

ダムゲート・水圧鉄管を対象とした設備診断システムの開発と運用

電力中央研究所 正会員 ○山本 広祐
 広島大学 フェロー会員 中村 秀治

1. はじめに

著者らは、水力発電所のダムゲートおよび水圧鉄管を対象に、データベース、3次元構造解析プログラム、エキスパートシステムを統合した健全性診断システムを開発し、1992年より日本国内の電力会社向けに運用を続けてきた。当初は大型計算機上で運用を行っていたが、その後のネットワーク技術の進展を背景として1999年にインターネット環境に移行し、さらに2003年4月からは独自のサーバーを設置して利用環境の改善と適用先の拡大に努めている。本論では、本システムの位置付け、開発方法、利用環境の変遷、利用実績などを概説し、今日的なネットワーク環境下における設備診断システムのあり方について考察する。

2. 設備診断システムの位置付け、利用形態、主要な機能

(1) システムの位置付けと利用形態 図1に維持管理業務の典型的な流れと電力中央研究所が開発した各種システムの関係を示す。健全性診断システムは、通常の巡視・点検で詳細調査の必要性が認められ、鋼材の板厚調査や応力・変位・振動調査がなされたときに活用するものである。遠隔観測システムは、経年劣化した構造物の重点監視を目的に開発されたシステムである¹⁾。ライフタイム・データベースは、巡視・点検・詳細調査の実施項目から長期間にわたってデータ管理を行う必要のあるものを抽出し、それらの保管を行うもので、健全性診断システムおよび遠隔観測システムの基盤に位置付けて各種システムの効率的な運用を図っている。

これらのシステムは、電力中央研究所内に設置された電力会社向けウェブサーバーから情報提供を行っており、電力会社LANに接続されたPCをクライアントとしてWWWブラウザから利用することができる。

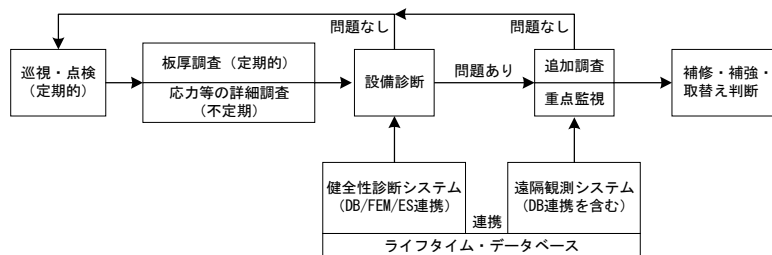


図1 維持管理業務における設備診断システムの位置付け

(2) データベースシステム ダムゲート 340 地点、水圧鉄管 1140 地点のデータが格納されており、各々、設備概要、構造形態、外観状態（腐食、変形等）、使用状態（操作性、過去のトラブル等）、構造解析モデル（構造物の代表的な寸法）、実測値（変位、応力、腐食量等）、設計時の断面を用いた構造解析値、腐食減肉した断面を用いた構造解析値等のデータ項目が準備されている。データベースは、現在、会社単位に分割されており、IDおよびパスワード管理により機密性が確保されている。

(3) 3次元構造解析システム ダムゲート、水圧鉄管の構造解析モデルを数十種類内蔵した3次元有限要素解析プログラムである。構造解析は、長方形シェル要素、三角形シェル要素、梁要素等を用いて詳細に実行されるが、利用にあたってはデータベースに構造形態、構造物の代表的な寸法、荷重、腐食量を入力するだけでよい。本解析システムを利用すれば、指定した構造物について設計時の状態および腐食が進行した状態での応力解析や振動解析を行うことができ、板厚の経年変化に伴う応力・変位変化率を把握することができる。また、ダムゲートについては、解析水位および経過年数をパラメータとした数値的検討が実施できる。

(4) エキスパートシステム データベースに入力された外観状態、使用状態、現地実測値、構造解析結果に基づいて構造力学的診断、破壊力学的診断（水圧鉄管のみ）、経験的診断を一括処理してレポートを出力する。また、腐食の進行に伴う構造物の余寿命（線形外挿による推定）について参考値を得ることができる。

キーワード：インターネット、水力発電所、維持管理、設備診断システム

連絡先：〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646, Tel (04) 7182-1181（代表）、Fax (04) 7182-5934

3. 設備診断システムの開発経緯と運用方針

電力 10 社の維持管理部門を対象として 14 年に及ぶ運用を行い、この間に 2 度のシステム更新を行った。表 1 に、システムの開発経緯と主な変更点を示す。この中で著者らが重点を置いたのは次の事項である。(a)データは電力中央研究所のサーバーで一元管理する。(b)インターネット上で WWW ブラウザを介して 3 次元構造解析が実行できる。(c)エキスパートシステムのみクライアント PC にダウンロードして用いる形とし、利用者が固有の診断ルールを追加できる。(d)設備診断（特に構造力学的診断）では、実測値と構造解析結果の対比（図 2 参照）と経年変化の把握を重視する。(e)セキュリティ上の問題からファイルのアップロードを禁止する。(f)統計機能を強化し、利用状況の詳細な分析に努める。

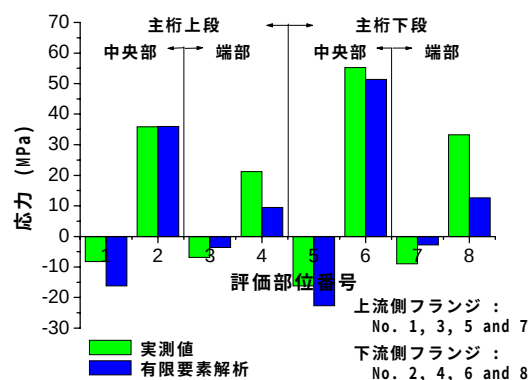


図 2 ダムゲートの主要部材における実測値と構造解析結果の対比

表 1 設備診断システムの開発環境の推移

	Version 1 (1989.4～1999.6)	Version 2 (1999.7～2003.3)	Version 3 (2003.4～)
計 算 機	大型汎用計算機	Unix サーバー（共用）	Unix サーバー（専用）
開発環境	(a)画面処理，データ入力 フルスクリーンエディタ (b)データベース（DB） RDB 管理システム (c)構造解析システム FORTRAN (d) エキスパートシステム（ES） ES 開発ツール	(a) WWW サーバー Netscape Enterprise Server (b) 画面処理，データ入力 Perl, SQL, JavaScript (c)データベース（DB） RDB 管理システム Sybase (d)構造解析システム FORTRAN (e) エキスパートシステム（ES） 表計算ソフト	(a) WWW サーバー Apache (b) 画面処理，データ入力 PHP, HTML, JavaScript (c)データベース（DB） RDB 管理システム PostgreSQL (d)構造解析システム FORTRAN (e) エキスパートシステム（ES） 表計算ソフト
通信環境	モデム，エミュレータ（端末利用ソフト），公衆電話回線	インターネット （エクストラネット）	インターネット （エクストラネット）
使用端末	大型計算機専用端末	クライアント PC	クライアント PC
出力環境	文字：ページプリンタ 図：FAX	文字・図ともにウェブ画面表示 あるいはファイル転送が可能	文字・図ともにウェブ画面表示 あるいはファイル転送が可能
移行目的		インターネット上で利用できるシステムに変更	WWW サーバー，DB 管理システムをフリーソフトに変更
拡充機能		・ゲートのパラメータスタディ ・データのダウンロード ・会社単位での利用統計取得	・ライフタイム・データベース ・電子マニュアルの拡充 ・ユーザ単位での利用統計取得

4. 利用実績

1992 年以降の利用実績を表 2 に示す。1998 年までが大型計算機，1999 年以降がインターネット環境下でシステムを運用していた時の数値である。土木構造物は一般に寿命が長く、設備診断の実施間隔が長い年度毎の利用頻度にはばらつきが見られる。過去にシステム運用上の大きな問題は生じていないが、利用者から解析モデルの詳細化や様々な荷重条件への対応といった機能的要望が最近出てきている。

表 2 1992 年以降の利用実績

年度	利用会社	アクセス 回数	DB参照 回数	構造解析 回数	結果参照 回数	ファイル転送 回数
1992	5			197		
1993	3			108		
1994	5			90		
1995	1			6		
1996	2			84		
1997	4			254		
1998	6			191		
1999	6	387	376	499	128	258
2000	7	144	122	137	163	138
2001	4	233	138	86	120	85
2002	4	423	92	51	44	62

5. まとめと今後の課題

本論ではインターネット環境下で利用できる設備診断システムを紹介し、維持管理におけるシステムの位置付け、利用形態、開発経緯、運用方針、利用実績を概観した。電力 10 社以外からも利用のニーズが認められることから、構造解析機能の多様化と利用状況に応じた課金システムの構築を近い将来行う予定である。

参考文献 1) 塩電裕三他：遠隔モニタリングシステムの水力鋼構造物への適用，土木学会年次大会，2003.9.