

遠隔監視制御を念頭に置いた排水機場の合理化に関する研究

Study on Rationalization of Drainage Pump Station Keeping Remote Supervisory Control in mind

○服部 達也 * (Tatsuya Hattori)
吉田 正 ** (Tadashi Yoshida)
森下 博之 *** (Hiroyuki Morishita)

1. まえがき

近年の治水を取り巻く環境は、河川想定氾濫区域内への人口・資産の集中や都市化の進展等に伴い、降雨から流出に至るまでの洪水到達時間が短縮され、流出量やピーク流量が増大する傾向にある。そのため、豪雨による中小河川の氾濫を防御するため排水機場（図-1、図-2参照）を中核とする内水排除対策事業は、ますます重要になってきている。

排水機場は、施設・規模が拡大し、管理対象施設数が増大する一方で、運転管理操作要員は、若年層の新規参入が少なく熟練者不足と高齢化が進んでいる。このようなことから、出水時の管理体制の確保が課題となってきている。

出水時に少人数で迅速かつ確実な運転操作を可能とする方法として、排水機場内の機械設備を合理化し、遠方から排水機場を監視制御システム（遠隔監視制御、遠制）の導入が検討されている。すなわち、従来排水運転中は運転員や点検員の常駐を前提として計画、運用されてきた排水機場を、無人でも運転可能とするものである。その実現にあたっては、機器構成や運用管理体制の変更を伴うため、これらの検討が必要である。さらに、遠隔操作機器の追加が行われるためコストや信頼性の検討、省力化の評価が必要である。

本調査は、このような背景を受け遠隔監視制御の実現に向けて検討を行った。その結果、遠隔監視制御に向けて機械設備の合理化を行うことにより、省人化や点検項目の大幅な削減が可能かつ、信頼性の維持が可能である反面、建設コストは約10～20%上

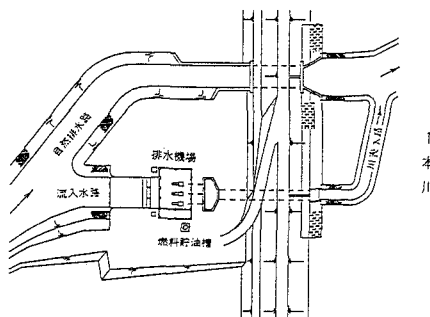


図-1 排水機場平面図

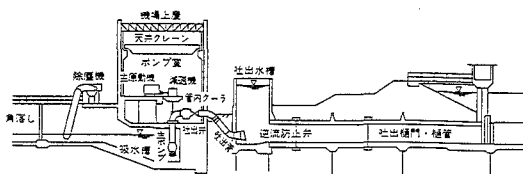


図-2 排水機場断面図

昇となることが分かった。

2. 調査目的

遠隔監視制御を念頭に置いた排水機場について、事業に先駆けて現実的なシステム運用のあり方を他面的に検討する必要がある。

そこで本調査は、遠隔監視制御に適した排水機場の機器構成、運用体制、建設コスト、点検項目、信頼性について比較検討を行った。

キーワード：河川計画、防災計画

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

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

3. 調査方法

(1) 調査概要

本調査では、遠隔監視制御システムのメリット・デメリットを検討するため、既存のシステムから、将来のシステムまで比較できるように排水機場のモデルシステムをいくつか想定した。

その上で、モデルシステムに対して、排水運転時の運用管理体制の検討、建設コストの検討、点検項目の検討、信頼性の検討を行った。これらの検討を通して、遠隔監視制御方式の排水機場の実現可能性についてまとめた。

(2) モデルシステムの検討

自動化技術の観点から排水機場の形態を分類すると、現在一般的に行われている操作員常駐排水機場がある。次の段階として、熟練者の効率的な運用をはかる遠隔監視制御排水機場が考えられる。さらに操作遅れのない迅速かつ的確な運転を行い、かつ運転操作員の負担軽減も目的とした自動化排水機場が考えられる。

これらを考慮して、検討モデルシステムは、5 ton/m³×2台のポンプを有する排水機場とし、補機の合理化技術や自動化技術を変えて設定した。(表-1 参照) 以下にその概要を示す。

(a) CASE 1 (従来型排水機場)

現在運転されている機場の代表として、近年導入事例の多い“ディーゼルエンジン+セラミックス軸受け+管内クーラー方式”を導入したもの。

(b) CASE 2 (合理化排水機場)

故障事例の多い補機類を省略するため“ガスタービン駆動方式”を導入し、制御板に PC (Programmable Controller) を導入したもの。

(c) CASE 3 (遠制化排水機場)

表-1 検討モデルシステム

		CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE5
		従来型排水機場	合理化排水機場	遠制化排水機場	従来型の自動化排水機場	合理化型の自動化排水機場
主ポンプ	形 式	縦軸斜流	縦軸斜流	縦軸斜流	縦軸斜流	縦軸斜流
	水 中 軸 受	セラミック軸受	セラミック軸受	セラミック軸受	セラミック軸受	セラミック軸受
	軸 封	無給水軸封	無給水軸封	無給水軸封	無給水軸封	無給水軸封
原動機	形 式	ディーゼル	2軸式ガスタービン	2軸式ガスタービン	ディーゼル	2軸式ガスタービン
	冷 却 装 置	管内クーラー	—	—	管内クーラー	—
減速機	形 式	直交軸傘歯車	直交軸傘歯車	直交軸傘歯車	直交軸傘歯車	直交軸傘歯車
	冷 却 方 式	水 冷	空 冷	空 冷	水 冷	空 冷
制御器	形 式	リレーケタス	PC+リレーケタス	PC+リレーケタス	PC+リレーケタス	PC+リレーケタス
	操 作 方 式	手 動	手 動	遠制・手動	遠制・自動	遠制・自動
補機の常用、予備切替		手動切替	手動切替	手動切替	自動切替	自動切替
自家発の常用、予備切替		手動切替	手動切替	手動切替	自動切替	自動切替
セ ン サ ー		一 重	一 重	一 重	三 重	三 重
主要機器仕様	主 ポ ン プ	φ 1500 2 台	φ 1500 2 台	φ 1500 2 台	φ 1500 2 台	φ 1500 2 台
	主 原 動 機	410 ps 2 台	410 ps 2 台	410 ps 2 台	410 ps 2 台	410 ps 2 台
	歯 車 減 速 機	410 ps 2 台	410 ps 2 台	410 ps 2 台	410 ps 2 台	410 ps 2 台
	発 電 機	62.5KVA 2 台	62.5KVA 2 台	62.5KVA 2 台	62.5KVA 2 台	62.5KVA 2 台

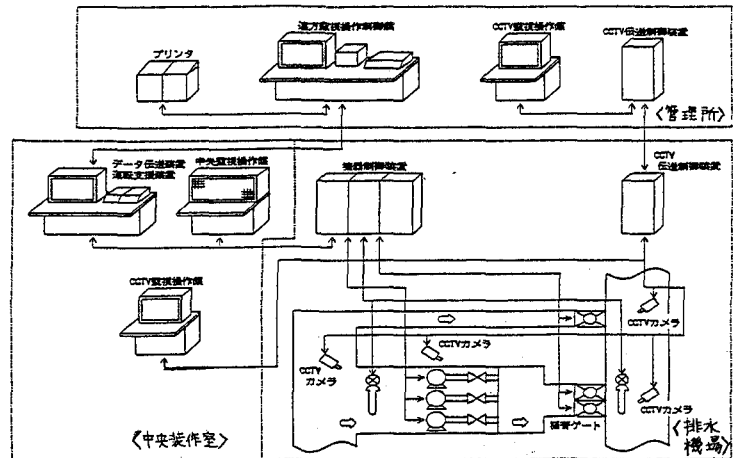


図-3 遠制化、自動化排水機場システム構成図 (情報信号系)

CASE2 の合理化排水機場を、排水機場から離れた場所にある管理所から遠隔監視制御を行うもの。情報信号系のシステム構成図を図-3 に示す。

(d) CASE 4 (従来型の自動化排水機場)

CASE1 の従来型排水機場に自動操作制御システムを導入し、制御機器に PC を導入したものである。

(e) CASE 5 (合理化型の自動化排水機場)

CASE2 の合理化型排水機場に自動操作制御システムを導入したものである。

(1) 運用管理体制

運用シミュレーションは、3パターンに分けて行い、以下のような前提条件を立てた。CASE1, 2では、排水機場毎に運転操作員1人と点検員2人ずつ配置するものとした。CASE3, 4, 5では、排水機場間の距離を5kmずつとし、巡回員は移動に30分、点検に30分かかるものとした。CASE3, 4の点検間隔は従来通り2時間とした。CASE5ではアンアベイラビリティ（故障確率）が低いいため点検間隔を4時間とした。その結果、表-3のようにCASE3, 4では1パーティで2排水機場を巡回可能であり、CASE5では1パーティで3排水機場巡回可能となった。また、3機場を同時に運転する場合、遠制化、自動化により大幅な省人化が可能であることが得られた。

(2) 建設コスト

実現場へ導入する場合には、建設コスト増のデメリットと省人化、信頼性向上、迅速な運転等のメリットを用いて有効性を比較検討する必要がある。

(3) 点検項目

排水機場の運転時点検と、月点検に分けて点検項

表-2 管理・運用体制の比較

項目	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE5
	従来型排水機場 合理化排水機場		遠隔化排水機場	従来型の自動化排水機場 合理化型の自動化排水機場	
管理体制	- 排水機場に、運転操作員、原動機・ポンプ・電気のメンテナンス要員を配置する - 故障発生時には機場内の人員で応急処置を行う		- 管理所には、運転操作員を配置し、運転中の点検は巡回員が対応する - 故障時には巡回員が応急処置をし、点検員がその他の機場の点検を行う - ポンプの始動・停止は管理所から運転操作員が操作する	- 管理所には、監視員を配置し、運転中の点検は巡回員が対応する - 故障時には巡回員が応急処置をし、点検員がその他の機場の点検を行う - ポンプの始動・停止は水位又は吐出量によって自動運転される	
安全体制	操作員が自視点検を行い機場にて安全確認を行う		CCTVや警報設備等を設置し、管理所にて安全確認を行う	CCTVや警報設備等を設置し、管理所にて安全確認を行う	

表-3 運用シミュレーション結果

[illegible]

表一 4 設備構成比率

項 目		従来型 排水機場	合理化 排水機場	遠視化 排水機場	合理化型 の自動化 排水機場
排水場内設備	主ポンプ設備	88%	93%	93%	100%
	主ポンプ駆動設備				
	系統機器設備				
	電源設備				
	操作制御設備				
	付属設備				
運転支援システム					
	CCTV 設備	7%	7%	10%	10%
	自動運転制御装置	—	—	—	3%
管理所内設備	遠方監視操作制御設備	—	—	17%	17%
	データ伝送装置				
	入出力中継装置				
合 計		95%	100%	120%	130%

備考)

- ・合理化排水機場の設備費を 100 とする。
- ・伝送路は含まないものとする。
- ・平均的な費率を求めているため、実際の費率と異なることがある。

目数の調査を行った結果を図-4に示す。CASE1と2を比較すると、設備の合理化により冷却水ポンプなどの補機類が大幅に減ったため、点検項目数も減っている。さらにCASE3,5は、中央管理所から制御関係のセンサー類の出力チェックが常時可能となるため運転時点検が25%低減、また、予防保全システムにより中央管理所で常時監視可能な項目が出てくるため月点検事項が35%低減された。

(4) 信頼性

FTA (Fault Tree Analysis : 故障の木解析) を行い、停止していた排水機場を動かすときの故障確率 (始動失敗) と、運転していた排水機場が止まってしまう場合の故障確率 (連続運転失敗) を求めた。その結果、排水機場の故障発生は、連続運転失敗による故障 (約 0.1×10^{-2}) よりも始動失敗による故障 (約 1.0×10^{-2}) に大きく支配されていることが得られた。

始動失敗におけるアンアベイラビリティ (故障確率 : 系、機器が特定の期間に機能を維持できない確率) の解析結果を図-5に示す。これより、CASE1で機場中央運転から機側修復運転にすると、発電機・原動機の予備機の立ち上げや、軽故障の修理が行えるためアンアベイラビリティが約 50%改善される。また、CASE1, 2(機側修復)を比べると、ガスタービン及び空冷減速機を採用したため、原動機設備と系統機器設備が簡素化され、アンアベイラビリティが約 25%改善される。

また、管理所からの始動失敗は、遠隔制御設備の故障にほぼ支配されているため、運転開始前に遠隔監視設備の点検を行う必要がある。特に CASE3 は、予備機への自動切り替えがないため、補機類 (特に除塵機) の点検間隔を短くするなどの対策が必要である。

5. まとめ

- ①遠隔化、自動化を進めることにより、
運転時の人員を半分以下に省人化可能である
- ②1ヶ所の管理所から3ヶ所の排水機場を運転操作する場合、排水機場も含めた全体コストは10～20%増となる
- ③遠隔化、自動化を進めることにより、運転中点検、月点検ともに、点検項目が大幅に低減できる
- ④点検間隔を短くするなど、設備を合理化し、予備機への切り替えを自動化すれば、遠隔化、自動化しても信頼性を維持できるため、信頼性の観点から実現可能である。

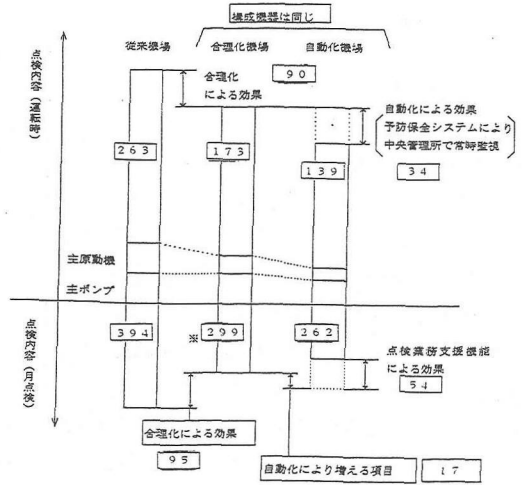


図-4 点検内容の比較

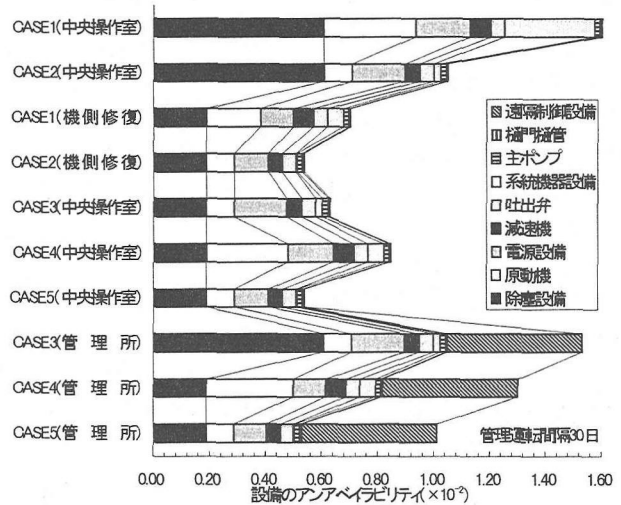


図-5 始動失敗における各サブシステムのアンアベイラビリティ

6. あとがき

本調査を通して、自動化のための運転操作方式の検討としてブロック図の作成や、監視制御機器の検討を行った。これらは設計要領書としてとりまとめた。

現在、遠隔監視制御の次の段階として、集中管理システムについて信頼性解析や信頼性向上策の検討を進めている。