

住友金属テクノロジー(株)
(財)発電設備技術検査協会

○ 田中 健一、植松 幹雄
齋藤 潔、西村 真琴

1. 結 言

火力発電設備では、電力需要の変動に伴い頻繁な起動停止を伴う過酷な運転が必要となる設備が多く、これらの経年発電設備の信頼性を維持するため、主要機器に対する余寿命管理が重要である。

そこで、(財)発電設備技術検査協会が通商産業省の委託を受けて実施した「設備診断技術実証試験委員会」では、保修技術者を対象とするパソコンベースの余寿命評価システムを開発した。この余寿命評価システムでは、ボイラ及びタービンの高温高圧部位を対象として損傷評価に必要な診断法を適切に選定して評価できるように構成した。このシステムで、取り上げた各種の損傷評価手法中の解析法（FEM等で求めた対象部位の温度、応力あるいはひずみの大きさと運転時間、又は起動停止回数から損傷を評価する手法）では、損傷評価のための材料特性データが必要になる。そこで、ここでは、主としてクリープと疲労に関するデータを蓄積し、そのデータの検索および選定と、各種のフィッティング法による損傷評価曲線の作成を行うことのできるデータベースシステムを開発した。図1に余寿命評価システムの全体構成を示す。

2. データベースの構造と機能

開発したデータベースは、クリープ損傷と疲労損傷の1次損傷評価システムで使用することを主目的としたものであるが、これらの試験データを

蓄積あるいは整理するための金属材料データベースとして単独で使用することも考慮した。

2.1 データベースの構造

開発したデータベースシステムの概略機能を図2に示す。本データシステムは大きくは、試験データを入力する試験データ入力部と、必要なデータの検索及び絞り込みをする条件検索部と、試験データをグラフ表示してフィッティングを行う試験データの解析・評価部からなる。

試験データとしては、クリープ特性データと疲労特性データを取り扱うこととし、引張特性、硬さ特性も取り扱えるようにした。

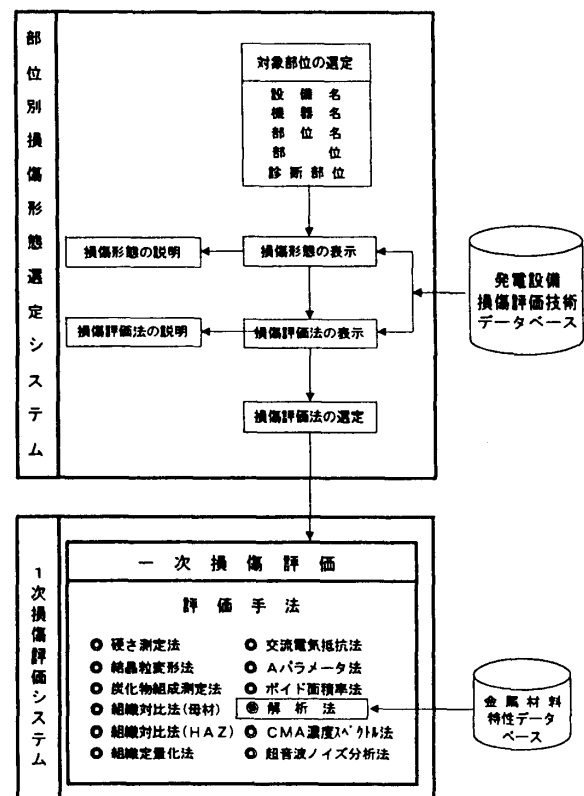


Fig.1 Residual life evaluation system

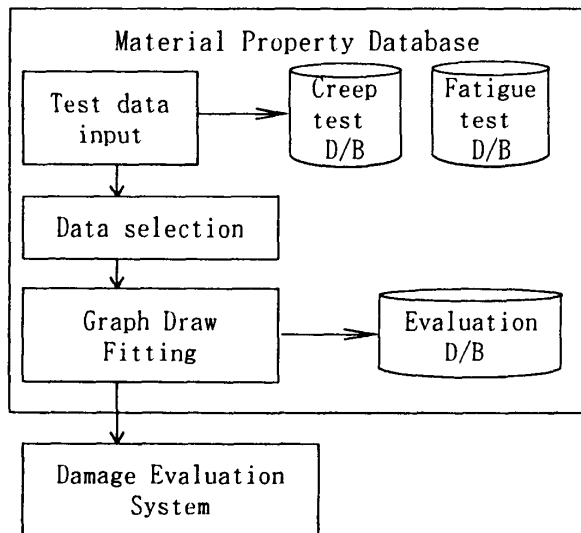


Fig.2 Principal flow of the database system

Table.1 Data structure of the data base

MATERIAL層 (材質情報)	鋼種名、主要成分表示、 JIS規格名、備考
SPECIMEN層 (試験材情報)	試験材の製造法、熱処理履歴、 化学成分、製品形状(板材、丸 棒材、管材 等)
CONDITION層 (試験条件)	試験法、環境、試験機関、 試験実施年、備考
SOURCE層 (データ源情報)	データ登録日、出典、データ 登録者、アクセス権、備考
PROPERTY層 (材料特性情報)	硬さ特性、引張特性、 疲労特性、クリープ特性

損傷評価に使うデータはその出所、来歴が明確である必要があるため、必要な情報はできるだけデータの属性として格納できるように考慮した。データ属性が多くなり、入力、検索及び表示が煩雑になるのを避けるためにデータは表1に示すような階層構造とした。

データベースへ登録するデータは、損傷評価に使用するデータをユーザーが選択して入力することになるが、あらかじめ格納してある既存の標準データから選択して使用することもできるようにした。

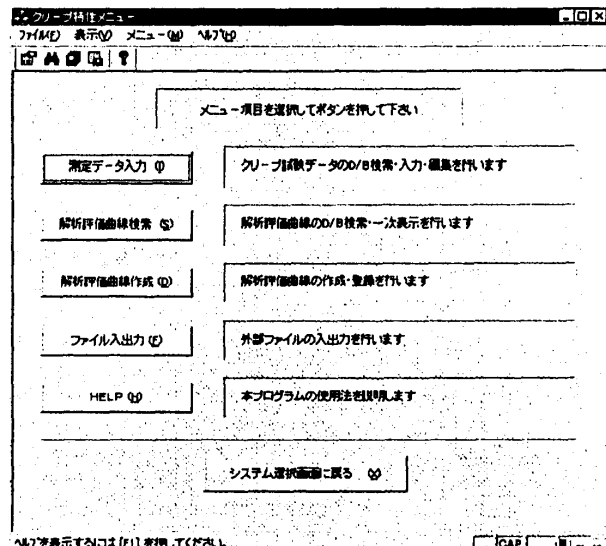


Fig.3 Main menu of the data base system

標準データとしては、金属材料技術研究所発行のクリープデータシート及び疲労データシートから代表的なボイラ用材料及びタービン用材料を選択してデータベースに登録した。また、発電技検の「設備診断技術実施試験委員会」で実施した長時間運転した実機蒸気タービン高圧外部車室のクリープ損傷部位から切り出した供試材のクリープデータも合わせて登録した。

登録データは、初期登録データ（標準データ）と個別ユーザーの追加登録データを区別し、管理し、データ保護できるようにした。

登録した試験データから検索抽出したデータをグラフ化し、データフィッティングした結果は、解析・評価データベースに登録することができ、必要に応じてこのデータベースを検索して呼び出すことを可能にした。

図3にメニュー画面を示す。メニュー画面から、

- ① 試験データの入力およびデータの検索
- ② 解析評価結果の検索
- ③ 解析評価曲線の作成
- ④ ファイル入出力および
- ⑤ 本プログラムの使用法のHELP表示が選択できる。

2.2 条件検索・絞り込み機能

試験データデータベースから必要なデータに絞り込むには図4に示す検索画面を使用する。検索画面のデータ検索条件入力欄に必要な検索条件AND、OR等を入力することにより検索の実行を可能にした。登録されている多数の項目から、利用者が絞り込みたい項目を容易に指定できるように、画面左上のプルダウンメニューから階層を選び、登録されている材質や試験温度など、所望の項目をマウスで選択し、検索条件欄に確定することができる。

数値データに対する範囲指定や、文字データに対する検索や不確定文字を含む検索も可能にした。

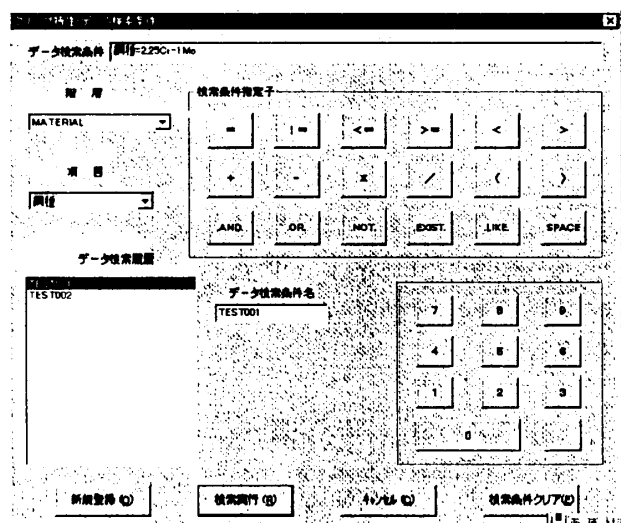


Fig. 4 Data search window of the Database system

Fig. 5 Example of the result of data selection

検索条件は必要に応じて、名前をつけてファイルに保存することができる。保存ファイル名が左下のデータ検索履歴欄に表示されるので、所望のファイルを選択して検索条件として再利用したり、条件を一部修正・追加して検索することを可能にした。検索結果の例を図5に示す。

2.3 データ解析・評価機能

試験データベースから抽出したデータをXY点列としてファイル出力し、グラフ化やデータフィッティングを可能にした。主な機能を表2に示す。

フィッティング手法は丸め誤差による精度劣化を少なくするため、直交化法による最小自乗近似法を採用した。

図6に5レベルの温度で実施したクリープ試験結果をLarson-Millerパラメータで2次式フィッティングした例を示す。なお、クリープパラメータフィッティングでは、パラメータの定数および次数をユーザー指定の値とすることも、最適化手法により自動決定してフィッティングすることも

Table. 2 Data fitting and evaluation

グラフ表示	
(a)	グラフの種類 (普通尺、片対数、両対数)
(b)	単位変換可能 ($\text{N/mm}^2 \leftrightarrow \text{kgf/mm}^2$)
(c)	X軸、Y軸の最大値・最小値の設定可能
(d)	データプロット 記号・色の選択
(e)	データの重ね合せ表示
(f)	未破断データの矢印表示
データフィッティング	
(a)	多項式近似 (1～5次式)
(b)	べき乗式
(c)	指数式
(d)	信頼区間表示 (95%及び99%)
損傷評価のための特殊フィッティング	
(a)	クリープパラメータ表示 Larson-Miller, Orr-Sherby-Dorn Masnson-Haferdパラメータ
(b)	疲労特性表示 低サイクル疲労 : Manson-Coffin式 高サイクル疲労 : Storomeyer式

