

配水槽式自然圧パイプラインのハンチングを防止する調整池適正容量の検討 Consideration of proper pool' Volume to prevent Hunting in pipeline water supply system utilizing water distribution tank

○竹田宏太郎*, 宮津進**, 吉川夏樹**

TAKEDA Kotaro, MIYAZU Susumu, YOSHIKAWA Natsuki

1. 研究背景

気候変動の影響を受けて渇水リスクが高まり、近い将来、水資源が逼迫することが危惧されている。効率的な用水供給手法の開発が求められる中、新潟県では、加圧式パイプラインシステム（以下、加圧式 PL）に変わる新たな用水供給システムとして、配水槽式自然圧パイプラインシステム（以下、配水槽式 PL）（Fig.1）が注目されている。本システムは、支線用水路から末端圃場までを結ぶ需要主導型の用水供給システムであり、加圧式 PL と同様に、高い節水効果や用水需要の日変動に対応するバッファーとしての機能をもつことに加え、加圧式 PL に比べて建設・維持管理コストを大幅に削減できることが明らかになっている（宮津ら、2021）。

一方で、揚水ポンプが短時間に起動と停止を繰り返す異常運転（ハンチング）が発生する圃場が多数報告されている。ハンチングは用水路流量の低下や用水需要の一時的な増大が原因で、用水路水位が揚水ポンプの最低吸水位を下回り、揚水ポンプが意図せずに停止することで発生する。ハンチング発生時には、圃場の需要を満たす用水供給が困難になる恐れがあることから、本システムの普及に向けて解決すべき課題である。

本現象の対策として、用水路の水位低下を抑制する調整池の併設が検討されている

ものの、その適正容量を明らかにした事例はない。本研究では用水路を含むシステム全体をモデル化し、数値解析によって、調整池の適正容量を検討した。

2. 現地観測

2.1 研究対象地

本研究では、新潟県西蒲原地区に存在する打越揚水機場を対象とした。本機場には、調整池（114 m³）が試験的に併設されている。また、本機場の取水元である幹線用水路では、用水需要の小さい夜間（16:00-2:00）に河川からの取水量を減らしているという特徴がある。

2.2 観測方法

打越機場の用水路、配水槽および調整池に水位計を設置し、灌漑期間（4月20日-9月3日）を通して各水位を観測した。併せて、本機場の配電盤に計装ロガーを設置して揚水ポンプの稼働状況を観測することで、ハンチングの発生回数を計数した。

2.3 観測結果

ハンチングは灌漑期を通して全19回（夜間：14回、昼間：5回）発生した。夜間のハンチングが発生した時間は、用水供給停止時間と一致するため、用水路流量の不足が原因と考えられる。一方で、昼間に発生したハンチングは、用水供給量が計画用水量を超過した時間に発生していたことから、用水需要の一時的な増大が原因と推察した。これらのことから、既存の調整池容量は、

*新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology, Niigata University

**新潟大学自然科学系 Institute of Science and Technology, Niigata University

キーワード：配水槽式自然圧パイプライン、調整池、需要主導型用水供給システム

ハンチングを完全に防ぐには不十分であることが示された。

3. 打越水利モデルの構築

観測結果に基づいて、打越機場の水理現象を再現する数値モデルを構築した。本モデルは、(1) 一次元不定流サブモデル、(2) 調整池サブモデル、(3) 配水槽サブモデル、および(4) 揚水ポンプサブモデルの4つのサブモデルにより構成される。(1)では、一次元不定流計算から用水路の流量・水深を算定する。(2)では、調整池流入量およびポンプ揚水量を用いた調整池の水収支計算をすることによって調整池水深を算出する。(3)では、ポンプ揚水量および用水供給量から水収支計算を実施し、配水槽水深を算出する。(4)では、(2)、(3)で求めた各水深に基づいて、揚水ポンプの稼働および、揚水量を決定する。(3)の用水供給量に実測値を与えた再現計算を実施した結果、各水位およびハンチングの発生を良好に再現したことから、本モデルの妥当性が確認された (Fig.2)。

4. 調整池の適正容量の検討と定式化

本モデルを用いて用水路流量および用水需要量を変更し、ハンチングを完全に防止する調整池の適正容量を算出した (Fig.3)。その結果、適正容量は 132-1,184 m³ になった。

調整池適正容量を簡便に推定可能にするために、比較的入手し易いデータを用いた推定式を試行錯誤的に検討した結果、次式が得られた。

$$V = q \times \Delta q \times T_n \quad (1)$$

ここに、 V : 調整池容量 (m³)、 q : 管理期計画用水量 (m³/s)、 Δq : q を上回る需要の超過率、 T_n : q を超過する時間 (s) である。

現地観測によって得られた打越機場の Δq : 17%、 T_n : 11 時間および q : 0.154 m³/s 用

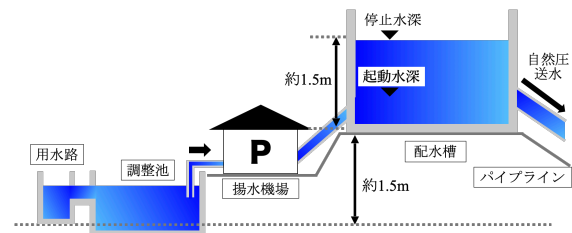


Fig.1 配水槽式 PL の概念図

Schematic figure of Pipeline System

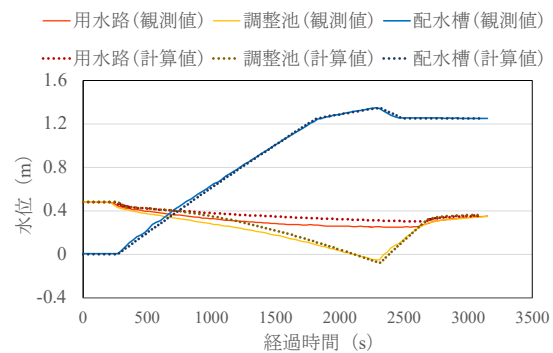


Fig.2 計算値と観測値の比較

Comparison of calculated and observed values

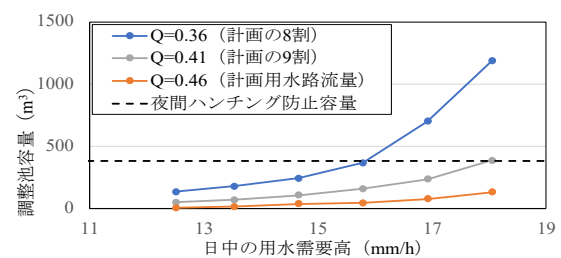


Fig.3 各条件における調整池適正容量

Proper volume of pool in some conditions

いて調整池容量を本式により算出した結果、適正容量は 1,036 m³ となった。本式による適正容量と数値モデルで算出した適正容量の最大値が概ね一致していることから、本式の有効性が示唆された。

5. まとめ

調整池の適正容量は式 (1) で大まかに推定可能であることが示唆された。一方で、本式が他の機場に適応可能かは不明なため、更なる検証が必要である。

参考文献 宮津進, 池口溪介, 吉川夏樹 (2021) : 配水槽式自然圧パイプラインシステムの効果, 2021 年度農業農村工学会大会講演会要旨集。