躯体費と建築仕上費、設備費に分け、修繕更新費は建築修繕更新費と設備修繕更新費に分けている。LCC算定の基本フローは以下の通りである。

(1) 最大3つまでの計画案に対して建物概要や計画開始年、計画年数、価格変動と金利の設定などの基本条件を設定する(図1参照)。

(2) 躯体費の算定:内訳は仮設工事費と土工地業費、純躯体費である。いずれも各工事単価に延床面積を乗じて算定する。各単価はRC造、SRC造、S造の3構造種別かつ6用途別に、本開発の参加ゼネコンでの実績ならびに参照文献2)に基づいて設定されている。

(3) 建築仕上費と建築修繕更新費の算定:ユーザは計画案毎に建築部位・部材を選択し、採用比率を入力する(図2参照)。数量は部位・部材ごとに建築面積や延床面積を用いて採用比率に基づいて概算される。建築仕上費は項目毎に単価に概算数量を乗じ、集計する。修繕更新費は長期修繕計画システムにおける算定方式と同様である。

建物概要	基本設計案	代替A案
計画案名称	基本設計案	代替A案
計画開始年	50年	50年
計画年数	50年	50年
基礎	776 m ²	776 m ²
構造	312 m ²	312 m ²
延床面積	3,120 m ²	3,120 m ²
地下部の躯体費	1,000 m ²	1,000 m ²
土壌費の躯体費	930 m ²	930 m ²
外装見付費	1,567 m ²	1,567 m ²
外装開口躯体費	20.0 %	20.0 %
外装躯体費躯体費率	0 m ²	0 m ²
建築面積比率	1.0倍	1.0倍
建物高さ	17.8 m	17.8 m

図1 建物概要の入力画面

年度	区分	項目	頻度	単位
1年	1. 屋上	1. 屋根	10年	10年
17年	2. 外装	2. 外装	10年	10年
18年	2. 外装	2. 外装	10年	10年
24年	2. 外装	2. 外装	10年	10年
25年	2. 外装	2. 外装	10年	10年
27年	2. 外装	2. 外装	10年	10年
30年	2. 外装	2. 外装	10年	10年
32年	2. 外装	2. 外装	10年	10年
34年	2. 外装	2. 外装	10年	10年
36年	2. 外装	2. 外装	10年	10年
38年	2. 外装	2. 外装	10年	10年
40年	2. 外装	2. 外装	10年	10年
42年	2. 外装	2. 外装	10年	10年
44年	2. 外装	2. 外装	10年	10年
46年	2. 外装	2. 外装	10年	10年
48年	2. 外装	2. 外装	10年	10年
50年	2. 外装	2. 外装	10年	10年

図3 長期修繕タイムテーブル

図5 LCC推移の比較

No.					大分類		中分類		No.		小分類		単位		仕様		基本設計案		採用																																																																																																																										
																数量		比率																																																																																																																											
建築項目の選択																																																																																																																																													
表示 印刷																																																																																																																																													
<table><tr><td>No.</td><td>大分類</td><td>No.</td><td>中分類</td><td>No.</td><td>小分類</td><td>単位</td><td>仕様</td><td>材料</td><td>基本設計案</td><td>採用</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>数量</td><td>比率</td></tr><tr><td>3</td><td>外装</td><td>1</td><td>外装</td><td>花崗石</td><td>滑石 花崗石</td><td>坪</td><td>木目色 (滑石)</td><td>滑石</td><td>1,554</td><td>100</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>外装</td><td>金属板</td><td>アルミ色</td><td>坪</td><td>アルミ 金属板と収付</td><td>アルミ</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>外装</td><td>二丁割付</td><td>圧縮工法</td><td>坪</td><td>建築 227-60</td><td>建築</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>外装</td><td>二丁割付</td><td>打込工法</td><td>坪</td><td>建築 227-60</td><td>建築</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>外装</td><td>45 二丁割付</td><td>圧縮工法</td><td>坪</td><td>建築 45-50</td><td>建築</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>外装</td><td>45割付</td><td>圧縮工法</td><td>坪</td><td>建築 45-50</td><td>建築</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>外装</td><td>小口付</td><td>圧縮工法</td><td>坪</td><td>建築 108-60</td><td>建築</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>外装</td><td>壁面張収付</td><td>圧縮工法</td><td>坪</td><td>LE 圧縮 収付</td><td>LE</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>外装</td><td>全面張収付</td><td>圧縮工法</td><td>坪</td><td>圧縮工法</td><td>圧縮</td><td></td><td></td></tr></table>																					No.	大分類	No.	中分類	No.	小分類	単位	仕様	材料	基本設計案	採用										数量	比率	3	外装	1	外装	花崗石	滑石 花崗石	坪	木目色 (滑石)	滑石	1,554	100				外装	金属板	アルミ色	坪	アルミ 金属板と収付	アルミ						外装	二丁割付	圧縮工法	坪	建築 227-60	建築						外装	二丁割付	打込工法	坪	建築 227-60	建築						外装	45 二丁割付	圧縮工法	坪	建築 45-50	建築						外装	45割付	圧縮工法	坪	建築 45-50	建築						外装	小口付	圧縮工法	坪	建築 108-60	建築						外装	壁面張収付	圧縮工法	坪	LE 圧縮 収付	LE						外装	全面張収付	圧縮工法	坪	圧縮工法	圧縮		
No.	大分類	No.	中分類	No.	小分類	単位	仕様	材料	基本設計案	採用																																																																																																																																			
									数量	比率																																																																																																																																			
3	外装	1	外装	花崗石	滑石 花崗石	坪	木目色 (滑石)	滑石	1,554	100																																																																																																																																			
			外装	金属板	アルミ色	坪	アルミ 金属板と収付	アルミ																																																																																																																																					
			外装	二丁割付	圧縮工法	坪	建築 227-60	建築																																																																																																																																					
			外装	二丁割付	打込工法	坪	建築 227-60	建築																																																																																																																																					
			外装	45 二丁割付	圧縮工法	坪	建築 45-50	建築																																																																																																																																					
			外装	45割付	圧縮工法	坪	建築 45-50	建築																																																																																																																																					
			外装	小口付	圧縮工法	坪	建築 108-60	建築																																																																																																																																					
			外装	壁面張収付	圧縮工法	坪	LE 圧縮 収付	LE																																																																																																																																					
			外装	全面張収付	圧縮工法	坪	圧縮工法	圧縮																																																																																																																																					

(4) 設備費と設備修繕更新費の算定：ユーザは各計画案に対して設備機器を選択し、採用比率を入力する。施工数量もしくは容量は部位・機器ごとに、建築面積や延床面積、トランス容量などを用いて、採用比率に基づいて概算される。概算に際しては、本開発の参加ゼネコンでの実績ならびに参考文献5)を参考とした。設備費は項目ごとに単価に概算数量を乗じ、集計する。修繕更新費は長期修繕計画システムにおける算定方式と同様である。

(5) 企画設計費の算定：内訳は設計業務費と監理業務費であり、参考文献1)を基としている。両費目とも業務量に標準日額人件費を乗じて算定する。なお両業務量は建設費に基づいて算定する。

(6) 運用費の算定：内訳は電力費、水道費、ガス費、油費である。集合住宅の場合は共用部が対象であり、電力費と水道費について細目ごとに使用量に単価を乗じて集計する。集合住宅以外の場合は、計画案ごとに熱源種：①冷房・暖房とも電気、②冷房・暖房ともガス、③冷房・暖房とも油、④冷房は電気+ガスで暖房は油、⑤その他(自由入力)、を選択すれば、用途に応じて上記4費目のエネルギー使用量を概算し、エネルギー単価を乗じて運用費とするしくみである。なお電力に対しては、夜間電力を考慮することができる。

(7) 保全費の算定：集合住宅の場合、自主管理・部分管理・全面委託の管理形態ごとに管理単価を設定しており、共用部の延床面積を乗じて保全費を算定している。集合住宅以外の場合、内訳を清掃費、設備管理費、保守費、警備費、植栽管理費、塵芥処理費とし、細目ごとに用途に応じて数量もしくは容量を概算し、単価を乗じて集計する。なお清掃費や警備費については業務形態を選択できる。

(8) 廃棄処分費の算定：内訳は解体工事費とコンクリート処分費である。いずれの場合も地上部、地下部、基礎部、杭部に、解体工事費の場合はさらに内装部に区分されており、用途に応じて数量を概算し、単価を乗じて集計する。

(9) LCC集計とグラフ表示：LCC算定では代替案との比較が重要であり、案ごとの①LCC集計表、②LCC内訳表、③毎年の費目別グラフ、④毎年の費目別累計グラフの他、各案相互の比較資料として⑤LCC比較グラフ、⑥費目別構成比較グラフが出力可能である。

図7 長期修繕計画算定結果(集合住宅/期間35年)

図8 長期修繕計画算定結果(事務所/期間35年)

図5~6に事務所ビルのLCC算定事例を示す。図5は計画期間における毎年のLCC推移を、図6は基本計画案と代替A案と代替B案のLCC構成比較を示している。この例の場合、基本設計案より代替A案、代替B案の方が建物全体のLCCを低減できることがわかる。

3. 長期修繕およびLCCの試算分析

集合住宅7件、事務所ビル10件について試算ならびに分析をおこなった。集合住宅の内訳は住戸数40戸程度：2件、70~90戸：3件、110戸程度：2件の合計7物件である。いずれもRC造民間分譲マンションで、建物供用期間の費目は共用部のみを対象とした。事務所ビルは延床面積3,000m²未満：4件、3,000m²以上10,000m²未満：4件、10,000m²以上：2件の合計10物件である。構造別に分類するとS造：3件、RC造：3件、SRC造：3件、柱SRC・梁S造：1件の構成となっている。建物所在地は事務所の1件(宮崎県)を除き、すべて東京都・神奈川県・千葉県・埼玉県の首都圏であり、建物の竣工年は1993年~2003年である。なお省エネルギー性の極めて高い設備システムの採用事例は入っていない。

(1) 長期修繕計画における修繕更新費の分析：更新年数の多くが35年未満であることを考慮し、検討期間を35年に設定した場合の実際の建設費に対する修繕更新費の割合(修繕更新費試算結果/建設費実績値)を図7(集合住宅)と図8(事務所)に示す(注1)参照)。集合住宅・事務所ビルとも、建物ごとに修繕更新費に占める割合が異なる傾向にあることがわかる。これは物件ごとに構工法および設備機器類が異なること、ならびに試算者の判断のばらつきなどに起因するものと考えられる。しかしながら修繕更新費の合計では、集合住宅で建設費の50~80%に、事務所ビルで70~100%にそれぞれ分布し、建物の規模による差異は大きくない。平均すると、集合住宅の場合：建設費の65%、事務所ビルの場合：82%である。

(2) LCC算定における構成比率の分析：建物供用年数の実態は様々であるが、現実的な事例として検討期間を50年と設定した場合のLCC算定結果を図9(集合住宅)と図10(事務所ビル)に示す。大項目毎の構成比率を表しており、集合住宅、事務所ビルとも若干のばらつきがあるものの、概ね一定の構成比率になっている。

図9 LCC算定結果(集合住宅/期間50年)

図10 LCC算定結果(事務所/期間50年)

図 11 建設費の比較分析(集合住宅)

図 13 修繕更新費の比較分析(集合住宅)

図 15 LCCの傾向分析(集合住宅)

図 12 建設費の比較分析(事務所)

図 14 修繕更新費の比較分析(事務所)

図 16 LCCの傾向分析(事務所)

ばらつきの要因として、構工法および設備機器類が異なること、試算者の判断のばらつき以外に、事務所ビルでは警備方式、清掃内容などの違いが保全費の差異としてあらわれていることを指摘できる。平均すると集合住宅の場合、建設費：36%、修繕更新費：29%、運用費：1%、保全費：25%であり、事務所ビルの場合、それぞれ19%、30%、22%、26%である。

(3) LCC算定における傾向分析：LCC算定システムによる建設費の算定値と実績値の比較結果を、図11(集合住宅)と図12(事務所ビル)に示す。一部で建物規模が大きい場合にずれが生じるものの、概ね一致していることがわかる。集合住宅の場合、一般的に実績値より若干高めの算定結果となっている。事務所ビルにおける回帰式は実績値のそれによく近似している。

検討期間を35年とした場合の修繕更新費の、長期修繕計画システムによる算定値とLCC算定システムによる算定値の比較結果を図13(集合住宅)と図14(事務所ビル)に示す。建物規模が大きい場合にずれが生じるものの、概ね傾向は一致していることがわかる。

検討期間を50年とした場合のLCC傾向を図15(集合住宅)と図16(事務所ビル)に示す。集合住宅の場合は戸数、事務所ビルの場合は延床面積がLCCと非常に高い相関関係にあることがわかる。

4. まとめ

長期修繕計画システムおよびLCC算定システムの概要、集合住宅および事務所ビルを対象とした試算分析について報告した。汎用ソフトウェアを用いたコンピュータ支援システムの共同開発は、長期修繕計画ならびにLCC算定業務の省力化とともに、柔軟なシステムの構築、開発の効率化、開発成果の展開など幅広い有用性を実現している。また試算分析を通して建物用途ならびに規模に則した特徴をみることができた。今後は更なる算定精度の向上とその手法の確立、省エネルギーシステムの考慮と影響分析を進める予定である。

なお本開発は下記ゼネコン技術者の共同によるものである。斎藤富士雄(青木あすなろ建設)、萩原幸男(浅沼組)、中根博(大木建設)、川本和彦、木本健二(鴻池組)、齋藤博、関谷成人(西武建設)、日下部令(銭高組)、浅井哲、池田美暢、町田智之(大木建設)、熊井和雄(鉄建建設)、山本耕三(東洋建設)、藤谷敏雄、佐々木孝彦(飛鳥建設)、小長光公和、井川裕文(ピーエス三菱)。

注

- 1) 図8における事務所Cは空調別途工事により空調費のみデータ欠落。

参考文献

- 1) (社)東京都建築士事務所協会, 建築士事務所の業務報酬算定指針, 2003
- 2) 建設工業経営研究会, 建設工事原価分析情報, 大成出版, 1999.4
- 3) (社)建築業協会, ライフサイクルコスト(LCC)略算プログラム, 2000.3
- 4) BELCA, 建築物のLC評価用データ集(改訂第3版), 2002.4
- 5) 建築設備技術者協会, 竣工設備データ集ELPAC, 1999
- 6) 空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧, 2002

参考文献

- 1) (財)国土開発技術研究センター, 保全・耐久性向上技術の経済性評価手法, 技報堂出版, 1986.7
- 2) (財)建築保全センター, 改訂建築物のライフサイクルコスト, (財)経済調査会, 2000.5
- 3) 田島, 角田, 小松: 施設管理におけるライフサイクル計画に必要な更新費の算定手法に関する研究, 日本建築学会計画系論文集第540号, pp.243-249, 2001.2
- 4) 杉田, 藤上, 村川, 西名, 西本: 事務所建築における維持管理状況を考慮したライフサイクルコスト算出に関する基礎的研究, 日本建築学会計画系論文集第541号, pp.185-191, 2001.3
- 5) BELCA, 建築物のLC評価用データ集(改訂第3版), 2002.4
- 6) 木本, 萩原, 斎藤, 関谷, 山本: 建築物の長期修繕計画システムおよびLCC算定システムの開発(その1~5), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2004.8

[2004年4月20日原稿受理 2004年7月29日採用決定]