技術リポート

From 九州沖縄支部

羽地大川地区の管水路施設で発生している圧力脈動

Pressure Pulsation Occurring at the Pipeline in the Haneji Ookawa Area

青木　進*　嶺井志麻**　稲垣仁根***　福田　寛***
(Aoki Susumu)　(Minei Shima)　(Inagaki Hitone)　(Fukuda Hiroshi)

I. はじめに

羽地大川地区は，沖縄本島北部の名護市および今帰仁村に位置し，平成18年度に完了した国営事業と関連事業により，菊等の花卉・施設野菜等の園芸作物への転換を促進し，農業経営の安定化等が図られている。

このうち，本地区の今帰仁東部支線水路には路線内に減圧弁付きの分水工があるが，減圧弁のフランジからたびたび漏水が確認されたため，文献1)による他地区事例を確認したところ，今帰仁東部支線水路では減圧弁による圧力脈動の発生が想定された。そのため各減圧弁で上流側の圧力を測定したところ，20秒程度の周期で0.5～2.0 MPa超の圧力変動が継続して発生していることが確認された。

本報では，圧力脈動の調査，圧力脈動抑制工の検討・設置・効果検証を紹介する。

II. 圧力脈動発生状況の把握，抑制工の検討・設置・効果検証等の実施

1. 圧力計測による圧力脈動発生状況の把握

今帰仁東部支線水路には，1～9号減圧弁室（道路下埋設タイプ）と，10～11号減圧弁室（建屋タイプ）が各分水工地点に設置されている（図-1）。

令和2年度に，各減圧弁の上下流地点にデジタル圧力計を設置して圧力を計測した結果，路線最下流の9号減圧弁地点では，減圧弁下流側の水使用による通水開始・停止に応じて，上流側での圧力脈動の発生・停止が確認された（図-2）。また，各減圧弁地点上下流の静水圧を確認したところ，8号，9号減圧弁地点では，減圧量が100 mを超えていた。

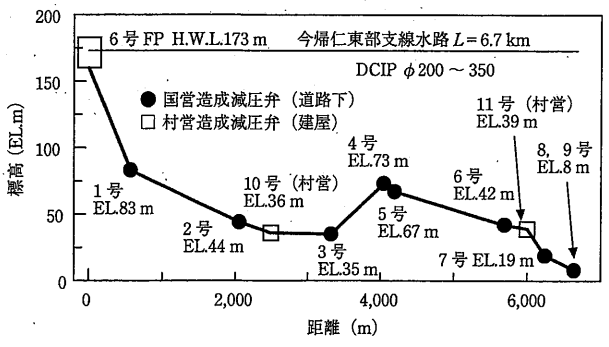

図-1　今帰仁東部支線水路の簡易縦断図

これらの結果より，本路線の圧力脈動現象の原因の一つとして，減圧量が大きい8号，9号減圧弁での自励振動的圧力脈動によるものと想定された。

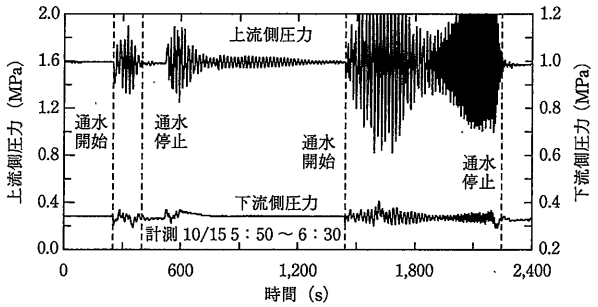

図-2　9号減圧弁上下流地点における圧力計測結果

2. 水理解析による圧力脈動抑制工の検討

水理解析では，竣工図をもとに水路全体の水理モデルを作成し，現地調査で計測した圧力脈動と同程度の圧力脈動状況の再現を行った。また，圧力脈動抑制工の検討は，①設計当時の設計基準では安全弁の設置が明示されていなかったことから，今帰仁東部支線水路の全減圧弁の上流側には安全弁が設置されていないこと，②文献2)～4)より減圧弁上流側への安全弁設置による圧力脈動抑制事例を確認したことなどを踏まえ，水理解析による再現結果を用い，安全弁の追加設置の位置・規格の検討を行った。

安全弁の規格検討は，施工性を考慮し，安全弁の追加設置が容易な建屋タイプの10号，11号減圧弁室の各減圧弁上流側に設置する条件とし，管径φ50，80，100 mmの安全弁を比較した。

その結果，最も圧力脈動発生時の最大圧力が低減する結果となった10号，11号減圧弁の上流地点にφ

*沖縄総合事務局農村振興課，**沖縄総合事務局土地改良総合事務所，***(株)三祐コンサルタンツ

キーワード　減圧弁，自励振動，圧力脈動，固有振動周期，安全弁

80の安全弁を設置する方針とした。

3．圧力脈動抑制工の効果検証

令和3年度に安全弁を設置するとともに，安全弁の効果検証のため，各減圧弁上下流側の圧力を計測した。令和4年度では，圧力計測と併せ超音波流量計を設置し，安全弁からの排水量計測を行った。

これらの計測結果より，以下の点を確認した。

(1) 安全弁による圧力脈動への影響　安全弁稼働後の各地点の圧力脈動の振幅は，稼働前と比較し大幅に低下した。6号減圧弁地点において，安全弁稼動前は圧力脈動発生時に0.5～2.0 MPaの圧力変動が確認されていたが(図-3)，安全弁稼動後は1.0～1.5 MPaの圧力変動となっていることが確認された（図-4)。

この結果より，減圧弁上流側への安全弁の設置による圧力脈動抑制効果が確認された。

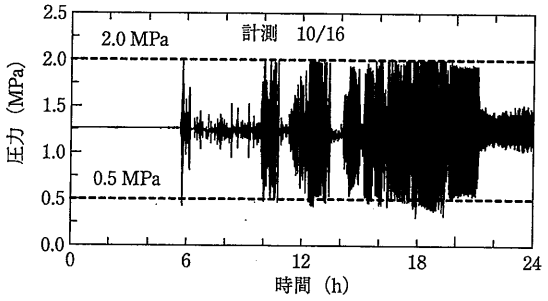

図-3　安全弁稼動前の圧力計測結果（6号減圧弁上流）

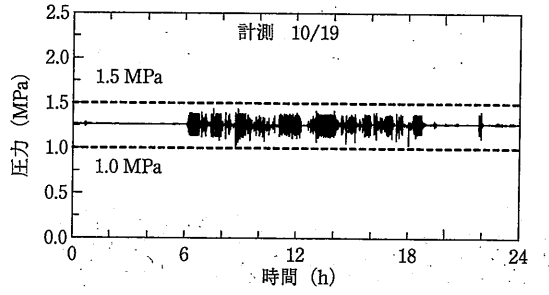

図-4　安全弁稼動後の圧力計測結果（6号減圧弁上流）

(2) 安全弁からの排水量　安全弁からの排水量と水路全体の水使用量を確認した結果，日ごとの安全弁からの排水量合計を日ごとの路線全体の水使用量で除することで算定した損失率が0.17～0.61%となり，事業計画時に設定されている，灌漑用水搬送時の損失率5%以下となっていることが確認された。

III．圧力脈動発生要因の推定

これまでの各計測結果および水理解析結果より，想定される圧力脈動発生の主要因は以下のとおりである。

1．7～9号減圧弁による自励振動

7号，9号減圧弁地点での単独微小水使用時において，圧力脈動の発生・停止が確認されていること，7～9号減圧弁地点では減圧量が100 m前後であること，今回の水理解析により圧力計測結果と同様の現象が発生することを確認していることから，7～9号減圧弁由来の圧力脈動である可能性が考えられる。

2．9号減圧弁の固有振動周期による自励振動

文献2)～4)を確認した結果，減圧弁上下流の管路の固有振動周期（圧力波がt秒間に2回往復する時間）の比が奇数倍（1：1，1：3等）の関係にあると，末端圃場の自動給水栓の作動により，自励振動的圧力脈動が発生する場合があるとされている。

今帰仁東部支線水路と9号減圧弁下流側の固有振動周期は，計測結果によりそれぞれ21秒と18秒であるが，9号減圧弁は路線最下流地点に位置するため，この9号減圧弁下流側の水使用による圧力脈動が，今帰仁東部支線水路自体の固有振動周期の影響を受けて21秒周期に変化し，減圧弁上下流の周期が1：1の奇数倍になることで圧力脈動が発生していると想定される。

IV．おわりに

今回の圧力脈動発生の要因の一つとして，微小流量時の減圧弁地点の減圧量が大きい場合に圧力脈動発生があるため，今後，他地区において減圧弁を設計する際，減圧弁上流側への安全弁の設置だけでなく，微小流量時の減圧量が大きくならないよう，路線途中への減圧水槽，減圧弁等の設置について検討することが望ましいと考える。

引用文献

1) 田中良和：幹線水路から分岐した複数台の減圧弁による脈動現象の現地観測，2020年度（第69回）農業農村工学会大会講演会講演要旨集，pp.453～454（2020）
2) 稲垣仁根：減圧弁を用いた畑地かんがいパイプライン技術のふり返りと今後の展望，畑地農業717，pp.2～16（2018）
3) 西村　亨，大久保隆幸，野口美矢：畑地かんがいパイプラインにおける安全弁による水撃圧対策，畑地農業729，pp.8～17（2019）
4) 福本大心，稲垣仁根：減圧弁を用いた樹枝状管路の自励振動的圧力脈動と安全弁による抑制対策，令和元年度応用水理研究部会講演集，pp.25～32（2019）

〔2023.12.20.受理〕

正会員：稲垣仁根，福田　寛
CPD個人登録者：稲垣仁根，福田　寛，青木　進