

建物ライフサイクル管理技術の開発

—シミズビル総合管理センター—

深井 日出男
(技術開発センター)

八本 輝
(設計本部)

森田 宏夫
(建築本部)

§1. はじめに

我々は、1990年から建物ライフサイクル管理技術の開発に着手し研究・開発を推進してきた。近年、図-1の建設省の試算に見られるように建物の生涯コストは建設費の約5倍を必要とするといったLCC(ライフサイクルコスト)管理の重要性が認識されてきている。このため既存建物、新築建物を問わずLCC踏まえた長期保全計画等の提案がオーナーや施設管理者からゼネコンに求められている。また、地球環境保全の観点から建設省や通産省を始めとした行政官庁によって建物の効率的な運用が期待されエネルギー使用に対する計画書の提出や省エネルギー機器等の活用に対する税制優遇措置策が行われている。更に、昭和初期、中期の建物は改築を、中期以降の建物も設備の改修時期を迎えておりリニューアル、リフォームといった対応も求められてい

る。これらの、建物のLCC最適化管理運営のために我々は、多数の建物をISDNを活用したネットワーク技術およびコンピュータ技術によって集中管理を行い、建物の運用データを解析・評価し最適な運用に改善することにより省エネルギー、省資源を実現する技術を確立した。又、建築・設備の長期保全計画技術と診断技術により従来の事後保全の取組から戦略的な建物の生涯に亘る効率的な維持管理システムを開発した。

§2. 開発の背景

本システム開発に関する技術的な内容に入る前に、ビル管理システムに関する歴史を簡単に翻って見ることに、現在の建物管理に求められているニーズを明確にする。

生涯コスト重視の建物運営管理

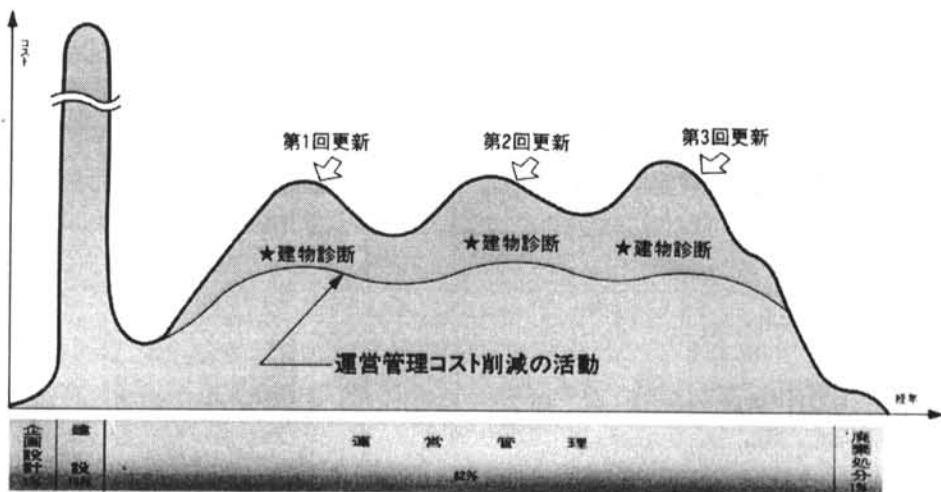


図-1 建物の生産コスト(建設省)

オフィス建物の生涯コスト(建設省モデル:オフィス面積1,000m²の場合)

現在、清水建設保有商品としてのビル管理システムは「BECSS/ESMARTシリーズ」として約400件の納入実績を持っている。これらのシステムは昭和50年頃よりミニコンピュータ/マイクロコンピュータが実用段階に入り、従来のリレーを主体とした設備監視機能を一步進めて制御を主体とした新しい設備監視・制御システムを目標として開発された。また、時代的な背景としては第1次及第2次オイルショック等も発生し、省エネルギー、省力化を目的として施設管理の高度化が求められた。これに対応して、コンピュータによるビル管理システムも従来のリレー制御では実現出来なかったスケジュール管理、台数制御、最適予測制御等の各種の省エネルギー関連プログラムが各社で発表され、昭和60年以降のインテリジェントビルでは、コンピュータによる施設管理は必要不可欠の技術となった。

近年では、これらのビル管理システムが大型ビルのみならず中小のビルまで適用されるようになり、専門の施設管理者が居なくても、ローコストで最適な施設管理が実現出来るようにネットワーク化（いわゆる群管理システム）による管理が出現した。

これらの、群管理システムの運用母体としては、設備業者（サブコン）、エレベーター業者、警備保障会社、建築会社の関連会社を含めたビルメンテナンス業者が主体となっている場合が多く、システム機能は警報を主体とした監視業務が主体となり、長期にわたるエネルギー解析等の最適な施設管理が実現されていなかった。

清水建設のビル管理システムも従来はエンジニアリング商品としての位置付けが主体であり清水建設が施工した建物の省エネルギー、省力化の実現を目的としているが、客先の長期の運用段階をサポートする体制となっていなかった。これらの、反省を踏まえて今回のシステム開発が行われ、

(イ)設計、施工、運用の全段階における清水建設の全技術力により客先の建物の生涯を管理する。

(ロ)オーナー、管理者、居住者のそれぞれのニーズに対応した調和のとれたシステムにする。

と言った開発コンセプトに基づきシステム開発がおこなわれた。

§ 3. ビル総合管理センターの設立

本システム開発に平行して清水建設が設計および



写真-1 シミズビル総合管理センター

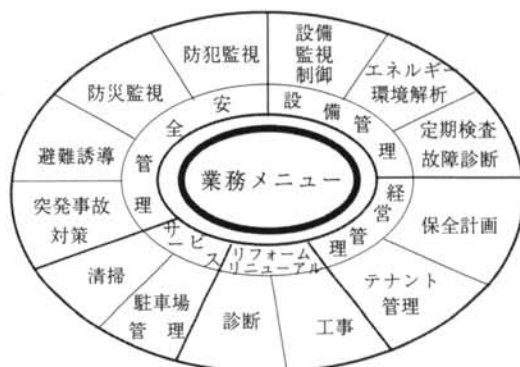


図-2 ビル総合管理センターの業務

施工を行った多くの建物を生涯にわたって管理及びサポートを行う専門の組織としてビル総合管理センター（写真-1）が1993年東京都港区に設立された。ビル総合管理センターが提供する機能は、図-2に見られるように設備管理、経営管理、リニューアル・リフォーム、サービス、安全管理と云った建物の管理運営の全ての領域を目指している。

これらの業務の内、ビル総合管理センター内にコンピュータシステムを導入して効率良く、集中的に管理するためには大きく2つのグループに分類される機能分散型のシステム開発を目指す必要があった。1つのグループは24時間のリアルタイム処理を求められる機能として設備管理の設備監視制御機能、安全管理の防犯監視、防災監視機能等でこれらを総称した遠隔監視機能である。もう一方のグループとしてはリアルタイム性は必要としないが大量のデータを扱う必要のある設備管理のエネルギー・環境解析、定期検査・故障診断、経営管理の保全計画、テナント管理、リニューアル・リフォームの診断機能等で

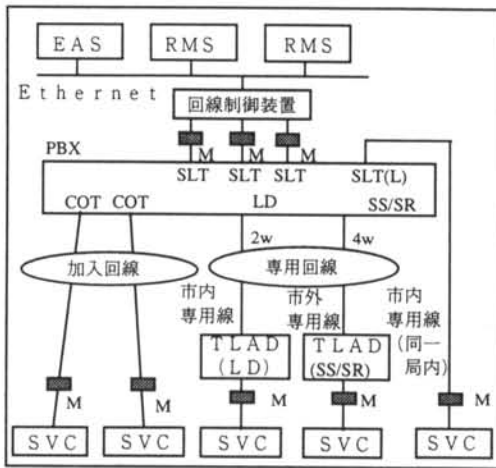


図-3 専用線+PBXモデムプール

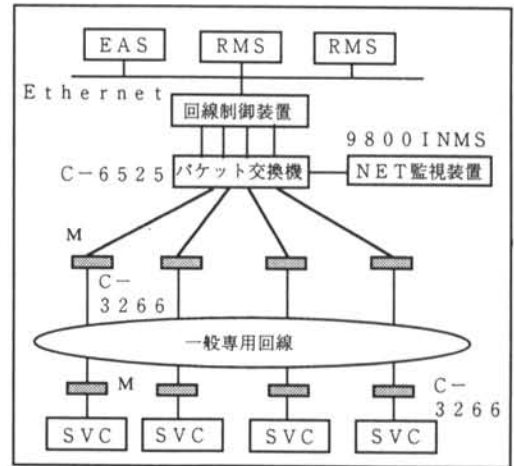


図-4 専用線+パケット交換機

これらを総称した解析診断機能である。

3.1 システム構築のポイント

システムの基本設計に当たっては、我々は前述の様に、それぞれの建物に対するビル管理システムに関しては多くの実績を擁していたが広域で多数の建物管理いわゆる群管理システムに対しては経験が不足していたため、既存の群管理システムの調査を行った。設計時点での先端的事例としては図-3に見られるようにセンター側にPBXを設置し管理対象建物との接続方式としては、比較的管理点数が少なく一般的な建物に対しては一般加入回線で接続し、管理点数も多く官公庁建物などの重要施設に対しては専用回線によるネットワークを構築していた。これらの、ネットワーク化に関する機器群はコスト、設置スペースとも監視機器本体の数倍となっており、ネットワーク設計が最も重要な技術課題と認識された。このため、回線設計は

- (方式1)専用線+PBXモデムプール(図-3)
- (方式2)専用線+パケット交換機(図-4)
- (方式3)INS, DDX-P+ネットワークステーション(図-5)

の3方式について

- (イ)回線品質
- (ロ)機器イニシャルコスト
- (ハ)機器設置スペース
- (ニ)回線費用
- (ホ)拡張性
- (ヘ)ソフトウェアの作成効率

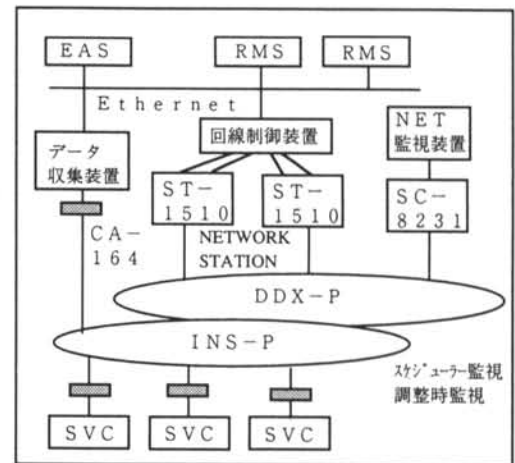


図-5 INS, DDX+P

等に対してそれぞれの評価を行った。

この結果、表-1に見られるようにほとんど全ての評価項目に対してINS, DDXと言ったデジタル回線の活用が優れていた。

特に、従来技術と比較して通信速度は従来の4倍、通信コストは従来の4分の1の削減となる。また、遠隔地区への通信コストは近距離費用の1.25倍と低額に抑えられているため広域ネットワークへの対応が容易となる。さらに、映像や音声といったマルチメディアを活用した双方向通信による新しい建物管理への機能拡張性を保有している。これらの、評価に基づきビル総合管理センターネットワークを構築した。

	方式1	方式2	方式3
1) 回線品質			
○平均誤り率	○	○	●
○伝送速度	△	△	○
○セキュリティ	○	○	△
○バックアップ機能	×	×	○
○接続時間	●	●	○
2) 機器イニシャルコスト			
○本体コスト	○	△	○
○増設コスト	△	△	○
(管理建物追加時)			
3) 機器設置スペース			
○本体スペース	△	○	●
○増設スペース	△	△	●
4) 回線費用			
○イニシャルコスト	△	△	○
○ランニングコスト	△	△	○
5) 拡張性			
○広域地域対応	×	×	●
○機能拡張性	×	×	●
6) ソフトウェアの作成効率	○	○	○

表一 伝送方式の比較検討表

3.2 ビル総合管理センターシステム概要

ビル総合管理センターのシステム概要は、図-6に見られるように日常の運転監視や夜間の警報監視

など建物のビル管理業務を代行する遠隔監視システム、データ収集によって建物毎に収集されたデータを解析・診断し運営の最適化を実現する解析診断システム、客先建物に設置された個別ビル管理システム、これらを結合するNTTのデジタル公衆回線により構成されている。これらの機能を実現させるためにビル総合管理センターでは24時間専門の技術者が常駐し、特に外部からの侵入や火災、重要機器の故障など客先の財産損失の危険に対しては迅速な対応を行える体制を構築している。

§4. エネルギー解析診断システム

従来、一般的な建物のエネルギー消費量は当該建物の施設管理者もしくは総務等の管理部門が管理を行っていた。しかしながら、それぞれの建物のエネルギー消費量は建物の用途や利用状況によって大きく異なるためこれらの管理者が個別に技術的に評価

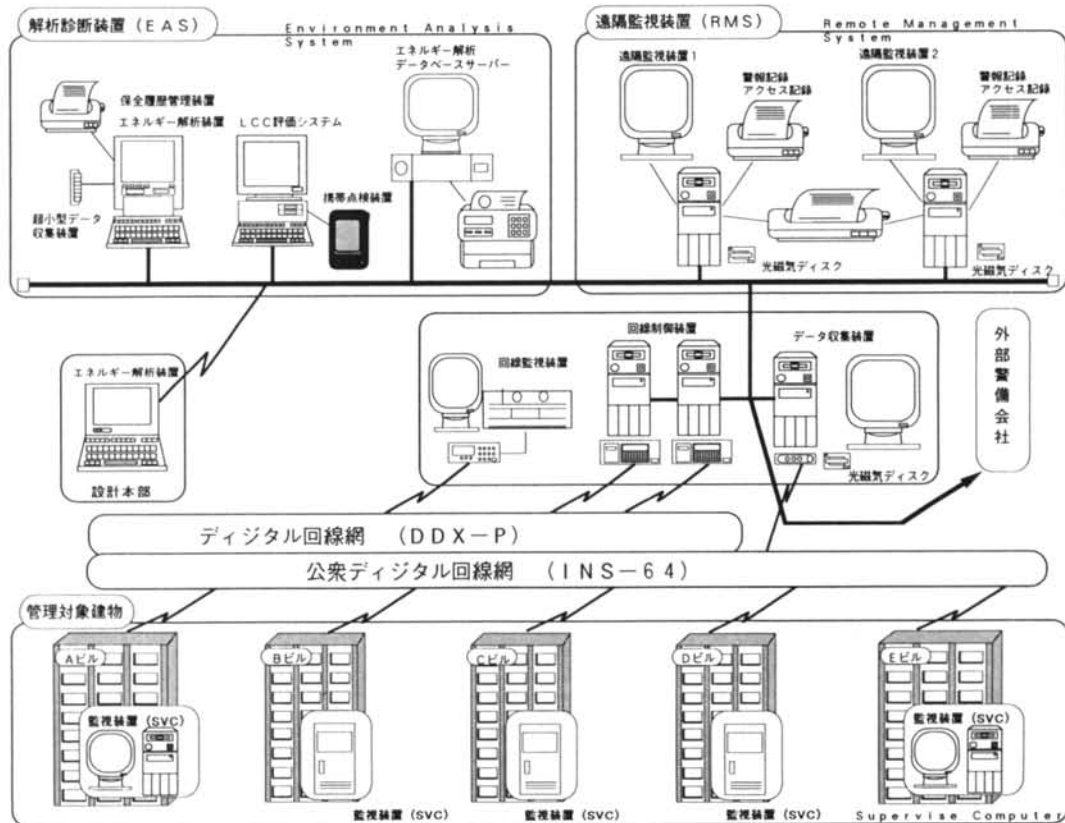


図-6 ビル総合管理センターシステム構成図

することが難しく、いわゆる節電といった精神論的管理が一般的であった。また、テナントビルに関しては電気、ガス、水道等の使用料金はテナントに自動的に課金されるため厳密な管理がなされていなかった。

これに対してビル総合管理センターでは、専門の技術者が竣工後の施設運用データを解析・診断し設計時に設定した条件と合致しているか検証を実施する。

4.1 解析診断システムの構成

解析診断システムのハードウェア構成を図-7、ソフトウェア構成を図-8に示すが解析診断のフローは次のように行われる。

解析対象建物側に設置された監視装置は、常時は当該建物の施設監視・制御を行っており、予め登録されたセンサーに対しては定時的に稼働状況を記録している。また、ビル総合管理センターからの1回/日の夜間における要求に対して前日の記録されたデータを送出する。

データ収集装置は、複数の解析対象となる建物の監視装置から1回/日データを収集しこれを光磁気ディスクに格納する。データは日付順に格納されており、建物名称と日付によって任意に検索が可能となっている。また、電話回線によって直接ビル総合管理センターと接続されていない建物のデータに関しては後日フロッピーディスクによってデータの登録も可能である。

データベースサーバーはデータ収集装置から1回/日データを受取り解析対象建物ごとにデータの編集を行う。編集作業は月報の作成や複数のセンサーをまとめて新しいセンサーグループの作成を行うなど後日の解析作業を容易に実施できるように準備を行う。また、エネルギー解析システムからの要求に対して随時蓄積されたデータを送出する。

エネルギー解析システムは後で詳細を説明する解析ソフトウェアを活用して蓄積されたデータを解析目的に合わせて容易に評価できるマンマシンインターフェイスを備えている。

設計部端末装置は機能的にはエネルギー解析システムと同等の機能を有しておりエネルギー解析システムとの差異は遠隔通信機能をもっているため、ビル総合管理センターから離れた清水建設設計本部から設計者自らが自分が設計した建物の解析が可能となる。

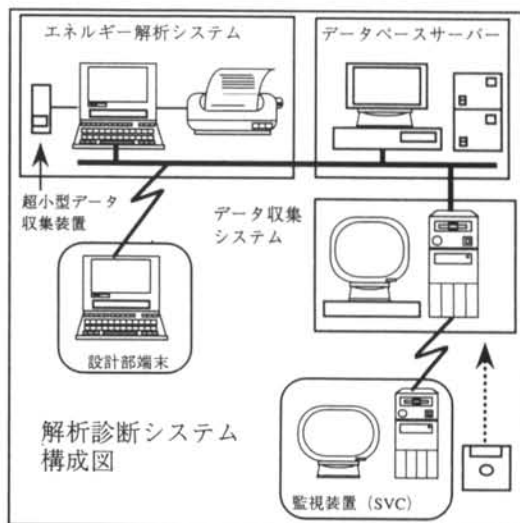


図-7 解析診断システムハードウェア構成図

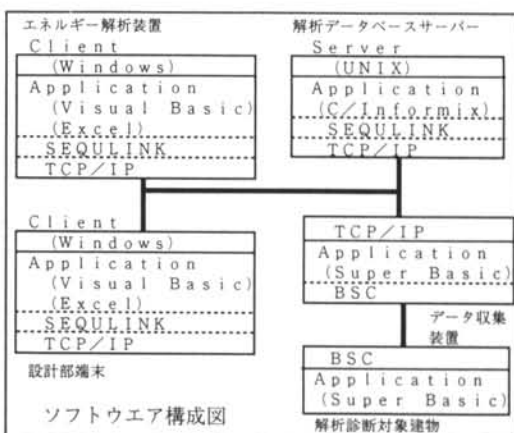


図-8 解析診断システムソフトウェア構成図

これらの、ビル総合管理センター内の各サブシステムは汎用のネットワークであるEthernetで結ばれている。本システムは大容量のデータを効率良く蓄積し、容易に検索を可能とするために機能分散型のシステム構成を取っている。システムソフトウェアとしては大容量のデータを扱うサーバーではUNIX/C/Informix、クライアントであるエネルギー解析診断システム、設計者端末ではWindows/VisualBasic/Excelと云った汎用の基本ソフトウェアを活用したアプリケーションソフトウェアを開発した。サーバー、クライアント間の通信は汎用言語であるSQLによって行い保全性の高いシステム環

A：すべての建物で必要とするデータ B：当該建物で特に必要とするデータ C：特殊な設備を採用のため、必要とするデータ			
データ名称	データ種類	1時間データ	5分間データ
<input type="checkbox"/> 契約電力の計画			
受電電力	A	○	(○)
動力電力	B	○	
受電電力の経年変化	A	○	
<input type="checkbox"/> ランニングコスト計画			
空調電力	A	○	
熱源電力	A	○	
衛生電力	A	○	
搬送電力	A	○	
<input type="checkbox"/> 室内環境の傾向把握			
室内乾球温度	B	○	
室内相対湿度	B	○	
<input type="checkbox"/> ピーク値データの活用			
瞬時給水量	B		○
瞬時給湯量	B		○
2次空調ピーク負荷	B	○	○

表-2 設計部門データ収集基準一覧表

境となっている。収集されたデータベースもデータ収集システムとデータベースサーバーに分散されているため相互にデータのバックアップとなっている。また、最終出力機能を持つエネルギー解析システムは汎用の表計算プログラムであるExcelに結果を出力しているため、ポータビリティに富み解析結果を他のパソコン上で簡単に任意に加工ができ様々な形態で利用されている。

以上各サブシステムの機能目的に対して適切なハードウェア環境、ソフトウェア環境が構築できた。

4.2 データ収集の標準化

過去、建物管理におけるエネルギー解析の事例は多くの企業で実施され報告されているが、個別建物における個別解析の事例がほとんどである。本システムは長期的に、計画的に、また幅広く数多くの建物での解析を目的としている。このため、収集すべきデータは個別の設計者が任意に定めるのではなく、表-2に見られるように設計部門で標準的な解析目標を設定して解析を実施している。これにより、データベースサーバーの記憶装置（ハードディスク）やデータ収集に係わる通信コストの最適化を実現している。

4.3 データ収集間隔

データ収集の収集間隔は1時間間隔と5分間隔の2種類が設けられている。1時間間隔のデータは主として建物全体の傾向を把握するために活用され通年の収集が行われる。5分間隔のデータは負荷ピークや機器（システム）性能等の解析を行うために活用される。また、通信費用や記憶容量の無駄を省くためにデータ収集期間の設定を行い、重点的な解析を行う。

4.4 データの検索

蓄積されたデータは以下に示すように、エネルギー解析システムおよび設計者端末から検索が可能である。

(イ)物件選択

現在エネルギー解析の対象となっている建物名称が全て表示されるので、データ検索者はこの中から解析の目標となる建物をマウスで選択する。これによりエネルギー解析システムはデータベースサーバーから選択された建物のセンサーマスター情報を取り込む。(図-9)

(ロ)機能選択

本解析システムの保有する機能が全て表示されるためこの中から解析目標に合致した機能を選択する。各機能の特徴は後述するが、最初に最も利用頻度の高い汎用機能を説明する。(図-10)。

(ハ)汎用指定

汎用指定は収集された各種データを解析者が複数のセンサーを任意に指定して最適な形式にグラフ化する機能である。従来の個別ビル管理システムも月報・日報といった機能を保有していたが、これらは通常一覧表といった固定のフォーマットで作成されており、解析を行う場合には解析目的に合わせてデータを抽出し、再組み合わせを行う必要があった。本汎用指定により必要な時に必要なデータだけを選択といった柔軟な対応が可能となる(図-11)。

○タイトル

検索されたデータの出力グラフに記載するタイトルを入力する。これにより出力結果の管理が容易になる。

○期間指定

検索すべきデータの期間の指定を行う。日、月、年の3種類の期間指定があり、これに従って検索結果は時間データ、日データ、月データが自動的に標準指定され(変更可能)視認性の高い出力となる。



図-9 物件選択画面

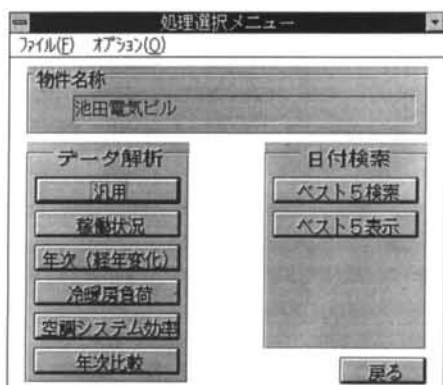


図-10 機能選択画面



図-11 汎用指定画面

○センサーグループ

センサーグループのセンサー設定を選択すると選択した解析対象建物がデータ収集をおこなっているすべてのセンサーがスクロール表示されるので、この中から検索対象となるセンサーの指定を行う。1回の検索で最大8個のセンサーが指定できるため、

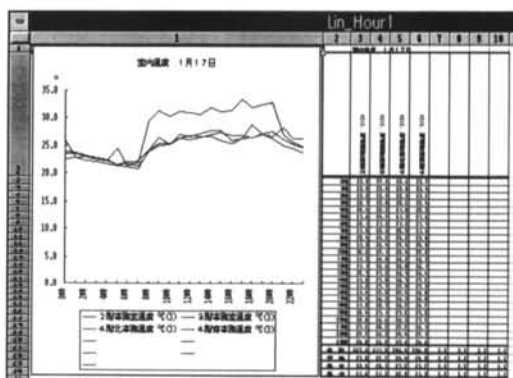


図-12 検索結果画面

ベスト5検索結果						
ベスト5選択日付: 1995年 6月15日 [15:00]						
217 受電 電力量 kWh (1)						
1日	時間	5分				
1995/ 6/21	570,000	1995/ 6/15	570,000	1995/ 6/15	570,000	570,000
1995/ 6/27	570,000	1995/ 6/27	570,000	1995/ 6/27	570,000	570,000
1995/ 6/30	570,000	1995/ 6/30	570,000	1995/ 6/30	570,000	570,000
1995/ 5/24	560,000	1995/ 5/24	560,000	1995/ 5/24	560,000	560,000
1995/ 5/30	560,000	1995/ 5/30	560,000	1995/ 5/30	560,000	560,000
1905 ガス m3 (2)						
1日	時間	5分				
1995/ 6/21	77,000	1995/ 6/21	77,000	1995/ 6/21	77,000	77,000
1995/ 4/27	76,000	1995/ 4/27	76,000	1995/ 4/27	76,000	76,000
1995/ 4/10	74,000	1995/ 6/21	76,000	1995/ 6/21	76,000	76,000
1995/ 4/14	74,000	1995/ 4/10	74,000	1995/ 4/10	74,000	74,000
1995/ 6/12	74,000	1995/ 4/14	74,000	1995/ 4/14	74,000	74,000
1907 雑用水 m3 (2)						
1日	時間	5分				
1995/ 4/17	7,000	1995/ 4/17	7,000	1995/ 4/17	7,000	7,000
1995/ 4/27	7,000	1995/ 4/27	7,000	1995/ 4/27	7,000	7,000
1995/ 5/12	7,000	1995/ 5/12	7,000	1995/ 5/12	7,000	7,000
1995/ 5/19	7,000	1995/ 5/19	7,000	1995/ 5/19	7,000	7,000
1995/ 5/26	7,000	1995/ 5/26	7,000	1995/ 5/26	7,000	7,000

図-13 ベスト5検索結果画面

室内環境や機器運転状況などが的確に把握できる。

○グラフ選択

指定したセンサーの稼働状況を最も認識しやすい表現グラフを選択する。検索結果はCRT上で確認し容易に印刷することができる(図-12)。

(二)ベスト5検索

建物運転状況を解析する時に全ての日の全データを確認し解析するのは多大な時間を要するため現実的ではない。このため、一般的には冬季、夏季、中間季の代表日(最大負荷日)の解析を重点的に行う方法が取られている。従来解析方法としては月報や日報等から最大負荷日を探し出す作業を行っていた。本システムでこの機能を自動的に実行するベスト5検索機能を実現した。

本機能は外気温度、受電電力量といった最大負荷日を代表するセンサーを設定し、検索期間を指定することにより当該期間の上位5個のデータを抽出することができる。上位5個は最大値もしくは最小値の選択が可能である(図-13)。



図-14 センサーグループ登録画面

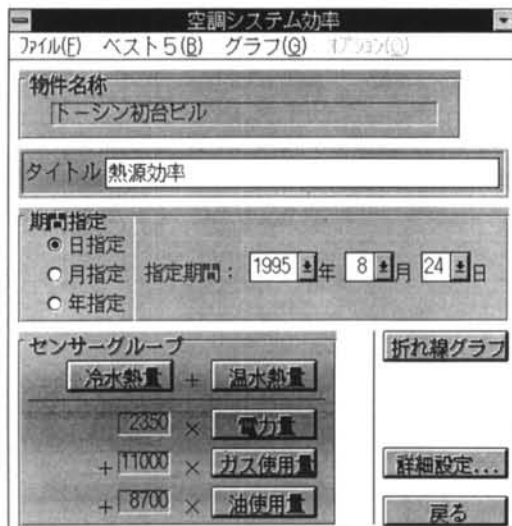


図-15 空調システム効率入力画面

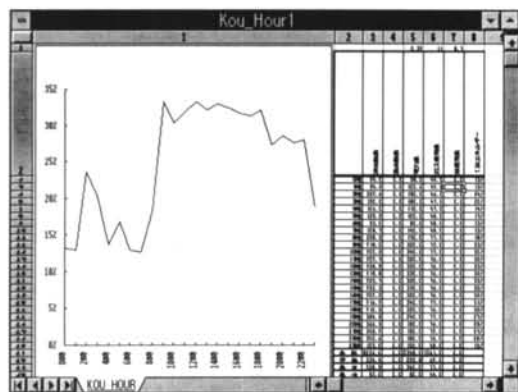


図-16 空調システム効率出力画面

(ホ) センサーグループ

本システムの特徴の1つとしてセンサーグループの設定がある。この機能は複数のセンサーを纏めて新しい1つのセンサーをつくる機能である。系統別に分離した電力量や水道、ガスの使用量を纏めることにより全体的な把握が容易になる(図-14)。

(ハ) 空調システム効率

建物が消費するエネルギーの内、空調システムは大きな割合を占めている。このためエネルギー管理の一般的な評価基準として空調システム効率ที่กำหนดされている。本システムでは収集された各センサー情報から自動的に空調システム効率を計算する機能を設けている。1次エネルギー換算係数は使用1次エネルギーの種類によって異なる可能性があるため物件毎に任意に設定が可能となっている(図-15, 16)。

4.5 解析事例

本解析診断システムによって多くの解析が行われているが、代表的な事例として蓄熱槽を含む熱源運転改善の事例を紹介する。

Tビルでは図-17に示す様に平成6年夏の蓄熱槽の温度分布において蓄熱時に水温が8℃で蓄熱され、その後更に6℃に冷却されており、結果として冷凍機の運転効率が悪くなっている事象が発見された。原因追及の結果、冷凍機の出口水温の設定値が適切でなかった事が判明し設定値を変更した。

改善結果を確認するため翌年の平成7年8月に収集した蓄熱槽の温度分布を図-18に示す。蓄熱時の水温は7℃で正常に蓄熱され、冷凍機の運転効率もCOPが1~2といった悪い効率での運転は見られなくなっている。この結果蓄熱槽を含めた熱源システムの高率運転による省エネルギー運転が実現できた。このように、本解析診断システムでは収集したデータをグラフ化することにより、数値の羅列では発見しにくい不具合等をすばやく発見でき、改善結果もグラフ化により直観的に確認ができる。

§5. LCC解析機能

LCC解析システムは、清水建設の長年にわたる建築および建築設備に関する保全管理情報をデータベース化し、当該ビルの基礎情報を入力することにより、ビルの設計から建設、運用に関わる全収支の

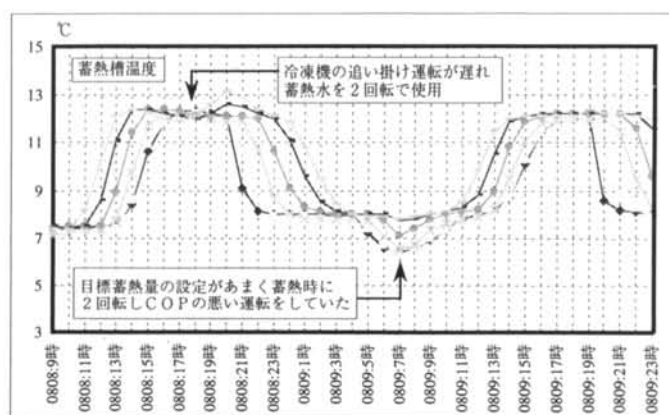


図-17 蓄熱槽温度 (平成6年度)

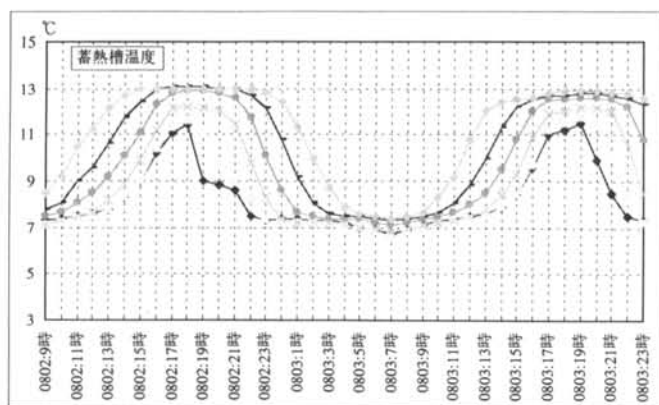


図-18 蓄熱槽温度 (平成7年度)

シミュレーションを行う。これにより、建築物のライフサイクルコストの算定並びにビル運用段階の保全計画を作成する。

図-19にLCC解析システム構成図を示す。解析対象となる建物の建築および設備の詳細の構成部材、機器を入力することにより、それぞれの修繕サイクル、改修サイクルから個別費用を算定し表-3のライフサイクル計算書や表-4の長期保全計画書を作成する。また、既存建物に対しては過去の保全履歴や現状の稼働状況の診断を行いリニューアル、リフォーム計画書を作成する。

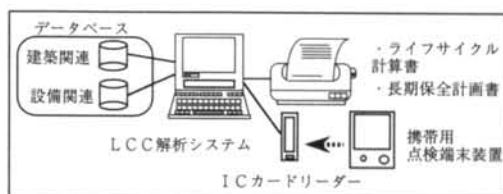


図-19 LCC解析システム構成図

5.1 従来システムの課題

これらの、個別部材、機器に対して修繕費、更新費を積み上げてライフサイクルコストを算出する方法は数システムが紹介されているが多くの課題を含んでいるためまず、これを整理する。

5.1.1 マスターデータベースの不足

既存システムは、個別部材の仕上げ内容、使用材料等が異なる場合や機器では型式、容量等が異なる場合にはそれぞれを個別のマスターデータとして取り扱っている。一方、建物に使用される個別部材、機器は建物毎に種々雑多な構成となっている。また、設備機器等はその製品寿命が比較的短く常に新しい製品が開発されている。このため、既存システムでは代表的なマスターデータだけが登録されており実

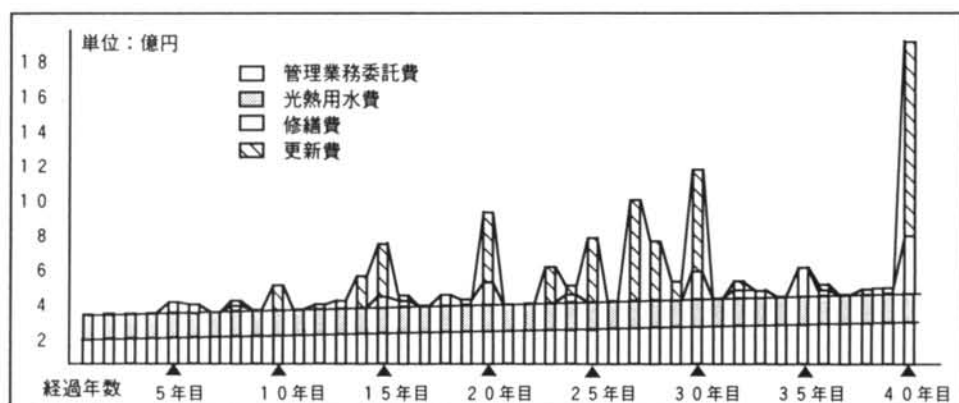


表-3 ライフサイクル計算書

機器種別	数量	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
ターボ冷凍機	1台	☆オーバーホール ☆保温材補修			☆コイル洗浄		☆オーバーホール			
冷却塔	1台			☆補強材手直し ☆架台塗装			☆補強材手直し ☆架台塗装			
鑄鉄製ボイラー	1台				★更新					
冷温水ポンプ	1台	★更新								

表-4 長期保全計画書

際のシミュレーションを行う場合にはエンドユーザーがその都度多数のデータベースの追加を行う必要があった。

5.1.2 計画耐用年数の固定化

更新を必要とする計画耐用年数は過去の複数建物の実績の平均値を採用しているが、実際の更新サイクルは建築、設備の運用状況や保全状況によって大きく変化するため個別建物の特性に柔軟な対応ができない、と云った課題を持っていた。

5.2 本システムの目標

本システムは前述したように建物のライフサイクルコストの算定と長期保全計画の作成機能を実現することであるが、厳密なサイクルやコスト算出を目指すのではなく実用性の高いシステムの構築を目標

としている。

5.2.1 利用目的

従来の建物管理では大規模な修繕や更新に対する計画的な予算措置がなされていない場合も多く、また、修繕、更新に伴う費用は物価変動や工事の難易度、関連工事等により変化するため、実際にその工事が発生したときに個別に費用算出計画が必要になる。このため事前の詳細なコスト試算を行うよりもある程度の現実的な精度でできるだけ簡便なシステム構成・入力方法で活用できるシステムを構築する。これにより長期の保全予算計画の実現を可能とする。

5.2.2 算出対象

従来のLCC算出システムでは建築部材の全てを対象としていたが、本システムでは建築の構造部材等は一般的にはその法定耐用年数、計画耐用年数が

電気	受電引込	電力引込	低圧 高圧 特高 油変圧器 モールド
	受変電機器	6 K v 変圧器	
	非常用電源 幹線 電灯コンセント 動力 通信信号 防災 避雷機器 中央監視		
空調	熱源設備	冷凍機	ターボ冷凍機 レシプロ冷凍機 吸収式冷凍機 スクリュュー式 FRP丸型 FRP角型
		冷却塔	
	空調設備 配管 ダクト 自動制御 換気 排煙		

表-5 設備機器分類

外部	屋根	アスファルト防水(押え) アスファルト防水(露出) シート防水 アスファルトシングル
	外壁	石貼り(花高岩) タイル貼り
	建具	アルミサッシ スチール建具
	雑	手すり(アルミ) 手すり(スチール)
内部	建具	アルミサッシ ステンレス建具
	床	Pタイル タイルカーペット
	巾木	石貼り タイル貼り
	壁	塗装 石貼り

表-6 建築部材分類

約60年となっているため、耐用年数に達したときには新しい建物を建設するといった考え方によりその更新をライフサイクルコストから除いている。建築の対象としては屋根、外壁、建て具、床、内装といった耐用年数以内に修繕・更新を必要とするものに重点を置いてマスターデータベースを構築している。

5.3 LCCシステムの詳細

本システムは従来システムの課題を明確にし、本システムの目標を明確に定めることにより従来のシステムに比べて多くの特徴を実現しているため、以下に詳細を紹介する。

5.3.1 保全管理情報のデータベース分類

本システムは表-5に設備機器分類、表-6に建築の部材分類に示すような保全管理情報データベースを持っている。

その内容としては表-7に示すように建築部材、設備機器毎に対して

- 機器名称
- 標準的な修繕項目およびそのサイクル
- 機器詳細分類、用途分類
- 標準耐用年数、標準偏差
- 点検・診断項目
- 修繕・更新コスト

機器コード	0104	機器名称	吸収式冷凍機	単位	冷凍ト	
修繕内容	%	補正1	補正2	修繕率	分散	演算式
更新	20			1.00		1
オーバーホール	6	1.2	4	1.00		3
コイル洗浄	5			1.00		3
吸収液再生	6			1.00		3
点検項目	外観状況	保守状況	運転時間	故障履歴		
	細分1	細分2	細分3	細分4	細分5	
分類1	運転時間大	運転時間中	運転時間小			
分類2	蒸気焚	ガス焚	油焚			
分類3	二重効用	一重効用				
標準	2.2	2.0	1.4			
偏差	6	5	4			
	標準：標準耐用年数		偏差：標準偏差			

表-7 吸収式冷凍機マスターデータ

等で構成している。

このように、詳細分類、用途分類の異なる部材、機器も

- ・修繕項目、修繕サイクルがほぼ同一となっている。
- ・修繕費用は基本部材、機器を基にして各種の演算式による計算が可能である。

といった特性を持っているため1つのマスターデータとして取り扱う事ができる。

これにより、従来システムの様に個別部材・機器毎にデータベースを持つ必要がなく、その識別や管理が非常に容易になった。

a) 機器名称

機器名称は表-5, 6に見られるように建築業界において一般的にその目的, 機能が明確に判別できる名称を採用している。

b) 機器詳細分類, 用途分類

機器詳細分類, 用途分類は3種類設けてあり, 各分類は5つの細目を持っているため1つのマスターコードに対して最大125種類の部材や, 機器を登録することができる。

分類1は主としてその部材, 機器の更新年数に関わる項目を登録するために活用する。例えば, 吸収式冷凍機は同一機器であってもその使用頻度(運転時間)によって標準耐用年数が変化するため使用頻度に合わせたそれぞれの耐用年数, 標準偏差を登録する。

分類2, 分類3は部材, 機器の詳細仕様(種類等)を登録する。これにより, 各種詳細仕様によって変化する修繕・更新費用を分類2および分類3の細目に対応して, 後述の基本仕様に対する比率計算を行う。

c) 標準耐用年数, 標準偏差

部材, 機器の標準耐用年数は建設省をはじめとして各種既存データを参照しながら, 清水建設の長年のノウハウを基に設定を行っている。特に, 標準偏差や分類による耐用年数の変更機能は既存システムにはない独自の機能である。標準偏差は後述の診断機能によって部材, 機器の運転状況・稼働状況によって残存寿命が計算されリニューアル・リフォーム計画が作成される。

d) 標準的な修繕項目およびそのサイクル

本システムは, それぞれの部材・機器に対する固有の修繕項目およびそのサイクルを管理している。

- ・修繕内容は個別部材, 機器に対する必修繕・更新内容が登録される。
- ・次項にそれぞれの実施サイクルが登録される。
- ・補正1は修繕年限補正年数, 補正2は補正修繕年限であ, 具体的には事例に見られるようにオーバーホールの標準サイクルは6年であるが, 設置後14年を経過した場合にはそれ以降のオーバーホールのサイクルを4年間隔に短縮する必要があると言った修繕管理の在り方を示している。このように部材・機器の経年変化に即した管理を実施することが可能となる。
- ・修繕率は修繕が必要とされる数量を全体に対する比率で表わしている。特に建築の部材の場合

には天井や床の修繕と云った様に一定のサイクルで全ての修繕を行うのではなくある一定の比率での修繕項目が多く発生する。

- ・分散は分散処理可能の可否を登録する機能である。具体的には照明器具や消火器の様に同一の仕様の機器が多数ある場合は修繕サイクルにしたがって同時に全ての修繕を実施するのではなく, 予算の平潤化を図るために一定の割合で実施時期をずらしての実行が可能な修繕項目かどうかを登録する機能である。しかしながら, 予算の平潤化は建物規模等により管理方式が変わり, 個別オーナーの予算計画に関わる問題のため, 本機能の活用は今後の課題となっている。
- ・演算式は各修繕・更新内容によって後述する様にそれぞれの費用がある特性をもっているためこれを演算するためのタイプを登録する。

e) 修繕・更新コスト

修繕・更新に関わるコストは清水建設の過去の実績を踏まえて以下の7つの演算タイプを設けて演算を行っている。これは, 修繕・更新金額を多くの実績から分類化した既存システムにない本システムの大きな特徴である。

○タイプ1 $Y = (anX + bn) \times d2 \times d3$

多くの建築部材, 設備機器の修繕・更新費用は, 単位金額に面積を掛けたり, 単位金額に容量を掛けてベース金額を加えることによって算出することができる。これに分類3, 4の仕様の差異による補正係数を掛け最終金額を算出する。さらに, 本計算式は横軸X方向に複数の領域を設けて単位金額/容量とベース金額を個別に設定することができる。これは, 機器の大型化等に伴い単位金額が変化するという設備機器等の価格体系に合致した計算式である。表-8のステンレス製水槽の場合, 屋内設置/高架水槽/ラッキング有の仕様で7m³以下ではY(更新費) = (315X + 486) × 1.1 × 1.15 (千円) となり, 7m³以上ではY(更新費) = (144X + 1683) × 1.1 ×

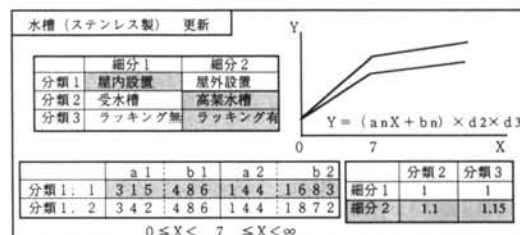


表-8 タイプ1演算方式

ファンコイル 更新				
分類1	細分1	細分2	細分3	細分4
分類2	床置型	天吊型		
分類3	#300以下	#400	#600	#800以上

分類1	b1
分類1.1	1.00
分類1.2	1.18

分類2	分類3
細分1	1
細分2	1.1
細分3	2.1
細分4	1.77

$$Y = B \times d2 \times d3$$

表-9 タイプ2演算式

オイルタンク 更新	
Y	$Y = a_n X + b_n$
X	

a1	0.083	a2	0.045
b1	360	b2	740

$0 \leq X < 10000 \leq X < \infty$

表-10 タイプ3演算式

オイルタンク タンク廻塗装	
Y	$Y = a X^{c/b}$
X	

a	0.0933	b	3	c	2
---	--------	---	---	---	---

表-11 タイプ4演算式

ビルマルチカセット 更新	
Y	$Y = b_n$
X	

Y	b _n
3.6	240
5.6	260
7.1	270
8	285
9	300
14	400

表-12 タイプ5演算式

給水配管 更新	
Y	$Y = a_n X$
X	

用途	単価
事務所	5.6
工場	5.8
店舗	11.2
病院	19.2
学校	4.4
集合住宅	8.4
ホテル	19.2
倉庫	11.2

表-13 タイプ7演算式

1.15 (千円) となる。(X:容量)

○タイプ2 $Y = b \times d2 \times d3$

本タイプは分類1によって基本金額が決まり、分類2, 3の仕様の差異による補正係数を掛けて最終金額を算出する。表-9のファンコイルの例では天吊型/カセット/#800以上では、Y(更新費) = $118 \times 2.1 \times 1.77$ (千円) となる(表-9)。

○タイプ3 $Y = a_n X + b_n$

表-10に見られるようにタイプ1の補正係数を持たないシンプルな演算方法であり、多くの機器がこれに当てはまる。

○タイプ4 $Y = a X^{(c/b)}$

表-11に見られるようにタンク、水槽等の塗装に関連する修繕項目にこのタイプが発生する。設備機器の場合は建築に比べて塗装面積が少ないため、修繕面積に余り影響を受けずに費用が発生する。

診断シート (油入変圧器)			
調査項目	重み付け	判定値	判定の基準
外観	1	1	- 外箱、ブッシング等に汚れ、変色、腐食、損傷がない。 - 漏油、噴油等の形跡がない。
		0	- 外箱に部分的な変色、腐食がみられる。 - ブッシングが汚れたり、変色している。
		-1	- 外箱に全面的に腐食したり、部分的に著しく腐食した箇所がある。 - ブッシングの亀裂や、導体部の過熱による変色がみられる。 - 漏油、噴油、噴煙の現象がみられる。
保守状況	2	1	- 日常点検を実施するとともに、1年に1回以上定期点検、端子部の増締めを実施し異常のないことを確認している。 - 運転中の変圧器温度を常時チェックし異常過熱のないことを確認している。
		0	- 0程度より悪く、2程度より良い状況である。
		-1	- 定期点検を3年以上実施していない。
運転状況	1	1	- 異常音、異常振動がない。 - 周囲温度は、常に30℃(変圧器温度50℃)以下である。
		0	- 0程度より悪く、2程度より良い状況である。
		-1	- 異常音、異常振動がある。 - 周囲温度が、常に40℃(変圧器温度90℃)を超えている。
補修・事故歴	1	1	- 落雷、短絡事故等の経緯はない。 - 火災、水害、地震等の被災はない。
		-1	- 上記の事故、被災の経緯がある。

表-14 診断シート (油入変圧器)

○タイプ5 $Y = b_n$

表-12に見られるように、電線や換気扇の様にあるステップで仕様が上がっていき、それに伴って更新費用も上がっていくタイプである。

○タイプ6 $Y = b$

部品交換の様に、機器の容量や仕様の差異に関わらず一定の費用が必要となるタイプである。

○タイプ7 $Y = a_n X$

表-13に見られるように、給水配管等を正確に数量を拾うことなく事務所、工場といった様に建物用途によって過去の修繕・更新工事実績から単価/m³を基準データとしこれに延べ面積を掛けることによって概算費用を算出しようとするタイプである。特に、竣工後年数を経た既存建物等では工事記録がなく個別の数量を拾うことは困難であるため過去の統計データを利用する方法は有効な手段となる。

5.4

診断機能 本LCC解析システムのもう1つ大きな特徴は点検・診断機能を備えていることである。LCC管理は単に長期の保全計画を作成するだけでなく、これに基づき長期にわたる保全業務の支援を行う必要がある。このため、運用状況にある建築や設備の状況を点検し、保全計画の見直しやリニューアル・リフォーム計画の作成を行う。具体的には表-14に見られる様に個別部材、機器別に点検項目

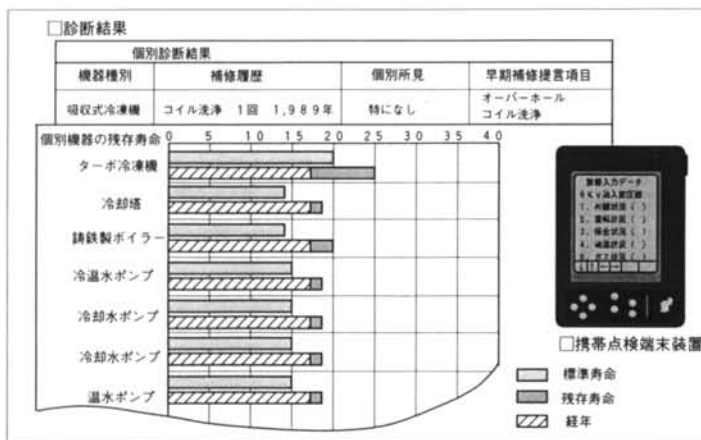


図-20 携帯点検端末, 点検結果

を定め点検を行う。

点検は、現地で容易に実施できるように図-20に見られる携帯点検端末装置にLCC計算で作成された部材・機器データを予め登録しておき実施する。点検端末装置は機能的には小型のコンピュータ機能をもっているが携帯を目的としてしているため、その操作はペン入力によって行い、表示能力は320×240ドットで通常のCRT表示の1/4となっている。このため効率良く点検を行うため個別部材、機器を機能別に3段階の階層分類とし、これを順次表示することにより効率よく機器の選択が可能なシステムとなっている。また点検状況も評価項目を選択方式とし容易な入力を可能としている。

診断結果はICカードを経由してLCC解析システムに入力される。これにより耐用年数の標準偏差を式(1)、式(2)によって計算し、残存寿命を算定する。

診断実施者は、計算結果に基づき早期修繕項目等を検討し新しい保全計画を作成する。

$$\text{残存寿命} = \text{平均耐用年数} + \text{標準偏差} \times \alpha \quad \dots\dots(1)$$

$$\alpha = \frac{\Sigma(\text{診断判定値} \times \text{重み付け})}{\Sigma(\text{重み付け})} \quad \dots\dots(2)$$

<参考文献>

<参考文献>

- 1) 財団法人建築保全センター：“建築保全業務共通仕様書” 経済調査会(1994年)
- 2) 財団法人建築保全センター：“建築設備の維持保全と劣化診断” 経済調査会(1995年)
- 3) 財団法人建築・設備維持保全推進協会：“建築物のLC評価指針” 建築・設備維持保全協会(1995年)
- 4) 財団法人建築保全センター：“建築物修繕措置判定手法” 経済調査会(1993年)

§6. まとめ

本システム開発にて開発された技術はシミズビル総合管理センターを中心に展開されている。

ビル総合管理センターでは、平成8年1月現在、約30件の建物遠隔監視と約15件のエネルギー解析・診断を実施している。これらの展開成果は電気設備学会やCIB（国際建築研究情報会議）で一部紹介をしているが、

- ・設計者の意図どおりに稼働していない状況の発見と是正
- ・能力を発揮していないシステムの発見と是正
- ・解析実績に基づく効率的な運転方式の実施

といった、多くの改善実績が得られている。多くの建物を長期にわたる解析・診断に基づき効率的な運営管理することは、施主における省エネルギー・長寿命化といった個別の経済的效果に留まらず、最適運転による電力の平準化の実現などにより地球資源の有効活用、地球環境保全といった社会的ニーズにも寄与できるものと期待される。