

河川管理用機械設備の集中管理システムの信頼性に関する研究

Study of the Reliability of a Centralized Control System

for River Management Machinery and Facilities

森下 博之*, 吉田 正**, 服部 達也***

By Hiroyuki MORISHITA*, Tadashi YOSHIDA**, Tatsuya HATTORI***

1. まえがき

近年、我が国では、河川氾濫想定区域内の人口・資産の集中が著しく、排水ポンプ設備・水門設備を中核とした河川管理設備は益々その重要性が増加しつつある。しかし、河川管理施設数が増大する一方で管理・操作要員の確保難等の傾向が顕著となり、出水時の管理体制の確保が課題となってきている。

出水時に迅速かつ合理的な管理体制を可能とする方法として、光ネットワークを利用して一定地域の施設を集中的に監視・制御するシステムの採用が検討されている。しかし、これは施設の機能を発揮させるための機器点数が増え、システムが複雑となるばかりでなく、運転操作の機能を一部に集中させることになるため、一ヶ所の故障がシステム全体に影響を及ぼすという可能性も内包している。このため、システムの信頼性面からの検討が不可欠となる。

そこで本研究では、より信頼性の高い集中管理システムを構築することを目的として、集中管理システムの信頼性向上策の検討を行ったものである。

2. 研究方法

2.1. 研究概要

まず、既存の集中管理システムを参考にして、解析対象モデルシステムを設定した。つぎにモデルシステムの各構成機器に対して、信頼性評価手法の一つである FMEA (Failure Mode and Effects Analysis: 故障モード影響解析) を実施し、弱点機器を抽出した。最後に、この結果を基にしてモデルシステムの信頼性向上策、さらに一般的な信頼性向上策についても検討した。

2.2. 既存の集中管理システム

集中管理システムとして実稼働している例として、荒川第一調節池管理設備(関東地方建設局荒川上流工事事務所)がある。同設備は、調節池の治水及び利水運用を行うことを目的として調節池内に広域に点在するポンプ、ゲート、水質保全などの各設備を光ネットワークを介して管理所より遠方集中管理するものである。

2.3. モデルシステム設定

モデルシステムは、管理所(親局)により排水機場と河川ゲート(子局)を管理するものとした。親局の機器構成及び機能は、実際のシステムと同一条件とした。モデルシステムの概要図を図-1に、システム構成図を図-2に示す

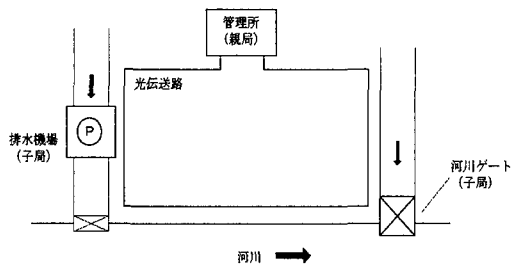


図-1 モデルシステム概要図

3. 研究結果

FMEAを行うにあたり、表-1のように故障等級を定義し、以下の条件で解析した。

■システム目標:

“治水機能に関わる集中管理機能の維持”

Keywords: 河川計画, 防災計画

* 正会員 工修 建設省土木研究所 材料施工部 機械研究室 研究員
** 正会員 同上 室長
*** 正会員 同上 建設技官

〒305 つくば市 旭-1
TEL: 0298-64-2211
FAX: 0298-64-0564

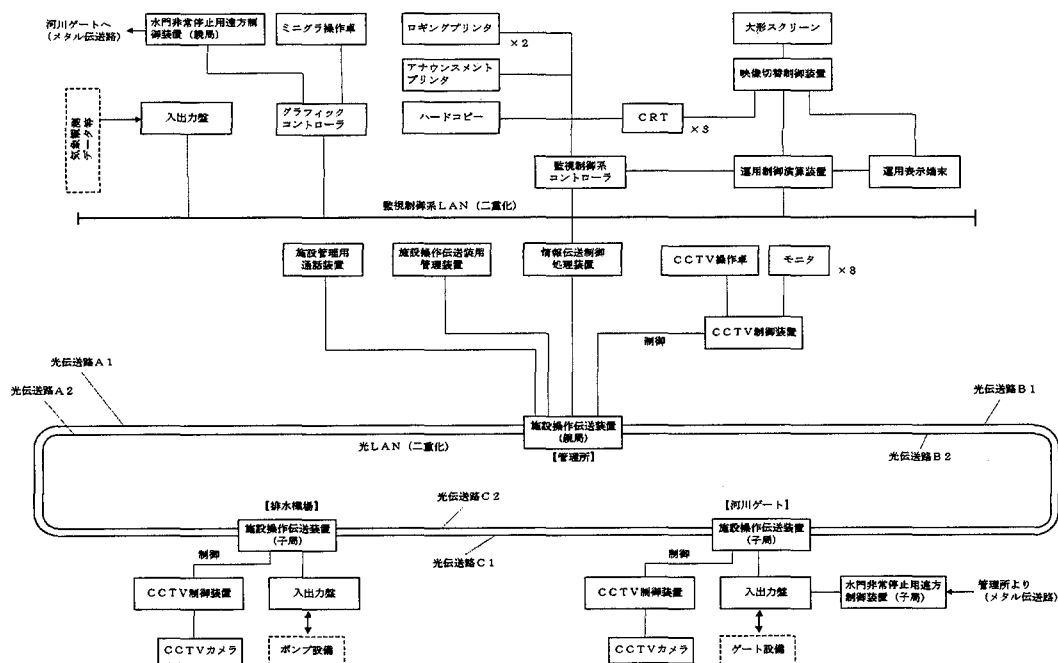


図-2 モデルシステムのシステム構成図

■展開レベル

“各機器ごとの管理可能レベル（機器または取り替え部品レベル）”

表-1 故障によるシステムへの影響評価

故障等級	基本	記事
I 致命的	治水機能に関する集中監視制御機能喪失	設備、機器の故障により直ちに機能停止に至る
II 重大	短時間あるいは条件付きで運転可能	一定時間内であれば監視制御可能
III 軽微	継続運転可能	継続運転可能であるが、運転終了後故障箇所の点検が必要
IV 微少	当面の運転に支障無	直接監視制御に影響を与えないもので、少なくとも次の定期点検までの正常運転可能

解析により得られた FMEA ワークシートの例を表-2に示す。また、故障等級が I, II の機器一覧を表-3に示す。

4. 考察

4.1. モデルシステムの信頼性向上策

表-3より、故障等級が I の装置が、親局側に3点、2つの子局側にそれぞれ2点ずつある。これらの装置の信頼性向上策を以下にまとめる。

① “情報伝送制御処理装置” 及び “出入力盤” は、

管理所内監視制御系 LAN とローカル側光 LAN の間で伝送プロトコル、データ形式などのデータ伝送に関わる各種変換を行う装置であり、中央一現場間でプロセス情報を受け渡す非常に重要な役割を担っている。したがって、本装置が故障すると CCTV 監視を除く施設すべての状態監視及び操作が行えなくなり、システムの集中管理機能は完全に麻痺状態に陥る。上位側の“監視制御系システム”及び下位側の“伝送系システム”はいずれも冗長性を有しているが、これらと比較した場合“情報伝送制御処理装置”は冗長性がなく、モデルシステムの中で最大の弱点である。対応策としては、これらの機器の制御部もホットスタンバイ方式（運用系と予備系を並列に運転している。運用系に故障が生じた場合、数秒以内に予備系に切り替わる）による二重化を行うことにより、信頼性が向上すると考えられる。

② “制御電源分電盤”は、無停電電源装置を経て供給される電源を各設備へ分配する役割を担っている。したがって、本装置が故障するとシステムの集中管理機能は完全に停止する。したがって、

表－２ FMEA ワークシート（部分）

FMEA ワークシート			システム：河川管理用機械設備				
サブシステム		系統・構成機器	冗長性 レベル	故障の影響		故障 等級	備 考
				サブシステム	システム		
管理所 統局	運用監視	1 運用制御系統	1				
	制御設備	1-1 運用制御演算装置	--	総合自動による制御機能喪失	総合自動運轉運用機能の喪失	II	手動及び個別自動での運転可能
		(1) システムコンソール	--	継続運転可能	継続運転可能	III	
		(2) ハードディスク#1	--	継続運転可能	継続運転可能	III	
		(3) ハードディスク#2	--	継続運転可能	継続運転可能	III	ハードディスクが#1、#2 共故障の場合、状態等級は II となる。
		(4) CPU 本体	--	総合自動による制御機能喪失	総合自動運轉運用機能の喪失	II	
		1-2 運用制御プリンタ	--	継続運転可能	継続運転可能	III	
		1-3 運用表示端末	--	総合自動による制御機能喪失	総合自動運轉運用機能の喪失	II	
		2 監視制御系統	0				
		2-1 情報伝送制御処理装置	--	運用監視制御機能喪失	集中管理機能の喪失	1	

冗長性レベル：0：冗長化されていない 1：部分的に冗長化されている 2：完全に冗長化されている
 故障等級：I：致命的（故障により直ちに機能停止に至る）II：重大（故障後、一定時間運転可能）
 III：軽微（継続運転可能、運転後点検が必要）IV：微少（次回定期点検で対応が必要）

表－３ 故障等級が高い機器一覧

設置場所	機器名	冗長性レベル	冗長性の内容	故障等級	弱点機器
管理所 (親局)	運用制御演算装置	1	ハードディスクの二重化	II	
	運用表示端末	0		II	
	情報伝送制御処理装置	0		I	○
	監視制御系コントローラ	0		II	
	CRT	2	CRTの多重化（3台）	II	
	グラフィックコントローラ	0		II	
	ミニグラ操作卓	0		II	
	入出力盤	0		II	
	監視制御系LAN	2	二重化バス型	II	
	施設操作伝送装置	1	伝送部二重化	I	
	CCTV制御装置	0		II	
	CCTV操作卓	0		II	
	CCTVモニタ	2	モニタの多重化（8台）	II	
排水機場 (子局)	無停電電源装置	0		II	
	制御電源分電盤	0		I	○
	受配電設備	0		II	
	施設操作伝送装置	1	伝送部二重化	I	
	入出力盤	0		I	○
河川ゲート (子局)	CCTV制御装置	0		II	
	CCTVカメラ	0		II	
	無停電電源装置	0		II	
	受配電設備	0		II	
	施設操作伝送装置	1	伝送部二重化	I	○

弱点機器：冗長性レベルが0でかつ故障等級がIであるもの

信頼性向上策としては、予備系統を用意しておくことにより、制御電源分電盤の故障によるシステムダウン時間を最小に押さえることができる。

- ③ “施設操作伝送装置”は全施設の監視制御情報を伝送するための装置であり、その重要性は情報伝送制御処理装置と同等である。本装置は2系統の伝送部を有しており、伝送部の完全二重化がなさ

れているが、制御部が故障した場合は伝送装置の機能を果たさない。したがって、制御部も含めての二重化が必要である。装置自体を二重化する方法も考えられるが、この場合、光スイッチを用いて光信号の切り替えを行っているため、伝送装置を二重化することによる信頼性向上は期待できる反面、光スイッチの増加自体は部品点数が増え

ることによる信頼性低下の可能性が考えられる。

4.2. 一般的な信頼性向上策

(1) 機器の信頼性向上策

集中管理システムにおける一般的な信頼性向上策をまとめると表－4 のようになる。1～6 は、多重化による信頼性向上策である。7、8 は機器自体の信頼性を向上させる方法である。

表－4 機器の信頼性向上策

	信頼性向上策
1	機器全体の二重化
2	制御部の二重化
3	機器間場内電送ネットワークの二重化
4	操作部の冗長化
5	表示部の冗長化
6	機能分散
7	制御機器異状時の自己診断機能
8	制御機器の停電時の自動処理と復電時の自動再起動

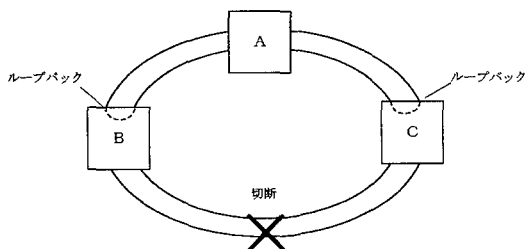
(2) 伝送路の信頼性向上策

1) 二重化光ループ伝送路の特長

二重化光ループ伝送路は、2本の光ファイバー芯線を用いて構成され下記の特長がある。

- ・光伝送であるため誘導雷や電磁ノイズの影響を受けない
- ・運用系ループに異常が生じた場合、予備系ループに切り替わる
- ・ループバック機能を持つため、冗長性が高い

ループバック機能とは、ある伝送装置間で伝送路に障害が発生した場合、障害区間の両側の伝送装置で折り返して（ループバック）伝送を継続する機能である。図－3 にループバックの原理を示す。



図－3 ループバックの原理

2) 伝送路の信頼性向上策

伝送路の信頼性向上策を検討する場合、ケーブル自体の信頼性よりも、外的障害を受けにくいような施工面での配慮の方が重要となるケースが多く、以下のような信頼性向上策が考えられる。

- ・敷設方式は架空よりも埋設が好ましい。
- ・埋設深さは、必要に応じて電気設備技術基準で定められている最低深さより深くし、掘削による障害を防ぐ。（荒川第一調節池では重要区域は埋設深さを2 mとしている。）
- ・直線状に位置する各施設がループ型伝送路で接続される場合は、2本のケーブルが同時に障害を受けないよう、敷設ルートを分離させるなどの検討を行う。河川に沿って設置されている排水機場群を集中監視するような場合では、理想的に考えると復路のルートを河川の対岸とすることが望ましい。
- ・伝送路自体の強度を高めるものとして、電線共同溝の採用などが考えられる。

(3) システムの運転操作を考慮した信頼性向上策

システム全体の信頼性を向上させるには、機器の信頼性向上だけでなく、出水時の施設運用での修復操作、バックアップ操作についても検討を行う必要がある。さらに、最終的に施設の運用を判断し、操作を行う運転操作員のヒューマンファクターも考慮すべきと考えられ、操作員のチームワークやスキルを高める運営手順等を含め、今後の課題である。

5.さいごに

実在する集中管理システムをベースにしたモデルシステムを設定し、FMEAにより信頼性向上のための検討を行った。その結果、モデルシステムの信頼性向上策、並びに集中管理システム一般に共通する信頼性向上策をとりまとめた。今後は、信頼性の定量的な評価、並びにコスト面の検討を行う予定である。さらに、運転支援者の教育や操作支援等についても合わせて検討したい。

参考文献

- 1) 鈴木ほか：FMEA・FTA 実施法，日科技連，1982