

## 6. パイプラインシステムの設計

関連条項〔基準7、運用7-1～7-8〕

### 6.1 一般事項

#### 6.1.1 設計の目的

パイプラインシステムとは、管路とそれに附帯するバルブ、水槽、ポンプ、水管理制御施設等の諸施設からなる総合体であり、個々の機能が有機的に関連して全体として水の送配水機能を発揮するものをいう。

パイプラインシステムの設計は、水利用計画を前提とし、受益地の自然的・社会的条件を考慮して、計画上から要求される送配水機能を満たすとともに安全性と管理の合理的な機能性を確保することを目的としている。したがって、個々の施設の機能が有機的に関連して全体として水の送配水機能を発揮するよう、水理及び構造の両面から総合的に検討を行うことが重要である。

水理の面では、設計流量、必要水位、水理解析などの検討結果から要求される水理機能等を満足する最適な組み合わせを検討する。

また、構造の面では、管体及び附帯施設の構造計算、安定計算等の検討結果から要求される構造性能（所要の強度、安定性等）を満足する最適な組み合わせを検討する。

なお、パイプラインシステムの設計において、機能性と安全性は費用と密接な関係を持つことから、全体として均衡のとれたシステムをできる限り確保することが、パイプラインシステムの設計上の最も重要な課題である。

#### 6.1.2 設計に必要な基本特性及び機能

パイプラインシステムの設計に当たって留意すべきパイプラインの基本特性及び機能は、次のとおりである。

##### (1) パイプラインの基本特性

##### a. 流量及び運用管理から見た基本特性

パイプラインシステムの設計に当たっては、水利用計画に基づく計画最大流量が通水できるように、水頭配分及び通水断面を概定するとともに、運用管理を十分考慮する必要がある。

設計流量に対する機能及び運用管理から見た基本特性は、次のとおりである。

##### ・設計流量に対する機能から見た基本特性

- ① パイプラインは、流況を人為的に制御できる幅が大きく、同一の設計条件に対していくつかの代替案を考えることが可能である。
- ② 路線選定に当たっては、開水路のように地形条件に支配されることが少なく、路線選択の自由度が大きい。
- ③ 通水容量と工事費は、密接に関係する。上記のように選択の自由度が大きいことも加わるので、多くの比較案の中からいかにして適切なシステムを選択するかが重要である。
- ④ 流況の人為的な制御、管理の可能性が大きい反面、それを求めすぎると逆に管理施設の費用が増大する。

・運用管理から見た基本特性

- ① 1点でのバルブの開閉やポンプの起動停止等による操作管理が、パイプライン全体に影響を及ぼし、新たな流況を形成する。
- ② パイプラインは応答性が速く、操作管理の影響が短時間に組織の各部へ伝播する。そのために、操作管理用機器の間で不整合を生じたり、急激な流況変化に伴う危険な過渡現象を引き起こす。

b. 水利用の目的から見た基本特性

パイプラインシステムは、水利用の目的から、水田かんがい用、畑地かんがい用及び併用パイプラインシステムに分類される。水田かんがい用パイプラインシステムの水圧は一般に低圧で使用されることが多く、また畑地かんがい用パイプラインシステムの場合は高圧で使用されることが多い。

これらのパイプラインシステムの設計に当たっては、それぞれの水使用条件を十分に把握して水頭配分及び通水断面を検討しなければならない。

水利用の目的から見た基本特性は、次のとおりである。

・水田パイプラインの特性

- ① 水田における送配水の量は、代かき期に代表される最大値と普通期の補給等通常の使用水量との間に大きな差がある。さらに、地区内のほ場に設けられた給水栓の稼働率が、畑地かんがいに比べて高く、長時間続く。したがって、システムの設計に当たっては、パイプラインが支配する地区の水理的最遠点で代かきが行われる場合だけでなく、普通期についてもパイプラインの圧力管理が使用バルブの有効制限域で行えるか否かを検討しておく必要がある。
- ② 給水量は給水栓地点のわずかな圧力水頭差によって大きく影響を受ける。このため水田の配水ブロックの大きさは、流量・圧力調整の観点から、例えば100haの場合4～5ブロックに分割して送水し、各ブロック入口に圧力又は流量調節バルブを設けることが大切である。
- ③ パイプラインの流況変動は、給水栓又は散水栓の開閉操作状況に追従して極めて短い時間で発生する。これに対して、従来の開水路系を中心とした幹線送水系では、水源の状況から判断した取水量が定められ、この水量を下流へ送水し、分土工で各受益地へ配分していくという操作が行われてきた。この操作では、取水口から離れた分土工では、その地点まで水が流下する間待たなくてはならないことになり、その時間はパイプラインに比べてかなり長くなる。
- ④ 取水量と実使用量との相違は、開水路系が途中で設置された余水吐を通じて放流調整されるのに比べ、パイプラインでは取水口で取水調整される。このことは、幹線水路部でも末端配水ブロックと同様に下流に追従させた設計となっている。しかし、個別の給水栓の開閉による微細な変化を取水量に反映させようとするれば、パイプライン途中の減圧水槽のバルブ等の操作方法を考慮する必要が生じ、場合によっては、その時間におけるピーク使用量に合わせた取水量確保が要求されたり、給水栓では水の出の悪い箇所が発生することになる。これらを回避するためには、ファームポンドや調整池を設置すればよい。これら施設の調整機能により、水源の河川、ダム等の状況に規制されない送配水操作がある程度可能となる。

・畑地パイプラインの特性

- ① 畑地における送配水の特長は、使用時間と休止時間が明確に区別できることである。一般に水管理計画、1日に16～18時間の水使用と8～6時間の休止時間がある。この停止時間内に散水管までの管路が空になることを防がなくてはならない。
- ② かんがいブロック内ではローテーションかんがい計画に従って、該当散水栓のみが稼働するのが原則である。全体の散水栓からみればその稼働率は低いと考えてよい。しかし、病虫害防除等の多目的利用地域では、より短い時間で散水栓の通水を行うのが通例である。この場合、水田パイプラインと同様、特にかんがいブロック内の水理的最遠点にある散水栓で、必要な圧力が確保できるよう配慮する必要がある。

・併用パイプラインの特性

- ① 水田と畑の混在地区等の場合、畑地かんがいにに対しては散水栓で高圧を必要とするため、パイプライン全体としては高圧パイプラインとなり、水田かんがいにに対しては減圧対策が必要である。
- ② 単位水量が大きく、時間的に長い給水となる水田用水と単位水量が小さく断続的に給水する畑地用水とは性格が異なる。このため、併用パイプラインの水管理は困難であり、特にポンプ揚水の場合には維持管理費を十分考慮に入れて送配水方式を決定する必要がある。
- ③ やむを得ず高圧で送配水する方式を採用する場合は、水田の給水栓あるいは水田への分岐管路の入口地点等に減圧特性の優れた調圧施設、流量制御弁の設置を検討することが必要である。

(2) 水管理機能

パイプラインシステムの送配水機能は、水管理制御方式に大きく左右される。農業用水は期別用水量の変化が極めて大きいことから、パイプラインシステムの設計に当たっては水利用計画に沿った適切な水管理制御方式を検討し、水管理の機能性を確保しなければならない。特に、パイプラインシステム内で、末端配水系では水管理操作が給水栓の操作に追随し、他方の幹線送水路系では管理（供給）者が用水量を把握してその判断により供給操作を行うといった、異なった管理方式の採用に当たっては、調整施設のような調整機能等を考慮することが重要である。

(3) 調整機能

調整施設は、用水需要の時間と送水時間との差を埋めるための時間差調整容量、需要と供給の不均衡を調整する調整池容量、さらにパイプラインシステムを構成する各施設間の送水能力の差を吸収する緩衝機能等について、水利用計画や水管理方式を考慮して検討することが必要である。

(4) 安全機能

保護施設の配置と構造は、パイプラインシステムの機能を損なわないように、その特性に適したものを設置する。特に、充水時及び停水時には流量調節操作が頻繁に行われるため、バルブ等の開度及び開閉時間に十分な注意が必要である。また、対応処理が不十分な場合には管破壊を生じることがあるので注意を要する。さらに、通常、通気及び管理施設として分類されている施設の中にも、安全機能を兼備している場合が多い。このため、これら施設機能を組入れて総合的に検討する必要がある。

(5) 維持管理機能

パイプラインシステムの維持管理は、多くの場合、対象地区の土地改良区等で行われる。このことを考慮して、パイプラインシステムを構成する各種の附帯施設は、構造が簡単で、維持管理

が容易な機構を検討することが重要である。特に、静水圧が 1.0MPa を超えるような高圧パイプラインの場合には、バルブ等の管理設備が特殊規格となる場合が多く、故障時の補修や通常の維持管理に困難を来すことが多い。したがって、このようなパイプラインシステムの設計はできるだけ避け、また設計する場合にあっては附帯設備の機能を十分に検討することが必要である。

また、ポンプ送水系の場合には、その運転経費が直接受益者の負担となることから、その経済性についても十分な比較検討を行う必要がある。

### 6.1.3 パイプラインシステムの設計の手順

パイプラインシステムの一般的な設計手順を図-6.1.1 に示す。同図の二重線枠内に示した数字が本章の節番号である。また、図-6.1.2、表-6.1.1 及び表-6.1.2 は、定常的及び非定常的な水理解析と附帯施設設計における一般的な検討の関連性を例示したものである。しかし、設計に必要な全ての検討事項を満足しているものではないことから、個々の設計においては、水理設計及び附帯施設構造設計の両面から要求される機能や必要な水理解析の適切な組み合わせについて、総合的に検討することが必要である。