

II-13 安全管理を目的としたダム堤体挙動観測システムの開発

(株)ジオテック 川口 克己

(株)ジオテック 岩井 直康

(株)ジオテック ○齋藤喜代子

1. はじめに

最近、社会資本の維持管理を合理的かつ効率的に実施するための技術開発が必要なことが強く認識されるようになってきた。我が国の主要社会資本の一つであるダムについても例外ではない。

ダムの場合、構造面からの安全性を維持するための管理（安全管理）において、堤体や基礎の挙動監視は不可欠とされ、そのための計測器の設置が法的にも義務づけられている。最近の傾向として、計測作業の自動化の進展に伴い、設置計器の種類や数、測定頻度が増大していることが指摘できる。また、施工管理を目的とした計測が多用されるようになり、完成後には必ずしも必要でない計測が継続されている場合も少なくないようである。これに伴い、維持管理段階で得られる計測データの量は膨大となり、補正／換算、作図、作表等のデータの加工作業に多大な時間と労力を要する、的確な判断を即決的に行うのが難しい、大量のデータが整理不十分のまま保管されがちで有効利用につながらない、などの問題も生じてきた。

筆者らは、大型の社会資本を対象として、安全管理のための挙動観測を確実かつ効率的に実施するための作業システムについて、多角的方面から検討を進めてきた。本報では、コンクリートダムを適用対象として開発した堤体挙動観測システムについて紹介する。本システムは、堤体挙動に関する種々の計測データを一元的に収集・加工し、安全管理に利活用しやすい形にしてダム管理技術者に提供するものである。

2. システム開発の基本要件

システムの開発にあたって、コンクリートダムに関する現状を詳細に分析したうえで、次のような基本要件を設定した。

- ①データ収集の方式はオンラインとオフラインの2つとし、収集した両者のデータについては同様の処理ができること。なお、システム的前提とする測定項目およびデータ取得方式は表-1に示すとおりとする。
- ②システムの利用者は、データの取得／伝送（オンラインの場合）やデータの格納／演算処理等に携わることなく、情報化された結果の監視のみに専念できること。
- ③測定結果の監視は、その目的に応じて、対象項目や測点、期間等を限定して行えること。
- ④操作が容易でスピーディに行えること。
- ⑤将来のシステム機能拡張や機器更新に柔軟に対応できるシステム構成とすること。
- ⑥データ破損時の復旧が容易であること。
- ⑦特定のダムを想定したシステムではなく、あらゆる程度の汎用性を持ち不特定多数のダムに適用可能なシステムとすること。

表-1 対象とする測定項目とデータ取得方式

測定項目		データの取得方式			
		遠隔自動測定	現地手動測定	外部の測定システム	
排水量	三角堰流量	◎	○	—	
	観目排水孔の排水量	△*	◎	—	
	基礎排水孔の排水量	△*	◎	—	
変形	堤体の水平変位量 (I-74754542)	◎	○	—	
	岩盤の水平変位量 (90-5754542)	◎	○	—	
	岩盤の変形 (岩盤変位計)	◎	○	—	
揚圧力	ブルドン管圧力	△*	◎	—	
	間隙水圧	◎	○	—	
応力	堤体の応力	◎	○	—	
	岩盤の応力	◎	○	—	
ひずみ		◎	○	—	
堤体観目の開き		◎	○	—	
温度	堤体内部温度	◎	○	—	
	岩盤温度	◎	○	—	
地震動	地震発生時刻	△	—	◎	
	最大加速度値	△	—	◎	
貯水位		—	—	◎	
降水量		—	—	◎	
気温		—	—	◎	

注) ◎：標準システムにおいて基本とするデータ取得方式

○：標準システムにおいて補助的に用いるデータ取得方式

△：システムに取り入れ可能なデータ取得方式

*：最近では、各排水孔の排水量および揚圧力を自動測定するシステムが開発されている。このシステムは、流量測定→バルブ開→一定時間経過→圧力測定→バルブ開の一連作業を自動的に実施するものである。

3. ダム堤体挙動観測システムの概要

(1) 機器構成

システムの構成機器は、データを採取／収集する集録系と集録したデータを加工／出力／保存する処理系とに大別できる。基本的なシステム構成を図-1に示す。

集録系の機器は、各種観測計器、自動多点切替器、自動測定器、集録用パーソナルコンピュータ、伝送機器等である。処理系には、処理用パーソナルコンピュータを中心に、ハードディスクドライブ、光ディスクドライブ、CRTディスプレイ、ページプリンタ、X-Yプロッタなどが含まれる。2つのパーソナルコンピュータを通信線で結び、制御命令およびデータを送受信することにより、全体が統合される。

観測計器は堤体や基礎岩盤の必要箇所に各々設置されるが、自動多点切替器および自動測定器については、監査廊内やダム近傍に現地測定室を設けてそこに設置し、集録用パーソナルコンピュータおよび処理系機器については、ダム管理事務所に設置することを標準としている。電気式計器は、ケーブルを現地測定室まで延長し、そこで自動多点切替器を介して自動測定器に接続される。自動測定器と集録用パーソナルコンピュータとの接続には光通信ケーブルを用いている。

また、雷の影響を考慮し、堤体に設置する計器や測定用機器には耐雷対策機器を付加している。電源供給側にも、耐雷対策機器を付加するとともに、停電対策用として無停電電源装置を設置している。

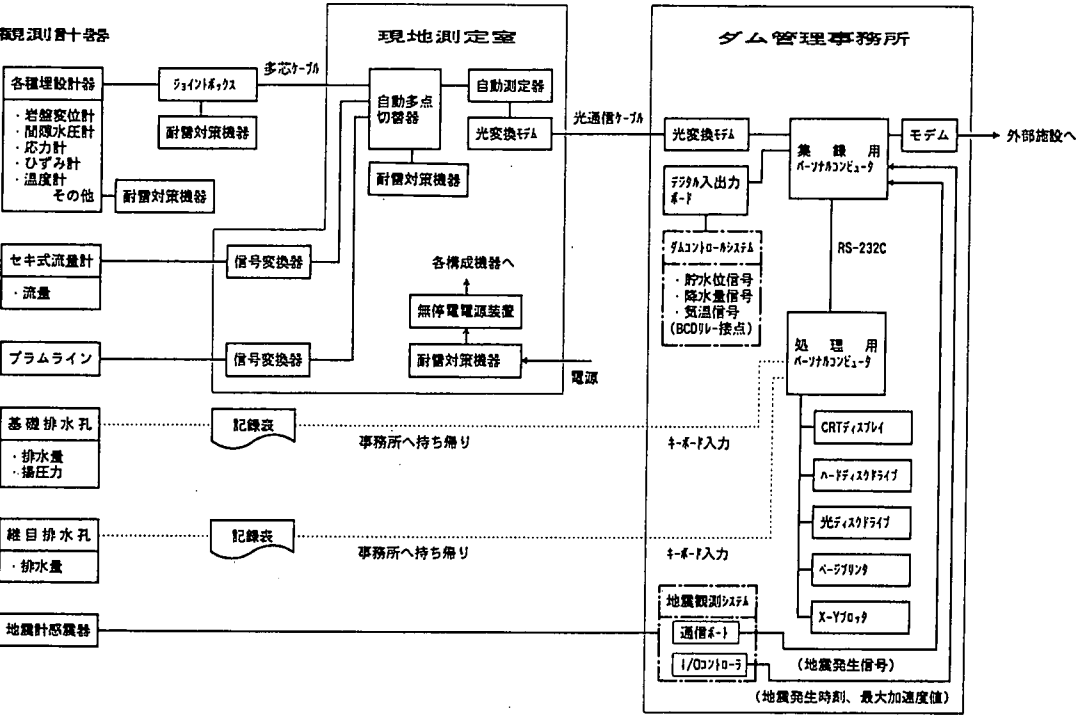


図-1 システムの基本的な構成

(2) オペレーティングシステムおよびプログラム言語

オペレーティングシステムとしてMS-DOSを採用し、プログラムはBASIC言語を用いて作成した。プログラムの実行は、コンパイルしたファイルで行っている。なお、データは、各種解析を目的とした汎用ソフトウェアへの互換を容易とするため、MS-DOSのテキストファイルで測定日時別に格納している。

(3) システムの機能

システムの主な機能は、次のとおりである。

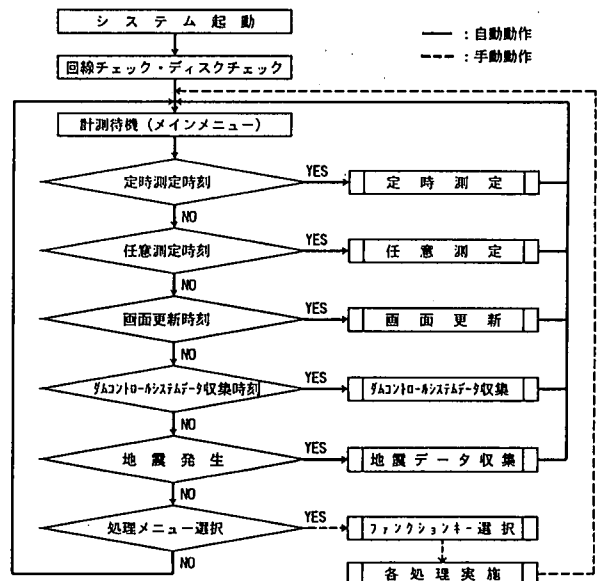
- ①自動測定の実施：コンピュータとオンラインで結ばれた観測計器のデータを指定された時刻に収集する機能である。自動測定は、定時測定と任意測定との2通りの設定が可能である。定時測定は、毎日正時（基本的には午前9時）を起点として一定の時間間隔で行うもので、その間隔は最短5分～最長24時間の範囲で選択が可能である。任意測定は、定時測定とは別に臨時に測定を行うもので、測定開始時刻、時間間隔、測定回数等の条件をその都度指定して行うことができる。
 - ②外部測定システムの測定データ収集：集録用コンピュータとオンラインで接続されている外部の測定システムからデータを収集する。収集先は、ダムコントロールシステムおよび地震観測システムを標準とするが、必要に応じて、気象観測システムや副ダムの挙動観測システム等のデータ収集も可能である。
 - ③データのキーボード入力：現地で手動測定したデータ等については、利用者が処理用コンピュータにキーボードを用いて入力する。必要に応じて、保存データをキーボード操作で修正することも可能である。
 - ④データの補正／換算：測定データに対し、測定項目や計器の種類、測点等に応じて、機械的誤差の消去や測定結果判定の容易化を目的とした各種の補正／換算を行う。補正／換算が必要なデータについては、予め換算式や係数等を設定しており、収録されたデータは自動的に補正／換算される。
 - ⑤データの格納／保存：オンラインで取得したデータおよびキーボード入力されたデータは、必要に応じて補正／換算を行った後、測定日時ごとの同一のデータファイルに格納する。データファイルはハードディスク上に保存するとともに、同時に光ディスクにも保存し、バックアップ機能を持たせている。
 - ⑥図表の作成：各種データをもとに、予め定められた様式に作図／作表し、ディスプレイ上に表示あるいは印刷する。作成する図表の種類、様式、スケール、測点の組み合わせ等については、測定項目に応じて標準的なものを登録しており、利用者側からの指示は不要である。
 - ⑦保存データの再編集：本システムでは、自動測定の頻度は最小で1日1回であり、長期的な経時変化を把握する場合には、図表作成作業が煩雑化するとともに、正確な判断が難しくなる可能性もある。このため、保存データをより粗い頻度で抽出あるいは平均値を算出して再編集する機能を持たせている。
- この他にも、既往データの修正、図表のスケール・測点や計器接続条件の変更などの機能がある。

(4) システムの操作とシステムメニュー

システム全体の作業の流れは、図-2のとおりである。

システムの操作は、基本的には、処理用コンピュータから行う。集録用コンピュータは、処理用コンピュータからの指令に基づいて、データ収集から転送までの一連の作業を実施するため、利用者の直接操作は不要である。その他の作業は、計測待機中表示されるメニューからファンクションキーで選択することによって実施される。

システムメニューは、図-3に示すように10のメニューから構成されている。各メニューの概要を以下に示す。なお、本システムでは、測定結果を図表として出力させるメニューを3つ用意している。それぞれ対象項目や出力方法が異なっており、利



用者の目的に応じて選択が可能である。この点が従来の図化用ソフトウェアと異なる特長となっている。

- ①設定：定時測定について、時間間隔や測定終了時の結果一覧表印刷の有無を指定する。さらに、計測待機画面に表示する測定項目、測点を指定する。
- ②任意測定：任意測定の測定条件（データ格納の有無、測定結果一覧表印刷の有無、時間間隔、測定回数）を指定し、測定開始の指示を行う。
- ③日常管理：ダムの安全性を判断するうえで重要度の高い測定項目を対象として、画面表示を主体として測定結果を図表として出力させる。ダムの管理機関等では、ダムの種類や完成後の経過年数に応じて、計測が必要な項目や頻度を定めており、それに基づいて実施されている日常的な測定結果の監視に適用することを想定したメニューである。標準とする対象項目および図表の種類を表-2に示す。全項目の連続表示と特定項目を指定しての表示の選択が可能である。各図表は連続的に表示されるが、その途中でスケール変更の指示を行い、特定部分の拡大表示も可能である。

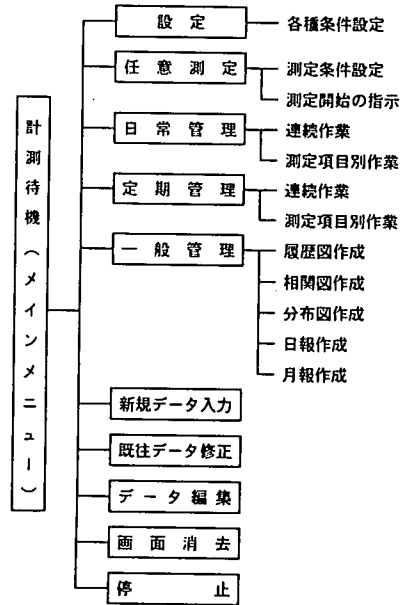


図-3 システムメニューの一覧

表-2 日常／定期管理の対象項目と図表の種類

区分	測定項目	図の種類	備考
日常管理	変形量 (フライト)	相関図	貯水位との相関
		履歴図	貯水位・気温を併記
	三角堰流量	相関図	貯水位との相関
		履歴図	貯水位・降水量を併記
	基礎排水量	分布図	左右岸方向断面
		相関図	貯水位との相関
		履歴図	貯水位・降水量を併記
	雑目排水量	分布図	左右岸方向断面
		相関図	貯水位との相関
		履歴図	貯水位・降水量を併記
定期管理	橋圧力 (パイプ管圧力)	分布図	水頭換算値、左右岸方向
		相関図	水頭換算値、貯水位との相関
		履歴図	水頭換算値、貯水位・降水量を併記
	間隙水圧	分布図	静水圧に対する比、上下流方向断面
		相関図	貯水位との相関
		履歴図	貯水位・降水量を併記
	堤体応力	分布図	上下流方向断面
		相関図	貯水位との相関
		履歴図	貯水位・気温を併記
	堤体ひずみ	分布図	上下流方向断面
定期管理		相関図	貯水位との相関
		履歴図	貯水位・気温を併記
	堤体温度	分布図	上下流方向断面
		履歴図	貯水位・気温を併記

- ④定期管理：日常管理の項目以外の比較的重要度の高い項目を対象とし、測定結果の図表を画面表示を主体として出力させるもので、日常管理より粗い頻度で使用することを想定している。標準的な対象項目と図表種類は表-2に示したとおりである。
- ⑤一般管理：全測定項目を対象として、項目、図表の種類、対象期間等を指定して、図表を印刷させる。データを管理しやすい形に整理して、保管用資料を作成することを目的としている。
- ⑥新規データ入力：年月日時刻を指定し、該当するデータをキーボードを用いて入力する。
- ⑦既往データ修正：保存されているデータファイルを呼び出し、キーボード操作でデータ修正を行う。
- ⑧データ編集：既往データを指定した頻度で抽出あるいは平均値を算出して、再編集する。
- ⑨画面の消去：画面表示を消去させる。
- ⑩停止：MS-DOSの環境下へ移る。

4. おわりに

本システムは、維持管理段階の計測／データ整理作業を行う担当者の負担を軽減し、データの効果的かつ効率的な活用を促すことを目的としたものである。本システムのプロトタイプシステムは、すでに複数のダムで稼働中である。今後は、進展の著しいコンピュータ関連技術の動向に注目しながら、操作性や処理速度の向上を図るとともに、新たな計測技術やデータ伝送技術の導入についても検討していきたい。