

九頭竜川下流地区のパイプラインシステムの設計について Engineering Design on Pipelines of Kuzuryu-gawa Irrigation Project

中 達雄*
Tatsuo NAKA

1. はじめに 本地区（約 12,000ha）は、前歴事業で整備された開水路を主体とする大規模幹線水路を水田等への農業用水の安定供給のためにパイプライン化を推進するⅡ期事業（農業用水再編対策）である。事業の主目的は、地区の下流部（約 2,100ha）の用水不足のための水源を水管理の向上により確保するものである。平成 11 年当時の当初計画では、上流開水路（導水路）～クローズドパイプライン（国営幹線分）～主要分水口・末端ファームタンクを基本としていた。その後、パイプラインの安全性や末端ほ場整備の進展等を背景に幹線水路系の水路形式がセミクローズドに変更された。

本報告では、本地区の右岸側（ $Q=32.789\text{m}^3/\text{s}$ ）の幹線水路について委員会水管理・バルブ部会での検討内容を紹介するものである。

2. 要求性能とシステム設計の基本

2.1 要求される機能 本事業は、既存水路のパイプライン化が目的であるが、その必要性は、下記の要求される機能による。ここで重要な事項は、従来の開水路方式では、下記の機能を実現することができない点であり、パイプライン化は、性能設計から必然的に選定されたものである。

- ①パイプライン化により用水計画、送配水損失の節減による用水不足地域への用水転用
- ②パイプライン化による水質障害対策
- ③開水路に対する人的安全性の確保（暗渠化）
- ④末端パイプラインの揚水機場の廃止のための水源地点の圧力の下流への伝達（維持管理）
- ⑤水路敷の有効利用

また、システム設計上、①不均等配水の防止、②調整機能の確保、③空気混入や水撃圧発生に対する安全性の確保、④供給者の操作性の確保、

⑤パイプラインの安全性・信頼性の確保などの問題を解決する必要がある。

2.2 水管理方式 別途平成 12 年度当時の水管理の調査では、既存の上流制御の開水路形式における幹線水路の水管理方式は、定比流量制御（Fig.1）による供給主導型水管理方式であると想定されている。また、末端配水系では、①土日の用水需要の集中があり、②パイプライン地区（ポンプ揚水）は、日 10 時間給水（7-17 時）である。整備後の用水計画では、水利権（期別・総量規制）や用水合理化の目的から、分水を供給側が一元管理する供給主導的水管理を原則としている。



Fig.1 幹線水路の取水分水状況（従前：開水路）

Intake and Diversion Condition in Canals

2.3 パイプライン形式の変更 当初計画では、パイプライン末端の流量管理を供給側が行う前提で、経済的なクローズド形式を採用していた。その後、末端ほ場の整備の進展により、パイプライン地区へ直結するエリアが増加し、パイプラインを新設する幹線水路の安全性は確保可能であるが、既設の管材を使用する末端パイプラインへの水撃圧対策等を勘案して、自由水面を有する中間調圧水槽を設けた方式に変更された。しかし、大規模なパイプラインに調圧水槽を設けたパイプライン形式は、我が国では、事例がみられないことから、数年をかけて、慎重な検討が行われることになった。

*(独)農研機構 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering
キーワード 大口径パイプライン、セミクローズド、水理機能、バルブ、PID 制御

3. 調圧水槽の設計と制御方式

3.1 調圧水槽の水理構造 水理構造は、自由水面を持つ水槽とバルブ等による減圧を可能にする構造とした(Fig.2)。本形式では、下流制御方式となり、下流の用水需要の発生と停止により、水の送配水が行われる。なお、管理用水を放流しながらの管理により、制御系の動作の軽減を図ることも検討されたが、放流先の確保が困難なことから実現には至らなかった。十郷調圧水槽の高さは、バルブ等の故障時のリスクを想定して、余水発生を貯留可能な壁高さと各水槽間の管理弁操作によるサージング高さとの余裕高さから決定された。したがって、緊急時の余水は、水槽内で貯留する計画である。ただし、県営パイプラインの安全性確保から、水槽からの流出管理弁に緊急遮断機能(WL>29m)を付加している。

3.2 減圧方法 (バルブ等) の検討 減圧機能については、水槽水位の上昇を抑え、余水の発生を可能な限り抑制する制御特性が求められる。検討では、フロート弁も対象となったが、維持管理や信頼性の問題からバルブによる水位制御が採用された。減圧のためのバルブは、水槽流入工に設置され、十郷調圧水槽では、流量比20%ごとの段階的の流量管理を目的に、異口径 5 台並列 (800~2,200mm) を選定した。また、機種としては、低キャビテーション用バタフライ弁を選定している (Fig.3)。

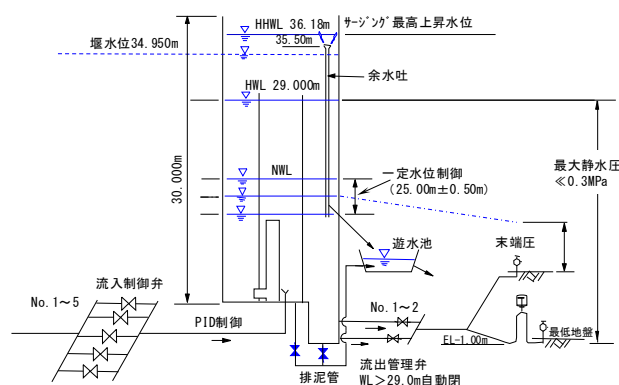


Fig.2 調圧水槽の構造 (十郷調圧水槽)

Pressure Regulating Facility

3.3 自動制御方式 常時では、調圧水槽の水位を一定に制御する水位一定制御方式を導入した (WL25m±0.5m)。バルブの制御方法としては、

水位による ON-OFF 台数制御と PID 制御等を組み合わせ種々の検討をシミュレーションで検討した。委員会では、①水位の高止まり、②バルブの動作順位、③供給主導的な水管理の想定等を検討し、需要変動に応答して安定的なバルブ動作を可能とする PLC (Programmable Logic Controller) 制御方式を採用することになった。本制御方式は、シーケンス制御専用のマイクロコンピュータを利用した制御であり、5 台のバルブを 1 台のバルブと仮想しての PID 制御をあらかじめプログラムによって表現し、これを逐次実行するものである(Fig.4)。

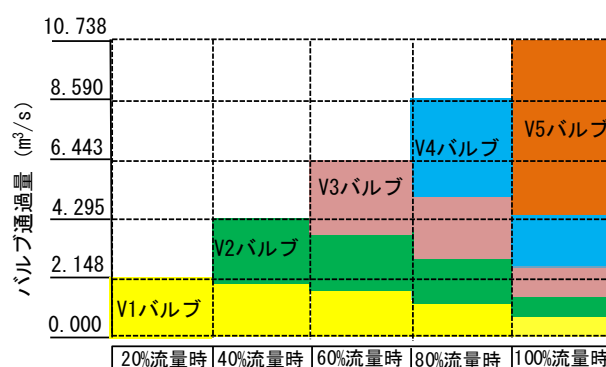


Fig.3 バルブ通過流量 (十郷用水)

Flow rate Pattern of Valves

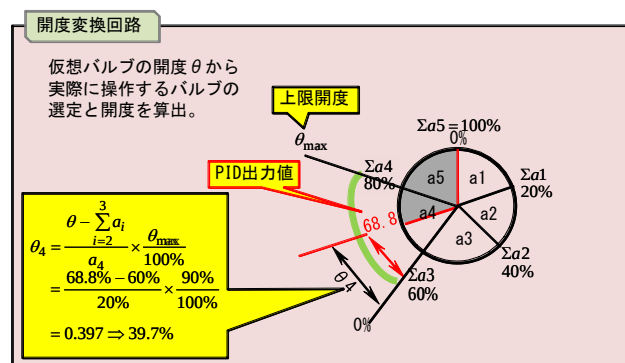


Fig.4 動作バルブの選定と開度の算出 (PLC)

Calculation of Opening rate for Operated valve

4. おわりに 制御系の動作確認は、現地の通水後行う必要があり、頭首工の取水管理および調圧水槽下流の用水需要管理と一体化した送配水管理のさらなる検証が必要である。

参考文献

- 1) (社) 農業農村工学会：平成 19 年度九頭竜川下流(二期) 農業水利事業施設整備方策検討業務報告書，2007。