

パイプラインの低圧化システム

齋藤正樹*
(Masaki SAITO)

寺川吉博*
(Yoshihiro TERAKAWA)

角田範明*
(Noriaki TSUNODA)

稲垣仁根*
(Hitone INAGAKI)

目 次

| | | | |
|------------------------|----|--------------------------------|----|
| 1. はじめに | 79 | 8. 安全弁とはどんなものか | 82 |
| 2. パイプラインの低圧化システムとは何か | 79 | 9. エアーアッグとはどんなものか | 82 |
| 3. 設計基準の考え方はどうなっているか | 80 | 10. 新型減圧弁を直列配置した低圧化システム の提案 | 83 |
| 4. 従来型自動減圧弁の機能に原因があった | 80 | 11. 自動減圧弁の機能を比較すると | 83 |
| 5. 現行の畑かんパイプラインの技術的限界 | 81 | 12. 低圧化システムの水利施設とは | 83 |
| 6. 従来型減圧弁を用いた低圧化システムとは | 81 | 13. まとめ | 85 |
| 7. 低圧化システムの設計内圧の設定方法 | 82 | | |

1. はじめに

畑地かんがいにおいて、末端パイプラインに塩化ビニル管を安全に使用するための低圧化システムを紹介する。

作用圧力の大きい畑かんパイプラインにおいては、設計内圧との関連から低級管種である塩化ビニル管の採用に制約を受けて建設コスト増加の要因となったり、10kgf/cm²に近い高圧力下で塩化ビニル管を使用した場合は事故の発生も報告されていた。

そこで、パイプラインの低圧化システムとして、従来型あるいは新型の自動減圧弁を用いて静水圧

を遮断し、水撃圧についてはエアーバッグや安全弁により対処する方法を組み合わせる方法を提案する。

本稿では、低圧化システムの考え方を紹介するが、水理実験やシミュレーションの結果についての詳細は、参考文献に記述されているので参考にさせていただきたい。

2. パイプラインの低圧化システムとは何か

自動減圧弁は、管路の圧力により無動力で弁が作動して下流側圧力を設定圧力に維持する点に特徴がある。

低圧化システムとは、自動応答型の減圧弁をパ

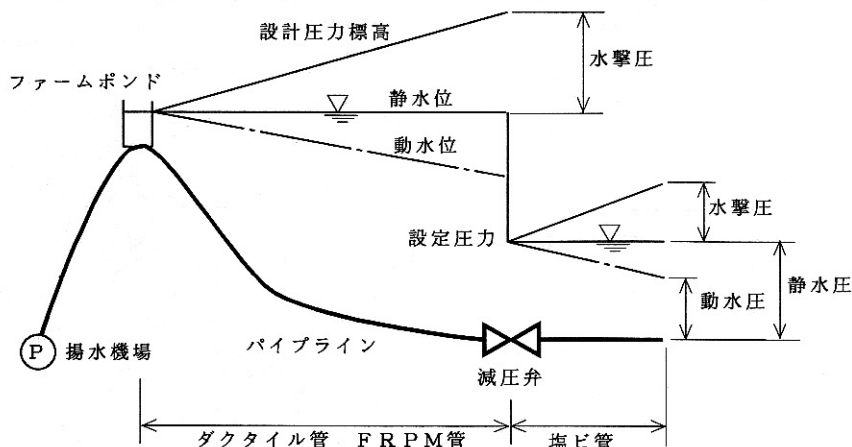


図-1 パイプラインの低圧化システム

*クラウンエンジニアリング㈱



写真—1 自動減圧弁

パイプラインの途中に設置し、減圧弁により上流側の静水圧を遮断して、下流側パイプラインの設計内圧の低減を図るシステムである^{1,2)}。

低圧化システムの導入により、減圧弁下流側のパイプラインについて安価な塩化ビニル管を使用し、施設費の削減を図ることができる点に利点がある。

さらに、減圧弁を直列に配置することにより設計内圧を段階的に削減することが可能になり、塩化ビニル管の広範囲な使用が可能となる³⁾。

3. 設計基準の考え方はどうなっているか

現在の設計基準では、減圧弁を設置した場合でも、通水停止時には減圧弁上下流の静水圧は連続するものとして、上流側の静水圧標高をパイプライン全線に適用するように指示している。

従って、クローズドパイプラインにおいて、自動減圧弁を設置して減圧を行う場合は、減圧弁の有無に関係なく、水撃圧を考慮して図-2に示すような設計圧力を採用しなければならない。

畑地かんがいを行うためには、散水圧として3~5kgf/cm²の圧力を必要とするので、減圧水槽

の設置が難しく、最高圧力は10kgf/cm²を超える場合においては、ダグタイル管のような高級管種を採用せざるを得ないのが実情である。

流量が小さくなる末端ほど作用水圧が高くなるため、耐水圧の高い高級管種を使用しなければならないという矛盾を生じる結果となっている。

これは、本来ならば、受益者に近い圃場近傍においてこそ、パイプラインを張り巡らせるため、安価な管材を用いて建設コストをできるだけ削減したいわけであるが、これが現在の設計においては許されていないことがコストの上昇を招く要因となっている。

4. 従来型自動減圧弁の機能に原因があった

設計基準で自動減圧弁により減圧を行う場合は、その機能は通水時に限定するとしているが、これには理由がある。

従来から使用されている自動減圧弁は上水道用が開発されたため、作動機構が急変現象に対応できるようにになっていないために、以下の①、②の状況で上下流の圧力は連続する、あるいは減圧弁上流側へ圧力波が透過することを前提としている。

①流量がゼロまたは微小の場合。

②下流側の圧力変動が急激な場合。

従って、減圧弁の下流側パイプラインの設計内圧は上流側の静水圧を用い、それに水撃圧を加算するとした設計基準は妥当であり、この現象は現地実験やシミュレーションにより確認されている¹⁾。

その他、減圧弁を直列配置とするとお互いに共振するため並列配置とする必要のあることが課題として残されていた^{4,5)}。

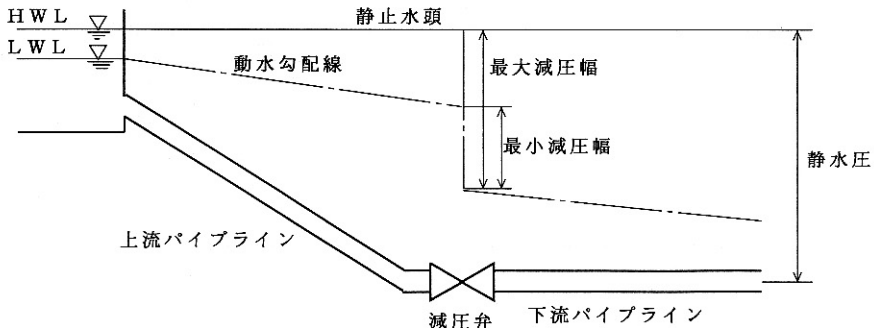


図-2 減圧システムの設計内圧

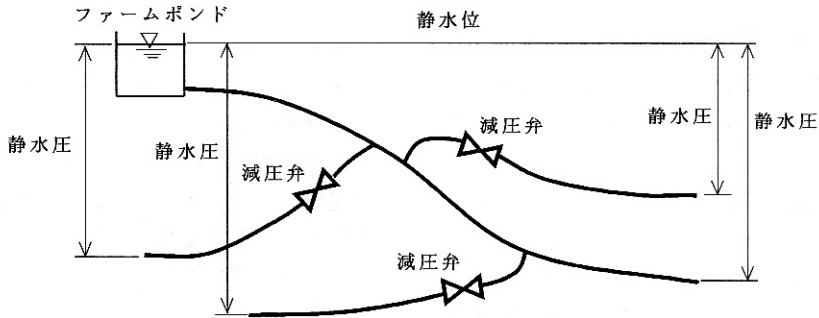


図-3 自動減圧弁の並列配置

5. 現行の畑かんパイプラインの技術的限界

これまで自動減圧弁が広く使用されていない現状にあるが、この大きな要因は減圧弁を採用しても、設計基準の縛りがありパイプラインの管種の低減には直接つながらず、コストの削減に結びつかないことにある。

自動減圧弁については、その減圧機能が通水時に限定されるため、通水時におけるスプリンクラー等の末端かんがい施設への供給圧力を一定値に保持するためにのみ用いられているのが現状である。

減圧弁の直列配置による多段減圧が設計圧力の低減には効果的であるが、これを実現できない点が自動減圧弁による低圧化システムの普及を妨げた要因の一つであると考えられる。

6. 従来型減圧弁を用いた低圧化システムとは

従来型の自動減圧弁を用いた下流側のパイプラインの低圧化を図ったシステムの施設対策として、図-4に示す「減圧弁+安全弁+エアバッグ」の組み合わせを提案する^{1,2)}。

具体的には、減圧弁直下流に安全弁を設置し、2次圧が過剰に上昇した場合には、過剰圧を安全弁から逃し、2次圧の過上昇を抑える方法を考える。

さらに、末端での給水栓等の閉鎖にともない生ずる水撃圧に対しては、給水栓の上流側にエアバッグや安全弁を設置し、圧力変動を吸収あるいは過剰圧を放流して、自動減圧弁や安全弁が十分追従できるようにし、水撃圧の抑制を図る方法を提案する。

ただし、この低圧化システムは従来型減圧弁を1台設置する方法であり、直列多段減圧を行うも

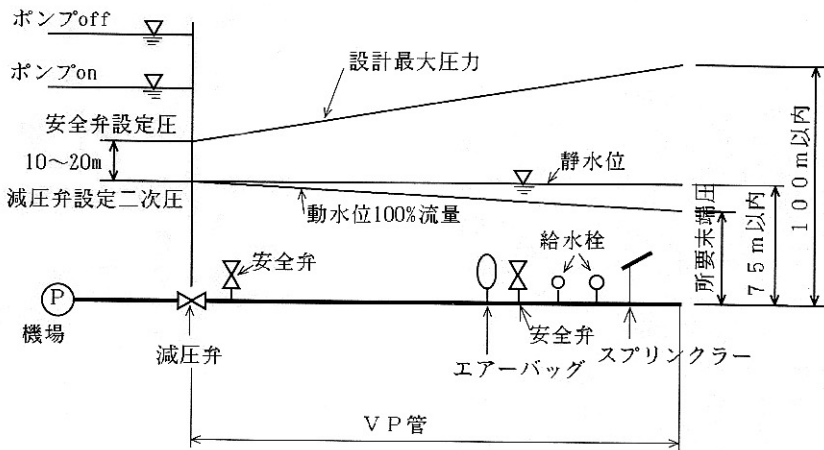


図-4 従来型減圧弁による単独低圧化システム

のではない点に限界がある。

7. 低圧化システムの設計内圧の設定方法

下流側パイプラインに塩化ビニール管 (VP) を使用する場合には、静水圧 7.5kgf/cm^2 、設計内圧 10kgf/cm^2 を同時に満足する必要がある。

そこで、下流側パイプラインは減圧弁の設定2次圧をもって静水圧とし、さらに安全弁とエアバッグ設置後の最大圧力をもって設計内圧とする。

VP管の使用を前提として、本減圧方式を採用する場合の圧力条件を図-4に示す。

8. 安全弁とはどんなものか

安全弁はスプリングの長さをボルトにより調節して、管路内圧が設定圧力より大きくなると、ダイヤフラムあるいはピストンが押し上げられて、管内水を放流する装置である。

図-5に安全弁の概要を示す。また、写真-2にパイプライン末端に安全弁を設置した例を示す。

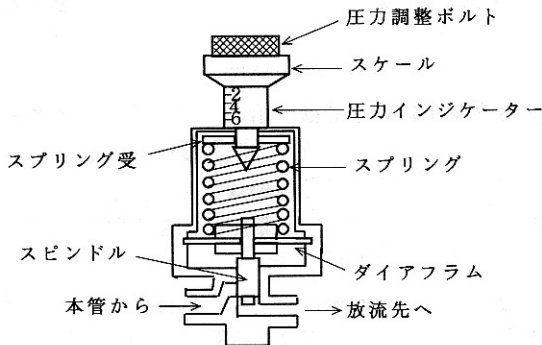


図-5 安全弁概要図

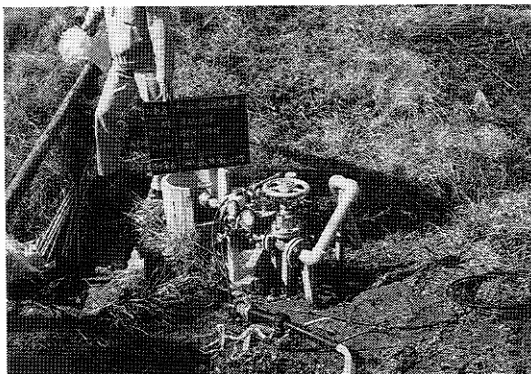


写真-2 パイプライン末端設置の安全弁

9. エアバッグとはどんなものか

エアバッグは、自動車の安全装置として有名であるが、パイプライン用も同じでありゴム性のバッグ内に気体を密封したものである。このバッグを金属製の筒に入れておき、筒とパイプラインを連結して、エアバッグの弾性により管内圧の変動を吸収するものである。図-6と写真-3にエアバッグの概要を示す。

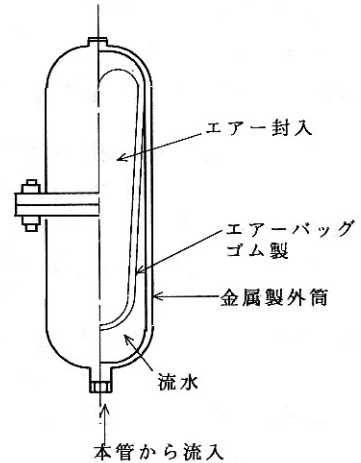


図-6 エアバッグ概要図

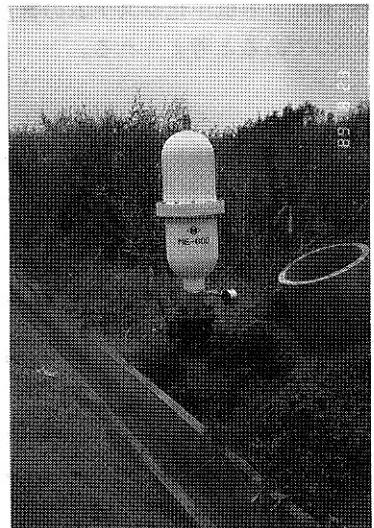


写真-3 エアバッグ

10. 新型減圧弁を直列配置した低圧化システムの提案

減圧弁の直列配置ができないとパイプラインの段階的な設計圧力の低減ができないため、減圧弁の能力がパイプラインシステムのコストダウンに直接的に結びつかない点が問題となる。

そこで、自動減圧弁の作動機構に改良を加えた新型の自動減圧弁を用いた直列低圧化システムを提案する³⁾。

新型の自動減圧弁の特徴は、以下の①、②であり、農業工学研究所等で水理実験を行ってその機能が確認されている^{6,7)}。

①送水停止時の2次側静水圧の制御

②直列配置時の自励振動の防止

従来型の減圧弁に安全弁を併用して静水圧を遮断する方法では、安全弁からの放流がある程度の時間継続されることなどの課題があったが、新型減圧弁では、減圧弁単体で静水圧を遮断できること、複数台を直列配置しても自励振動を生じにくいことなど圧力制御機能が向上している³⁾。

新型自動減圧弁を低圧化システムの中に導入することにより、パイプラインにおいて設計内圧の直列段階的削減が可能となり、低級管種である塩化ビニール管の広範囲な採用に道を開くことができるものと考えられる。

図一七に直列低圧化システムの設計内圧の考え方を示す。

11. 自動減圧弁の機能を比較すると

現時点では、静水時においても2次圧が遮断でき、直列連続配置が可能な新型減圧弁（E社のベ

ルマド弁、Y社の定圧弁）が提供されている。

畑地かんがいで、複雑な水管理が要求されるので、最大流量規制の他に細かな制御が可能な流量制御型減圧弁、例えばE社の電磁式流量制御用減圧弁^{8,9)}、Y社の流量制御併用型定圧弁^{10,11)}が開発されている。

各タイプの自動減圧弁の特徴と適用範囲を表一1に示す。

12. 低圧化システムの水利施設とは

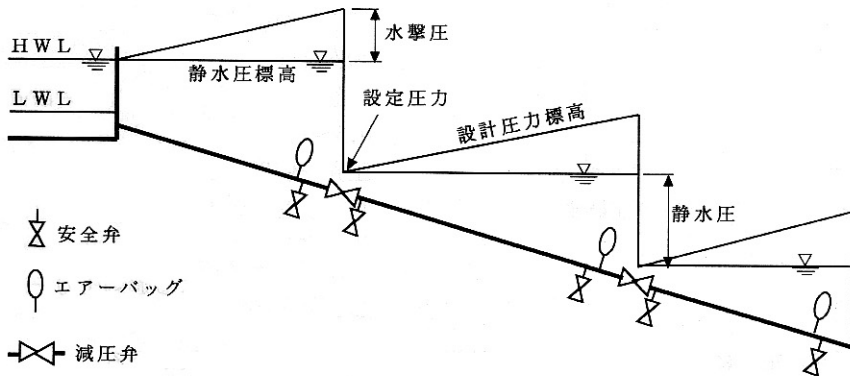
減圧弁を用いて下流側パイプラインの管種の低級化を図る場合の施設的な対応策としては、静水圧の遮断、水撃圧の抑制を考慮して、減圧弁+安全弁+エアバッグの組み合わせが有効であると考えられるが、実際の設計への適用に際して、減圧施設の標準的な構造を図一八、九に示す。

減圧弁+安全弁+エアバッグによる減圧システムを導入したことによる施設費の軽減については、塩化ビニール管に管種を変更できる路線延長が、概ね1.5km以上あれば、減圧方式を導入するメリットがあると考えられる¹⁾。

①減圧弁

従来型の減圧弁においては、2次圧の制御機能に課題があり、小流量時に振動する可能性があるためこれを回避するためや危険分散を図るために、2台異口径分割を基本とすることが望ましい。

E社のベルマド弁については、電磁式流量制御減圧弁^{8,9)}として主弁と副弁をコントローラにより切り替えて流量制御と2次圧制御を行う場合は、2台異口径とする必要がある。ただし、減圧機能だけであれば、1台設置とすることで対応できる。

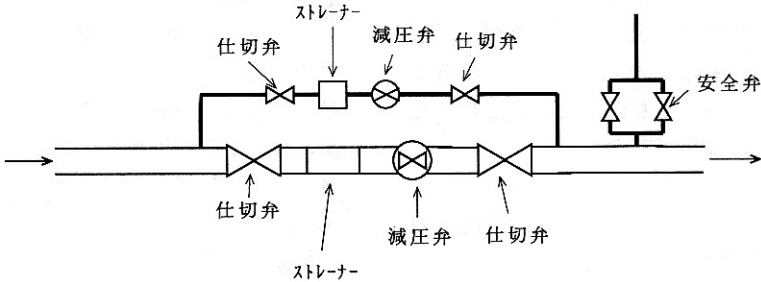


図一七 直列低圧化システムの設計内圧

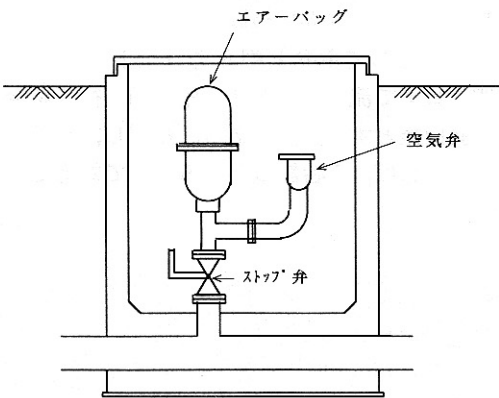
表—1 自動減圧弁機能比較表

| 名称 | 従来型 自動減圧弁 | 新型自動減圧弁 | | | |
|----------|-------------------|----------------|--------------------|---------------|---------------------|
| | | 定圧弁 (ユニプレス) | 定圧弁 流量制御 併用型 | 減圧弁 (ベルマド) | 電磁式 流量制御用 減圧弁 |
| 直列配置 | × | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 並列配置 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 動水圧の減圧 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 散水時2次圧遮断 | × | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 減圧+流量制御 | × | × | ○ | × | ○ |
| メーカー | M工業 M鉄工 K鉄工 | Y製作所 | | E社 | |

○：機能を満足できることを示す。
 ×：機能をもっていないことを示す。



図—8 減圧弁工概要



図—9 エアーバッグ工概要

Y社の定圧弁は主弁に減圧機能の他に最大流量規制の機能を附加できるので、原則として1台設置とすることで対応できる。

E社のベルマド弁については、国営宮良川地区で電磁式流量制御弁^{8,9)}として使用実績があるが、減圧弁単独としての実績が少ないことやY社の定圧弁については室内試験^{10,11)}のデータは得られているが現地での実績が少ないので、今後は1台設置の場合に小流量時において振動を発生しないかどうかを現地で確認する必要がある。

②安全弁

危険分散を図るために2台設置とし、設定圧を0.5~1.0kgf/cm²ずらして設定する。従来型の減圧弁を使用する場合は静水圧の遮断を安全弁により行うため、口径は下流側の計画流量が放流できる規模とする。新型減圧弁を使用する場合は、下流側の水撃圧による過剰圧力を放出するために機能するので安全弁の規模は、シミュレーションにより決定する必要がある。

③エアーバッグ

必要容量は水撃圧を含めた最高圧力が、当該パ

イブラインの許容内圧以下となるように設定し、必要に応じて複数台設置する。

エアバッグの容量は、Greer-Mercier の式¹²⁾により概略求めることができるが、必要十分であるかどうかはシミュレーションにより確認する必要がある。

13. まとめ

本稿で紹介したパイプラインの低圧化システムについては、数多くの施工事例があるとは言えないが、以下に示す畑かん主体の地域では導入を検討中か既に導入されている。

①九州農政局菊池台地地区

②九州農政局上場地区

③沖縄総合事務局宮良川地区^{8,9)}

④沖縄総合事務局名蔵川地区

今後は、九州、沖縄地区をはじめ畑かん事業の進捗が期待されるので、低圧化システムを導入することにより、末端パイプラインの工事費を低減することが重要な課題になると考えられる。

今後は安全弁、エアバック等の容量と設置位置を含めた要因を総合的に検討して、個々の施設から構成されるシステム全体が有機的に機能するようガイドラインを作成する予定である。

参考文献

- 1) 齊藤正樹, 稲垣仁根: 自動減圧弁によるパイプラインの低圧化システムと現地計測, 農土論集183号, pp129~141(1996)
- 2) 齊藤正樹, 稲垣仁根: 自動減圧弁による低圧化パイプラインの実測とシミュレーション, 農土論集187号, pp111~112 (1997)

- 3) 稲垣仁根, 國武昌人: 新型自動減圧弁による管路圧力の制御技術, 農業土木学会誌第64巻第3号, pp57~62(1996)
- 4) 長 勝史, 長 智男, 黒田正治: 管路における減圧弁の動特性 (I), 農土論集127, pp43~50(1987)
- 5) 長 勝史, 黒田正治, 長 智男: 管路における減圧弁の動特性 (II) - 自励振動現象とその発生機構 -, 農土論集135, pp91~98 (1988)
- 6) 安養寺久男, 他: 畑地灌漑施設の自動化機器および多目的機器の性能, 農業工学研究所技報第187号, pp1~32(1993)
- 7) 社団法人 畑地農業振興会: 平成6年度 受託機器性能試験結果報告書 (減圧弁直列配置)
- 8) 畑地農業振興会, エイワスプリンクラー: 流量制御減圧調整装置を用いた水管理システム, 畑地農業406, 407号, (1993)
- 9) 青山卓二: 電磁式流量制御用減圧弁によるパイプラインの水管理, 農業土木学会誌第62巻第7号, pp33~40(1994)
- 10) 社団法人 畑地農業振興会: 平成6年度 受託試験報告書 (流量制御機能付定圧弁装置の性能試験)
- 11) 北村浩二, 小泉 健, 宮本輝仁: 流量制御機能付定圧弁の性能試験, 畑地農業454号, (1996)
- 12) 高田 重作: 水撃現象の対策としての Water Hammer Zorber, 建築設備と配管工事15(10), pp79~86(1977)