

第 3 章 基本設計

第3章 基本設計 目次

3.1	総則.....	3-1
3.2	設計流量.....	3-1
3.2.1	設計流量の定義.....	3-1
3.2.2	設計流量に対する留意事項.....	3-2
3.3	設計水圧.....	3-3
3.3.1	設計水圧の定義と単位.....	3-3
3.3.2	設計水圧の留意事項.....	3-3
3.4	水理ユニット.....	3-6
3.5	設計流量に対する機能確保.....	3-7
3.6	比較設計.....	3-8
3.6.1	基本事項.....	3-8
3.6.2	比較設計の留意点.....	3-8
3.6.3	経済比較の方法.....	3-8
3.7	管種の選定.....	3-9

第3章 基本設計

3.1 総則

把握した現地の自然的、社会的諸条件を基にして、細部の設計の基礎となる基本設計を行わなければならない。

基本設計においては、パイプラインが備えるべき基本的な機能に関する条件を定め、これに基づいてパイプラインの基本的な諸元を決定する。

パイプラインが備えるべき基本的な機能に関する条件とは、設計流量、取水位及び各地点における所要水頭であり、基本設計において決定するパイプラインの基本的諸元とは、パイプラインの路線位置、パイプライン形式、パイプラインを構成する各附帯施設の配置、水利用計画に基づく流量、所要水頭、施設容量等である。

従って、基本設計では、計画されたパイプラインシステムが対象地区の実情に合致しているか照査を含めて検討することが重要であり、これは細部設計に先立って必ず実施しなければならない。当該受益地の立地条件や標高等の地形的条件等により種々の比較路線等が考えられるが、それらを含めて経済性のみならず機能性及び安全性、操作性等を総合的に検討しなければならない。これらの目的から設計図は全体が見渡せる程度の縮尺のものを使用することが望ましい。

3.2 設計流量

パイプラインの設計に用いる設計流量は、用水計画から必要とされる期別・用水系統別の最大流量とする。

3.2.1 設計流量の定義

パイプラインの設計に使用する流量には、計画最大流量、最多頻度流量、最小流量が考えられるが、本指針では計画最大流量を設計流量とする。

通常、パイプライン施設の規模（口径、水槽類）は設計流量を基に決定されるが、断面、構造等の決定にはそれ以外の流量についても必要に応じ検討を行う。パイプラインシステムの設計においては、設計流量よりも小さな流量時の挙動に留意する必要がある。

設計に用いる流量とそれぞれの検討項目は、表-3.2.1 に示すとおりである。

表-3.2.1 設計に用いる流量

Case	対象流量	検討項目
1	計画最大流量	パイプライン口径の決定、布設縦断の決定（動水勾配線の検討）、最大及び最小流速の検討、水撃圧の検討、機器類の仕様検討（バルブ制御機能、キャピテーションの検討を含む）
2	最多頻度流量	動水勾配線の検討、機器類の仕様検討（バルブ制御機能、キャピテーションの検討を含む）
3	最小流量	動水勾配線の検討、機器類の仕様検討（バルブ制御機能、キャピテーションの検討を含む）

Case - 1

対象流量を定める場合、水管理体制を明確にし、実際に行われるであろう水管理をも想定して検討しなければならない。通常、計画最大流量になることが多い。

Case - 2

オープンタイプパイプラインの場合、管路の布設縦断によっては通水量により管内の水は自由水面を持った流れになることがあるので、当該箇所には適切な対策を講ずる必要がある。

また、クローズドもしくはセミクローズドタイプパイプラインの場合、バルブの制御機能やキャビテーションに対する安全性を検討する必要がある。対象流量は最多頻度流量を目安とするが、流量変化が定かでない場合には、計画最大流量の 50%程度を用いる。

Case - 3

オープンタイプパイプラインにおいて、非かんがい期に通水が計画されている場合（たとえば、維持用水、凍結防止用水等）については、Case - 2 と同様の理由で検討を行う。対象流量が定かでない場合は、計画最大流量の 20%程度を用いる。

3.2.2 設計流量に対する留意事項

設計流量は、パイプラインシステムの設計の基本条件となるものであり、計画最大流量、最多頻度流量、最小流量等のその検討に当たっては、以下の点に留意しなければならない。

パイプラインシステムの設計に用いる計画最大流量、最多頻度流量、最小流量の流量諸元は、原則として日平均流量である。

計画最大流量、最多頻度流量、最小流量の検討に当たっては、水利用計画に基づくかんがい期間を通じた期別の用水量グラフを描くことが特に重要である。

パイプラインシステムでは、流量の変化等流況に変動があった場合、水撃圧やサージングが発生し、特に水撃圧についてはその程度によってパイプラインシステムの破壊をもたらすことがある。従って、水理設計段階で、水撃圧やサージングの発生状況を解析的に検討し、システムの安全性を確認することが重要である。

末端部における用水量の検討に関しては、ローテーションブロックを考慮することを標準とする。

3.3 設計水圧

パイプラインの設計に用いる設計水圧は、静水頭に水撃圧を加えたものとする。

設計水圧の決定に際しては次の事項に留意する必要がある。

農業用パイプラインでは、管体及び弁等附帯施設の安全性と経済性の観点から、システムに作用する使用静水頭は100m未満になるよう設計する場合が多い。

末端での有効水頭には、かんがいに必要な水頭に施工の状況及び水管理の状況等を考慮した余裕水頭を加算することが望ましい。

3.3.1 設計水圧の定義と単位

パイプラインシステムの設計において用いられる水圧の定義と単位は、表-3.3.1に示すとおりである。

表-3.3.1 設計に用いる流量

水 圧	定 義 と 単 位
静 水 圧	静止した水がパイプ内に作用する圧力 (MPa)
動 水 圧	流れが発生している時のパイプ内に作用する圧力 (MPa)
静 水 頭	静水圧を水柱の高さに換算した値 (m)
動 水 頭	動水圧を水柱の高さに換算した値 (m)
動水勾配	パイプラインの1点にガラス管を立てると、水はその点の圧力水頭に相当する高さまで上昇する。パイプラインに沿ってこの水面を連ねた線を動水勾配線(圧力水頭線ともいう)といい、その勾配を動水勾配という。(‰)
静 水 位	静水頭を標高で表した値 (m)
動 水 位	動水頭を標高で表した値 (m)
水 撃 圧	バルブ操作及びポンプの起動、停止により生ずる急激な流量の変動に伴って発生する圧力 (MPa)
設計水圧	施設の耐圧強度を決定するために用いる水圧で、静水圧(または動水圧)+水撃圧とする。(MPa)
常用水圧 使用水圧	通常バルブ類の耐水圧強度を表示する場合、常用水圧、使用水圧という言葉が用いられるが、これは水撃圧を考慮した上で静水圧を用いて使用圧力を示したものである。(MPa)
圧力水頭	パイプラインに作用する圧力(または水頭)を総称して呼ぶ場合に用いるもので、動水圧(水頭)、静水圧(水頭)及び水撃圧等を指す。

3.3.2 設計水圧の留意事項

パイプラインシステムの設計に当たって、設計水圧を検討する場合の留意事項は、以下のとおりである。

(1) 設計水位 (静水位)

管径決定に用いる設計水位は計画最大流量時を基準とし、始点においては管理上起こり得る最低水

位を用い、終点または分水点等の供給される側においては管理上起こり得る最高水位を用いるものとする。設計水位は図-3.3.1 に示すとおりである。

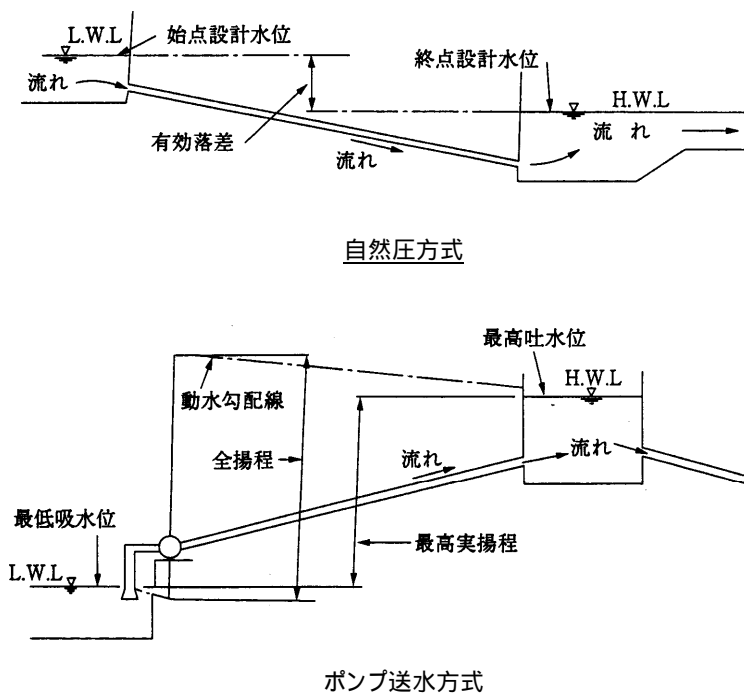


図-3.3.1 水理設計に用いる水位

(2) 動水圧（動水位）

動水位の検討は、以下の事項について行うことが望ましい。

動水勾配は、パイプラインの始点水位から設計流速の範囲内で、末端で必要とする圧力を十分満足するようにして決定する。

上記により求めた末端圧力が末端必要圧力を超える場合には、図-3.3.2 の例に示すように適当な減圧施設を設けて圧力の調節を行うこともある。

動水位線が管頂以下になってはならない。もし動水位線が管頂を下回る場合には、管内水圧が大気圧以下となり、水中の空気が分離し通水の妨げとなる。このため、路線位置を変更するかまたは調圧用接続水槽等の設置を検討する。なお、管頂より動水位線までの余裕水頭はいかなる流量時においても0.5m以上確保することが望ましい。（図-3.3.3 参照）

ただし、水管理操作等によって流況が非定常になった場合、このような余裕水頭の小さい地点で負圧が発生してパイプラインの破壊をもたらすこともある。従って、余裕水頭が小さい場合は、水撃圧を検討してパイプラインの安全性を確認しなければならない。

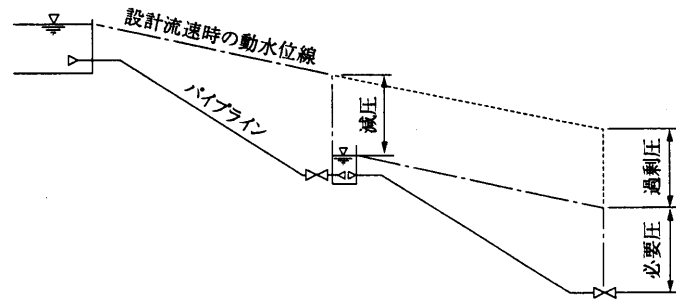


図-3.3.2 動水位と減圧施設の配置

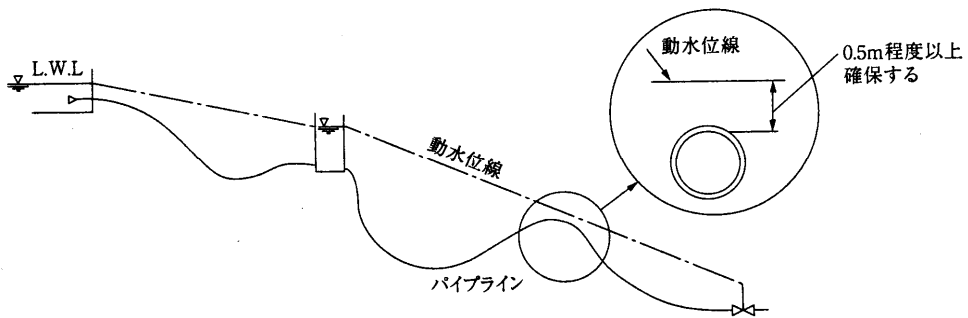


図-3.3.3 動水位線とパイプライン管頂の関係

(3) 末端余裕水頭

パイプラインの末端給水栓位置での有効水頭は、水理計算の精度、施工の状況及び水管理の状況等を考慮し、それまでの区間の全摩擦損失水頭の概ね 10% もしくは地区状況に応じた適切な値を余裕水頭として加算することを標準とする。

3.4 水理ユニット

パイプラインシステムでは、1地点における水管理操作が、その周辺の他地点あるいはシステム全体の圧力および流量にさまざまな影響を及ぼす。従って、パイプラインシステムを設計する場合、その水理検討はシステム内の圧力または流量を境界条件として直接互いに影響を及ぼし合う範囲にある施設群を一体とするサブシステムごとに進めなければならない。このように、境界条件によって一体化して取扱わなければならない施設群を水理ユニットと呼ぶ。

水理ユニットの構成例を図-3.4.1に示す。

a) 幹線系の場合 (図-3.4.1(a)参照)

点線で囲んだ3つの水理ユニットが設定されている。境界条件はいずれも水位境界である。本例の水理ユニットは、水管理上からは幹線系の水理ユニットとして取扱われる。

b) 支線系の場合 (図-3.4.1(b)参照)

上記の a. 幹線系の A 分水槽から出る支線における水理ユニットの構成例である。境界条件は、減圧施設による水位 (圧力) 境界と定流量弁 (バルブ B) による流量境界である。水管理上からは、支線系の水理ユニットとして取扱われる。

c) 末端系の場合 (図-3.4.1(c)参照)

上記 b. 支線系の定流量弁 (バルブ B) が支配するパイプライン系において、複数の給水栓とそれを接続する管路及び分水弁をひとつの水理ユニットとしている。必要があれば、この水理ユニットをさらに分割することも可能である。

d) 水田と畑の併用パイプラインの場合 (図-3.4.1(d)参照)

水田系統を減圧する必要があるので、畑と水田に分けて水理ユニットを設定している。実線で示した部分が末端系の水理ユニットである。

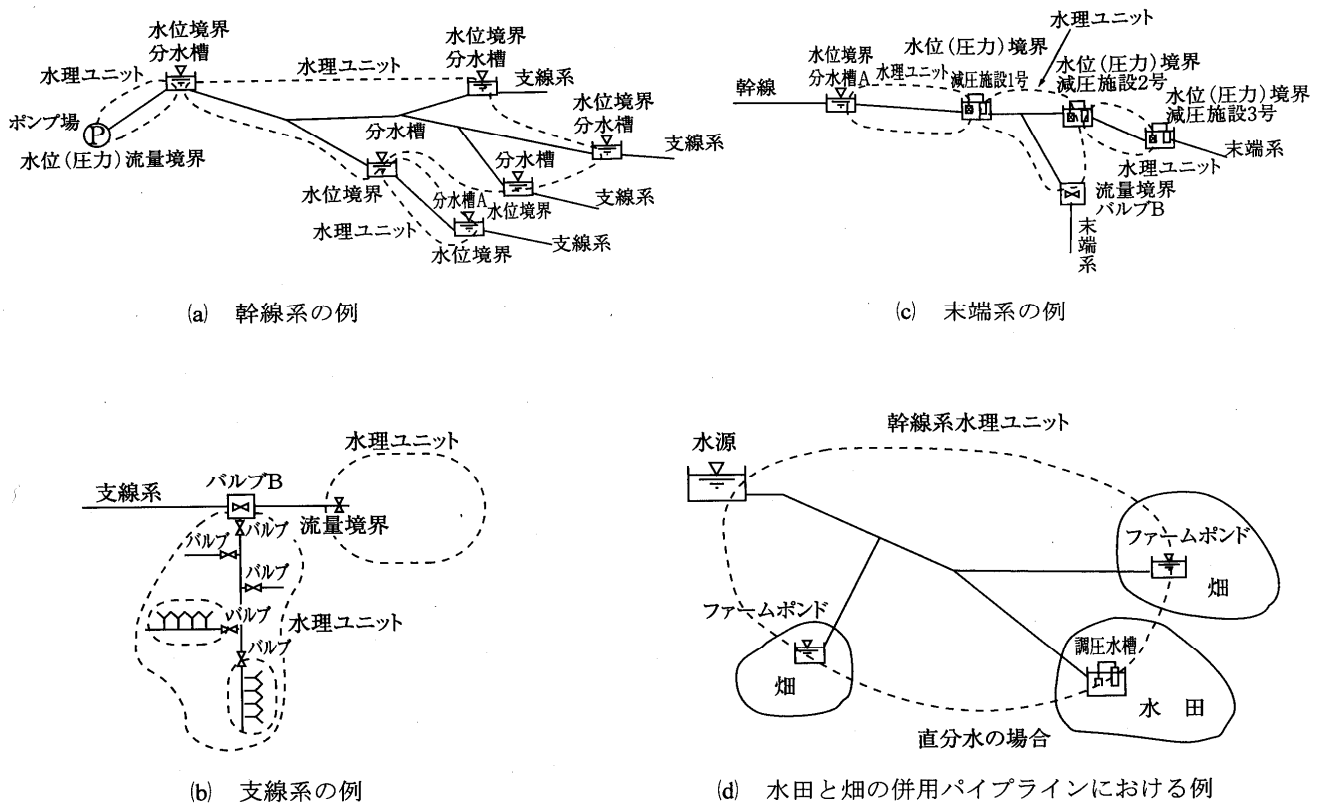


図-3.4.1 水理ユニットの構成例

3.5 設計流量に対する機能確保

パイプラインは、設計流量を確実に通水できる規模と必要な機能が確保されていなければならない。確保すべき規模と機能は、次のとおりである。

(1) 水理ユニット内の適切な水頭配分と通水断面の確保

水理ユニットの両端に与えられた設計流量と水頭を基に、管種を選定し、許容流速と水理ユニット内平均流速を考慮して水理ユニット内各部の水頭配分を適切に行う。

配分された水頭を基に、水理計算により管種別の規格管径を設定する。

(2) 水理ユニット間の結合

水理ユニット間の結合は、原則として流量、水位を介して行うものとする。境界条件は、上下流の水理ユニットの実通水能力の調整に必要な条件を基本に決定する。

(3) 設計流量通水時の機能の検討（水理計算）

前項(1)で求めた管種と管径について、与えられた境界条件に対して各水理ユニットごとに水理計算を行い、設計流量が確保できることを確認し、管種・管径を決定する。

ここでの水理計算では、摩擦損失水頭以外のその他の損失水頭として、摩擦損失水頭の10%程度を加算することを標準とする。

設計流量に対する機能確保によって決定された施設は、水管理、施設管理の運用に当たって生ずる諸条件に対しても必要な機能が確保されていなければならない。具体的には、最多頻度流量及び最小流量等の設計流量以外の流量に対して、水理ユニット内の流況、水理ユニット間の連携機能及び水理ユニット内部の過度現象等の検討を行うことが必要である。

3.6 比較設計

3.6.1 基本事項

パイプラインの設計において、計画上から要求される送配水機能を満たした上で、安全性、合理性及び経済性を確保するために、比較検討は必要不可欠である。

比較設計はいくつかの代替案を設定して、それぞれについて機能性と経済性を検討し、その総合検討から最終的に最適案を選定する。このために、比較設計作業は繁雑になることが多い。

パイプラインシステムの比較設計を進める上での基本事項は、以下のとおりである。

比較設計の目的を明確にすること。

比較設計の要素を的確に抽出すること。

比較設計の代替案は設計精度を統一し、かつ同一の精度で経済性を検討すること。

3.6.2 比較設計の留意点

比較設計を実施する場合の留意点は、以下のとおりである。

一般に経済性と機能性及び安全性は相反する関係にある。従って、比較設計の実施に当たっては、そのコンセプト（経済性を重視するのか、あるいは経済性を犠牲にしても機能性と安全性を重視するのか）をはっきりさせることが特に求められる。

経済性の比較設計において、各代替案のコスト差が2倍を超えるような場合は、比較設計としてほとんど意味がない。従って、代替案の選定はパイプラインシステムの全体的な観点から慎重に選ばなければならない。また、比較設計の実施に当たっては、コスト算定の精度を十分に勘案しなければならない。

比較設計の結果は、各代替案について比較要素別（たとえば、送配水の機能性、水理的な特性、水管理の操作性、経済性等）に特徴を対比できるように列記することが望ましい。

総合検討は、受益地の自然的、社会的条件を考慮し、かつパイプラインシステムの維持管理主体（土地改良区等）となる組織の能力を勘案することが特に重要である。

3.6.3 経済比較の方法

パイプラインの経済比較には、以下の2つの方法がある。

(1) ランニングコストによる場合

代替案によって、年間の維持管理経費に大きな差があり、それが管理主体の経費に大きく影響すると想定される場合である。この代表的なケースとして、ポンプ送水系パイプラインの設計流速の比較設計が挙げられる。ポンプ送水系パイプラインでは、管路施設にかかる維持管理費とポンプ施設にかかる維持管理費は相反する関係にある。このような場合には、各代替案別にランニングコストを算定し、その結果から最適案を選定する。

(2) イニシャルコストによる場合

いずれの代替案とも年間の維持管理経費は相対的な関係にあり、イニシャルコストによって経済比較が可能な場合である。自然流下系パイプラインの路線検討等の比較設計は、大部分がイニシャルコストによる比較設計で十分な場合が多い。

3.7 管種の選定

管体及び継手（以下、「管種」と称す）は、JIS 又はその他の規格品の中から、必要な水理条件、構造条件及び施工条件を満足し、その特性が十分生かせるものを選定する。

管種選定の一般的な手順は、以下のとおりである。

水理検討を行い、パイプラインの管径を概定する。

パイプラインの形式、送水方式等の施設条件から設計水圧を概定する。

水理検討の結果を基にして、管種、規格を概定し、継手の水密性、管の耐水圧強度等を検討し使用管種を概定する。

選び出された管について構造設計の検討を行う。

以上の技術的検討においても数種類の管が対象になっている場合は、経済比較とともに対象パイプラインが埋設される位置の立地条件、施工条件、維持管理及び施設の重要度等からの総合的な検討を行い、使用管種を決定する。

パイプラインに使用する管種は、作用する水圧に耐えられるものを使用しなければならない。内水圧による使用管種の目安は、継手による場合と管体による場合に分けられ、継手による場合は水密性及び耐水圧強度、管体による場合は耐水圧強度によって検討を行う。管種によっては、継手の水密性能よりも管体の耐水圧強度が小さい管種がある。

表-3.7.1 は、継手の水密性能又は耐水圧強度からの作用水圧の目安、**表-3.7.2** は管種別管体の耐水圧強度からの作用水圧の目安を示したものであり、両表を併用して使用管種の目安を立てることが可能である。ただし、**表-3.7.2** に示す値は外圧荷重が作用しない状態で求めた管体の耐水圧強度である。

JIS 又はその他の規格に基づいて製造・販売されている既製管の中で、農業用パイプラインによく使用される管の規格および特性は、**表-3.7.3** に示すとおりである。なお、**表-3.7.3** に示すポリエチレン管については、主に中口径以上を対象に JIS 規格に代わる国際規格対応製品が規格化されている。このため、選定にあたっては、設計水圧、応力度計算時の安全率等について十分検討を行い、その特性が十分生かせるものを選定する。

既成管の管体及び継手の設計については「土地改良事業計画設計基準設計パイプライン 13.1」による。

表-3.7.1 設計水圧による使用管種の目安(継手の水密性能または耐水圧強度からの目安)

管種		設計水圧(MPa)	備考
遠心力鉄筋コンクリート管(RC)		0.24	JIS A 5372 B形の継手に適用
コア式プレストレストコンクリート管(PC)	(1種) 標準形 押輪形 DS形	0.6 0.9 1.2	JIS A 5373、PCPA 2に適用 PCPA 5に適用 PCPA 6に適用
硬質ポリ塩化ビニル管(PVC)	VP	1.0	JIS K 6741、JIS K 6742、AS24 JWWA K 127、JWWA K 129、AS25-1 JWWA K 128、JWWA K 131 JWWA K 130 } に適用
ポリエチレン管(PE)	(一般用2種) 75~150mm 200~300mm (水道配水用) 50~200mm	0.43 0.31 1.0	JIS K 6761、バット溶着、電気融着 メカニカル接合に適用 JWWA K 144、PTC K 03、電気融着、メカニカル 接合に適用
強化プラスチック複合管(FRPM)	(1種)	1.30	JIS A 5350、B形、C形、D形 T形の継手に適用

注1) 設計水圧は本表を上限とする。

- 2) 継手の構造は JIS および協会規格等に定められているものとする。ただし、継手部の構造が改良された場合は、この限りではない。
- 3) 鋼管については管厚により一概に設計水圧は定められてないが、参考までに示せば、 $\sigma = P \cdot D / 2t$ (σ = 引張応力度 N/mm²、 P = 管内水圧 MPa、 t = 管厚(mm)、 D = 管直径(mm)) の式により $\sigma_a = 170\text{N/mm}^2$ 、 $D/t = 110$ の場合、 $P = 3.0\text{MPa}$ 程度となる。
- 4) ダクタイル鋳鉄管については特に設計水圧の上限を示さないが、参考として A 形継手の場合は設計水圧 2.0MPa 以下、K 形、T 形継手は保証水圧の 1/2(小数2位以下切捨)を限度とする。
- 5) 硬質ポリ塩化ビニル管の設計水圧は JIS K 6741、JIS K 6742 により定めた。
- 6) この他の管種および継手等で、JIS に最大使用静水圧等が規定されているものはこれによる。
- 7) 伸縮可とう継手等については、JIS およびメーカー規格を検討し、管体および管の継手と同等以上の耐圧、水密性能を有するものを使用する。
- 8) ポリエチレン管(一般用2種)の設計水圧は、Naday の式により、 $P = 2 \cdot t / D - t \cdot 1 / c$ (P = 管内水圧 MPa、 σ = 長期静水強度 MPa、 t = 管厚(mm)、 D = 管外径(mm)、 c = 設計係数) の式より 75~150mm は 0.43MPa、200~300mm は 0.31MPa としている。
- 9) ポリエチレン管(水道配水用)の設計水圧は、日本水道協会規格(JWWA K 144)により 1.0MPa とした。
- 10) 本表に示す耐水圧強度は、JIS 規格等により水圧が規定される管種以外は原則として、水圧下曲げ偏心載荷試験の条件により定めた値である。

表-3.7.2 設計水圧による使用管種の目安(管体の耐水圧強度からの目安)

管 種	設計水圧(MPa)	備 考	
遠心力鉄筋コンクリート管 (RC)	2K	0.13	150~1,350mm (1,500~3,000mm) 150~1,350mm (1,500~3,000mm) 150~ 800mm JIS A 5372 B形の継手に適用 ()はNC形に適用
	4K	0.26	
	6K	0.40	
コア式プレストレスト コンクリート管(PC)	1種	1.33	500~1,650mm 500~2,100mm 500~2,400mm 500~2,400mm 500~2,400mm JIS A 5373 PCPA 2 に適用
	2種	1.06	
	3種	0.80	
	4種	0.53	
	5種	0.40	
硬質ポリ塩化ビニル管 (PVC)	VH	1.25	75~ 150mm AS60に適用 13~ 300mm JIS K 6741、JIS K 6742 350~ 500mm JWWAK K 127、JWWAK K 129 40~ 700mm AS25、AS31、AS33に適用
	VP	1.0	
	VM	0.8	
	VU	0.6	
ポリエチレン管(PE)	(一般用2種) 75~ 150mm	0.43	13~ 300mm JIS K 6761(2種)に適用 JWWA K 144、PTC K 03 に適用
	200~ 300mm	0.31	
	(水道配水用) 50~ 200mm	1.0	
強化プラスチック複合管 (FRPM)	1種	1.30	200~3,000mm JIS A 5350
	2種	1.05	
	3種	0.70	
	4種	0.50	
	5種	0.25	

注1) 設計水圧は本表を上限とする。

2) 硬質ポリ塩化ビニル管の設計水圧は、JIS K 6741、JIS K 6742により定めた。

3) PTC：配水用ポリエチレンパイプシステム協会規格

表-3.7.3 既製管種一覧表（参考）

管種		規格	口径（呼び径）	特性	
不とう性管	コンクリート管	遠心力鉄筋コンクリート管	JIS A 5372	150～3,000 mm	耐食性及び耐久性が大きい。電食のおそれがない。重量が比較的大きい。内面の粗度の変化はほとんどない。A形管でも継手構造により可とう性が期待でき、B形、NC形管は継手の可とう性がある。低圧パイプラインに適する。
	コア式プレストレストコンクリート管	JIS A 5373	500～2,000 mm	耐食性・耐久性及び耐荷重性が大きい。電食のおそれがない。重量は比較的大きい。内面の粗度の変化はほとんどない。継手の可とう性がある。	
ととう性管	ダクタイル鋳鉄管	ダクタイル鋳鉄管	JIS G 5526	75～2,600 mm	強度及び耐久性が大きい。内面は普通モルタルライニングするので、さびこぶの発生を防止できる。外面塗装は合成樹脂塗料を使っている。重量が比較的大きい。電食のおそれが少ない。内、外圧の大きい管路、軟弱地盤の管路等に適する。耐震性の継手構造もある。
		ダクタイル鋳鉄異形管	JIS G 5527	75～2,600 mm	
		農業用水用ダクタイル鋳鉄管	JDPA G1027	300～2,600 mm	
		推進工法用ダクタイル鋳鉄管	JDPA G1029	250～2,600 mm	
	鋼管	水輸送用塗覆装鋼管	JIS G 3443	80A～3,000A	強度が大きい。耐久性に富み、靱性、延性がよい。耐衝撃性に優れている。重量は比較的小さい。内面液状エポキシ樹脂による塗装、外面アスファルトビニロンクロスで防食性がある。電食のおそれのある箇所は電食防止措置が必要である。また継手の水密性は高い。耐震性に優れる。水管橋に適し、内外圧の大きい管路、軟弱地盤の管路等に適する。 注）配管用炭素鋼鋼管と配管用アーク溶接炭素鋼鋼管および圧力配管用炭素鋼鋼管は原管であり、埋設に際しては内面塗覆装、外面塗覆装をする。
		水輸送用塗覆装鋼管異形管	JIS G 3443	80A～3,000A	
		水道用亜鉛めっき鋼管	JIS G 3442	10A～300A	
		配管用炭素鋼鋼管	JIS G 3452	6A～500A	
		配管用アーク溶接炭素鋼鋼管	JIS G 3457	350A～2,000A	
		圧力配管用炭素鋼鋼管	JIS G 3454	6A～650A	
	硬質ポリ塩化ビニル管	硬質ポリ塩化ビニル管	JIS K 6741	13～700 mm	軽量で取扱いが容易であり、接合はTS(接着)またはRR(ゴム輪)方式であるため、スピーディな施工ができる。耐久性、耐食性、耐電食性に優れ、管の内面粗度は変化が小さく滑らかである。特にRRは伸縮性と可とう性も備え、軟弱地盤の管路にも適する。
		水道用硬質ポリ塩化ビニル管	JIS K 6742	13～150 mm	
		水道用硬質ポリ塩化ビニル管継手	JIS K 6743	13～150 mm	
	ポリエチレン管	一般用ポリエチレン管	JIS K 6761	13～300 mm	軽量、耐衝撃性、耐食性が大きい。電食のおそれがない。内面が平滑で摩擦抵抗が小さい。管は可とう性に富み、軟弱地盤の管路にも適する。
		水道用ポリエチレン二層管	JIS K 6762	13～50 mm	
	強化プラスチック複合管	強化プラスチック複合管	JIS A 5350	200～3,000 mm	軽量で運搬施工が容易である。耐食性、耐摩耗性、耐電食性、耐衝撃性、耐クリープ性が大きい。内面粗度は変化が小さく滑らかである。継手の可とう性があり、軟弱地盤の管路に適する。

第 4 章 水理設計

第4章 水理設計 目次

4.1	総則.....	4-1
4.2	水理設計.....	4-2
4.2.1	許容設計流速	4-2
4.2.2	平均流速公式	4-3
4.2.3	水理計算.....	4-3
4.3	水撃圧の計算.....	4-5
4.3.1	水撃圧の推定方法	4-5
4.3.2	経験則による水撃圧の推定	4-6

第4章 水理設計

4.1 総則

管路の水理現象の検討は、定常的な水理現象と非定常的な水理現象について解析を行うものとする。

パイプラインの水理解析は、対象とするパイプライン組織が水利用計画のいかなる条件のもとでも計画最大流量までの用水量を安全確実に通水し得るように、パイプラインの通水断面及び附帯施設の規模、附帯施設の制御方式を検討し、パイプライン組織がその機能を十分に果たせるように検討することを目的とする。

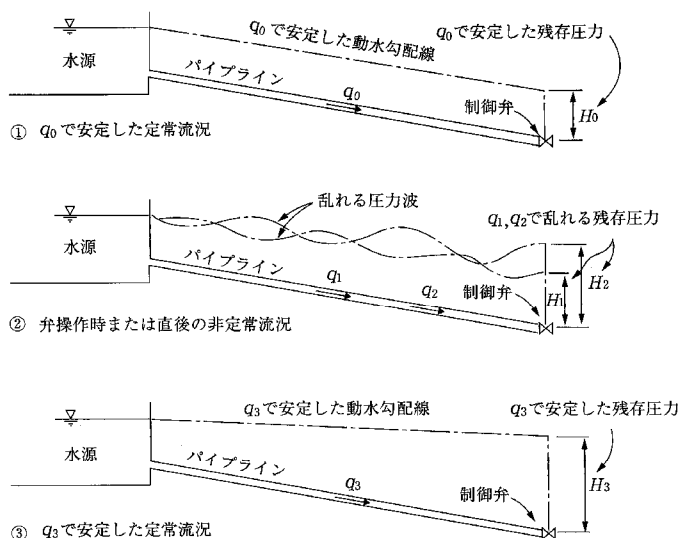
パイプラインに発生する水理現象は、パイプライン中の流体のおかれた状況によって以下の二つに分類される。

定常状態の水理現象

パイプライン中の流速及び圧力が時間的に変化せず、一定に保持されている状態の流況である。

非定常状態の水理現象

パイプライン中の流速及び圧力が時間的に変化し、流況が乱れている状態の流況である。この流況はバルブ等、何らかの外的要因によってパイプライン中の流況を変化させた場合に発生し、長い時間を経過すると新たな定常流況へ流れが安定していく。



ただし、①弁操作前、②弁操作時または直後、③弁操作終了後長時間を経た状況を示している。

図-4.1.1 定常流況と非定常流況との関係

送配水路の定常的な水理現象の検討は、水利用計画に基づく流量を適正な流速で輸送するために必要な口径及び水頭を求めることを目的とし、管路の状況等を考慮して適切な水理設計を行うものとする。

送配水路の非定常的な水理現象の検討は、管路及び各種の附帯施設の安全性と機能性が確保できるよう、施設及び機器の操作に伴う過渡現象の把握を目的とし、管路における水撃圧(ウォーターハンマ)、管路途中等に自由水面がある場合のサージング等の計算が対象となるが、本指針ではこのうち、水撃圧の計算について解説する。

4.2 水理設計

パイプラインシステムの水理設計は、水利用計画の範囲内で管理上起こり得る最低給水位及び最高到達水位のもとでも、計画最大流量を安全に流し得る能力を与えるための通水断面、すなわち管径の選定を目的とする。

4.2.1 許容設計流速

管内の許容設計流速は、次の によるほか、送配水方式別に 又は によるものとする。

許容最大流速及び許容最小流速

- a) 管内の許容最大流速は、管内面の摩耗を防止するため、コンクリートの場合は 3m/s、それ以外（モルタルライニングを含む）の場合は 5m/s とする。なお、この値以内であっても、小口径管については、バルブ操作時間が数秒と短く、水撃圧が非常に大きくなるため平均流速は 1m/s 以内が望ましい。
- b) 許容最小流速は、水中の浮遊土砂等が管内に沈殿することを避けるため、設計流量時で 0.3m/s 以上とする。配水管で防除、施肥と多目的に使用する場合等は、0.6m/s 以上とすることが望ましい。
- c) 放水工、余水吐等の一時的に水が流れる管路構造物の許容最大流速は a) の 1.5 倍以内とする。

自然圧式管路の許容平均流速

水理ユニット内の平均流速（管路縦断方向の加重平均値）は原則として 2.0m/s 以下とする（流速のバラツキは平均値の 10% 以下が望ましい）。ただし、経済的な観点から、水撃圧等の影響を検証し安全を確かめた場合は 2.5m/s まで高めてもよい。

ポンプ圧送式管路の許容平均流速

ポンプ圧送式管路の平均流速は、ポンプ施設の設備費、管路の建設費及び電気料金等の維持管理費を考慮の上、最も経済的になる流速（管径）を選定しなければならない。この際、水理ユニット内の平均流速（管路縦断方向の加重平均値）は自然圧式管路と同様、原則として 2.0m/s 以下とする。ただし、経済性を高めるためから、水撃圧等の影響を検証し安全を確かめた場合は 2.5m/s まで高めてもよい。口径と経済流速の範囲の目安は、表-4.2.1 に示すとおりである。

表-4.2.1 ポンプ圧送式の平均流速（目安）

口径（mm）	平均流速（m/s）
75 ~ 150	0.7 ~ 1.0
200 ~ 400	0.9 ~ 1.6
450 ~ 800	1.2 ~ 1.8
900 ~ 1,500	1.3 ~ 2.0
1,600 ~ 3,000	1.4 ~ 2.5

上記、 の水撃圧による安全性の検証については、「土地改良事業計画設計基準 設計 パイプライン 8」による。

4.2.2 平均流速公式

定常的な水理計算に用いる平均流速公式は、ヘーゼン・ウィリアムス公式の適用を原則とする。なお、管水路系の組織の一部を構成する開水路の水理計算は、原則としてマンニング公式を使用する。

ヘーゼン・ウィリアムス公式は、式(4.2.1)で与えられる。

$$V = 0.849 C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54} \dots\dots\dots (4.2.1)$$

ここに、

- V : 平均流速 (m/s)
- C : 流速係数 (表-4.2.2 参照)
- R : 径深 (m)
- I : 動水勾配

式(4.2.1)を基に、円形管について次の各式が誘導される。

$$V = 0.355 C \cdot D^{0.63} \cdot I^{0.54} \dots\dots\dots (4.2.2)$$

$$Q = 0.279 C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54} \dots\dots\dots (4.2.3)$$

$$D = 1.626 C^{-0.38} \cdot Q^{0.38} \cdot I^{-0.21} \dots\dots\dots (4.2.4)$$

$$I = h_f / L = 10.67 C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \dots\dots\dots (4.2.5)$$

ここに、

- D : 口径 (m)
- h_f : 摩擦損失水頭 (m)
- Q : 流量 (m³/s)
- L : 管路長 (m)

4.2.3 水理計算

水理計算は利用可能なエネルギーを有効に利用して、計画最大用水量を流し得る最小断面を求めることを目的とする。最小断面は、パイプライン口径を想定し計画最大流量について、設計上の摩擦損失水頭及び各種損失水頭を以下のように計算することによって求められる。

(1) 摩擦損失水頭

パイプラインの摩擦損失水頭は、ヘーゼン・ウィリアムス公式により求める。パイプライン組織の水利用計画から得られた設計流量に対して、表-4.2.2 から使用管種の流速係数 C の値を定め、式(4.2.6)より求める。

$$h_f = 10.67 C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot L \dots\dots\dots (4.2.6)$$

ここに、

- h_f : 摩擦損失水頭 (m)
- C : 流速係数 (表-4.2.2 参照)
- D : 口径 (m)
- Q : 流量 (m³/s)
- L : 損失水頭を求める区間の延長 (m)

(2) 各種損失水頭

パイプラインの縦横断線形の設計に応じて、以下の各種損失水頭を計算によって求めることを標準とする。ただし、口径 300mm 以下、かつ設計水圧 1.0MPa 以下の小口径管の定常水理計算については、曲管、分岐管、片落管等の異形管類及び制水弁類の局所損失水頭が摩擦損失水頭に比べて小さいので、全摩擦損失水頭の 10% を各種損失水頭としてもよい。

各種損失水頭の算定にあたっては「土地改良事業計画設計基準 設計 パイプライン 7.2.5」による。

- 流入による損失水頭
- 流出による損失水頭
- わん曲及び屈折による損失水頭
- 断面変化による損失水頭
- 分流による損失水頭
- 合流による損失水頭
- バルブによる損失水頭
- 量水器による損失水頭
- スクリーンによる損失水頭

表-4.2.2 流速係数 C の値

管（内面の状態）	流速係数 C		
	最大値	最小値	標準値
鋳鉄管（塗装なし）	150	80	100
鋼管（塗装なし）	150	90	100
水道用液状エポキシ樹脂塗装管（鋼） ^{注1)}			
800mm 以上			130
700～600mm			120
500～350mm			110
300mm 以下			100
モルタルライニング管（鋳鉄）	150	120	130
遠心力鉄筋コンクリート管	140	120	130
プレストレストコンクリート管	140	120	130
硬質ポリ塩化ビニル管 ^{注2)}	160	140	150
ポリエチレン管 ^{注2)}	170	130	150
強化プラスチック複合管 ^{注2)}	160		150

注1) JIS G 3443-4 によるエポキシ樹脂塗装が内面に施されているが、十分な経年変化後の水理データがないことから、タールエポキシ樹脂塗装と同等として扱い本表の値を適用してよい。また、呼び径 800mm 未満で、現場溶接部の内面塗装を行わない場合には本表の値を適用する。ただし、現場溶接部の内面塗装を十分な管理の下で行う場合、 $C = 130$ を適用することができる。

2) 呼び径 150mm 以下の管路では、 $C = 140$ を標準とする。

4.3 水撃圧の計算

水撃圧の予測は、計算による方法を原則とする。ただし、給水栓を有する水田配水系パイプラインで低圧（静水圧 0.35MPa 未満）の場合は、経験則による方法で水撃圧の推定を行ってもよい。

4.3.1 水撃圧の推定方法

計算による水撃圧の予測方法には以下があるが、理論解法は適用範囲が水槽～単一管路～バルブのような単純な系に限られており、多くの分岐を含むようなパイプラインシステムの水撃圧を予測する場合は数値解法によることが望ましい。数値解法による水撃圧の予測は、特性曲線法及び中心差分法のいずれも適用できる。また、給水栓を有する水田配水系パイプラインで低圧（静水圧 0.35MPa 未満）の場合やパイプライン形式がオープンタイプである場合は、経験則による方法で水撃圧の推定を行ってもよい。

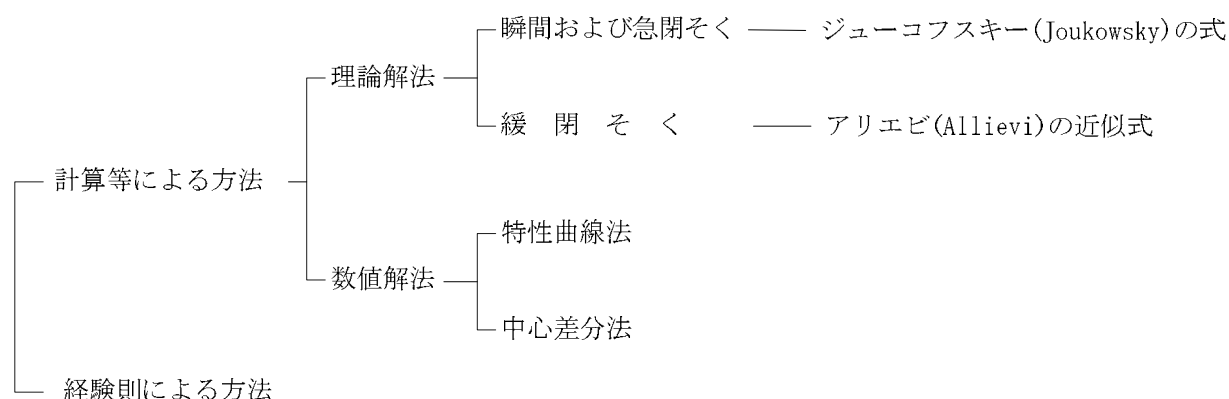


図-4.3.1 水撃圧の予測方法

水撃圧を正しく予測するには、必ず計算による方法で値を求め、この結果について経験則による値との対比を行って適切に水撃圧を予測する。

計算による方法の値が経験則による値を上回る場合には、バルブ等の操作速度を遅くすること等により、軽減する方法を講じて経験則の値を下回るように処置する。処置が可能な場合は経験則の値を使用してもよい。安全性等を十分検討した上で処置が不可能な場合は、計算による値を使用する。

計算による方法の値が経験則による値を下回る場合には、計算による方法に含まれていない不確定要素及び安全性に配慮し、経験則の値を使用してもよい。ただし、不確定要素や安全性の面で技術的な問題等を解決している場合は、専門技術者と協議を行い水撃圧の採用値を決定する。

数値解法以外の推定方法は、バルブ操作による水撃圧の上昇圧のみを扱っているため、負圧の検討など下降圧が問題となる場合は、数値解法によらなければならない。ただし、ポンプ動力の停止による場合の水撃圧は、簡易計算図表等により行うことができる。（「土地改良事業計画設計基準 設計 ポンプ場」参照）

なお、計算による水撃圧の検討を行う範囲は、水理的な境界線で区切られる水理ユニットを基本とするため、上流に計画等がある場合は、それに準拠して水撃圧の予測を行う。

数値解析による水撃圧の予測については、「土地改良事業計画設計基準 設計 パイプライン 8.3.2」による。

4.3.2 経験則による水撃圧の推定

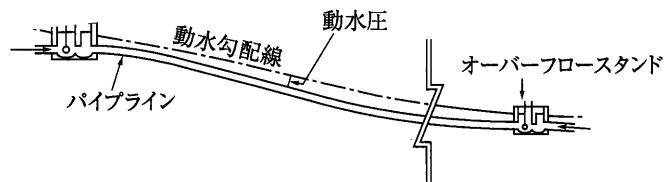
(1) 自然圧送方式の水撃圧

a) オープンタイプの場合

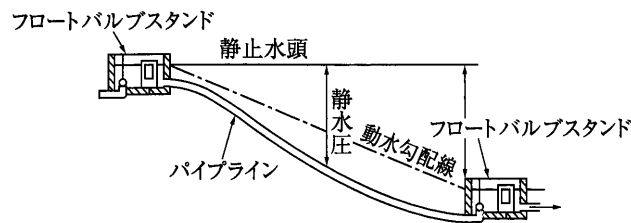
水撃圧は設計流量が流下時の動水勾配線による水圧の20%とする。(図-4.3.2(a)参照)

b) クローズド及びセミクローズドタイプの場合

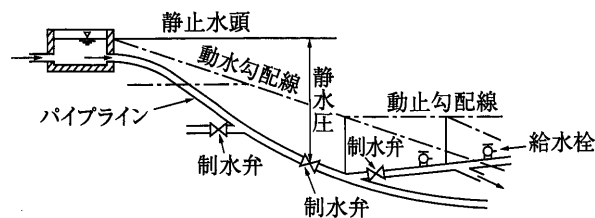
静水圧が0.35MPa未満の場合は静水圧の100%とする。静水圧が0.35MPa以上の場合は静水圧の40%、または0.35MPaのうち大きい値とする。(図-4.3.2(b)、(c)参照)



(a) オープンタイプ



(b) セミクローズドタイプ



(c) クローズドタイプ

図-4.3.2 パイプラインの静水圧及び動水圧

(2) ポンプ系パイプラインの水撃圧

ポンプ系パイプラインの水撃圧計算は、「土地改良事業計画設計基準 設計 パイプライン 8.3.5」による。

第 5 章 構造設計

第5章 構造設計 目次

5.1	総則.....	5-1
5.2	埋設深.....	5-2
5.3	基礎工法の選定.....	5-3
5.3.1	管体の基礎工法.....	5-3
5.3.2	基礎及び埋戻し材料.....	5-7
5.4	管体の構造計算.....	5-8
5.4.1	荷重.....	5-8
5.4.2	管体の横断方向の設計.....	5-10
5.4.3	管体の縦断方向の設計.....	5-12
5.5	スラスト力の検討.....	5-13
5.5.1	一般事項.....	5-13
5.5.2	検討箇所及び順序.....	5-13
5.5.3	スラスト力の検討.....	5-14
5.5.4	スラスト力の対策.....	5-14
5.6	傾斜部管路の設計.....	5-16
5.6.1	傾斜部管路の定義.....	5-16
5.6.2	検討すべき事項.....	5-16
5.6.3	地山斜面の安定.....	5-16
5.6.4	管体の安定.....	5-17
5.6.5	埋戻し土の安定.....	5-21
5.6.6	止水壁の設置と湧水対策.....	5-21
5.6.7	段落部における布設勾配.....	5-22
5.7	防食.....	5-23
5.8	耐震設計.....	5-23

第5章 構造設計

5.1 総則

基本設計で定めた条件下で、管体の横断方向及び縦断方向の耐圧強さ、移動、変形、水密性等について十分検討の上、適切に設計しなければならない。

管路の構造設計は、地形条件、土質条件、水理条件及び施工条件等を考慮して管種と埋設深を想定した後、荷重を決定し、続いて管体の横断方向及び縦断方向の構造計算を行う。検討内容は、耐圧強さ、移動、変形及び水密性等とする。

管路の構造設計の手順を図-5.1.1 に示す。

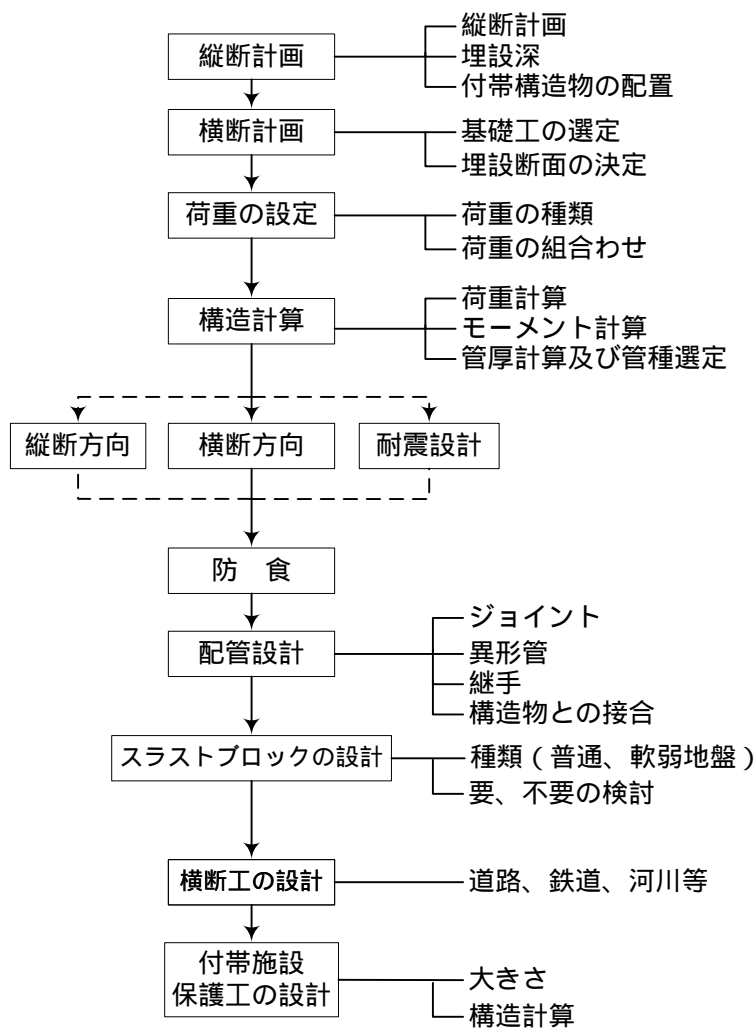


図-5.1.1 構造設計の手順

5.2 埋設深

埋設深は、管頂から埋戻し土（又は盛土）の表面までの深さとし、現場の条件に応じて設定する。

埋設深は、管頂から埋戻し土（盛土）の表面までの深さとし、耕うん作業との関係、管路が横断する施設等の状況、地盤の状態、地表面等の利用状況及び地下水位等を考慮して決定する。

また、管路の布設勾配は水平ではなく、排水等管理面を考慮して、概ね 1/500～1/300 程度とすることが望ましい。

埋設深は、管路の保護上から 0.6m 以上とする。ただし、公道下、歩道下、軌道下または河川下等に埋設する場合、管理者と協議して決定する必要がある。公道または市町村道に認定され、道路構造令に準拠する農道下では 1.2m 以上、道路構造令に準拠しない農道及び私道下では附帯施設等の設置を考慮して 1.0m 以上とするのが一般的である。

埋設深（土かぶり）と管底に生じる曲げモーメントとの管径は、**図-5.2.1**のとおりである。

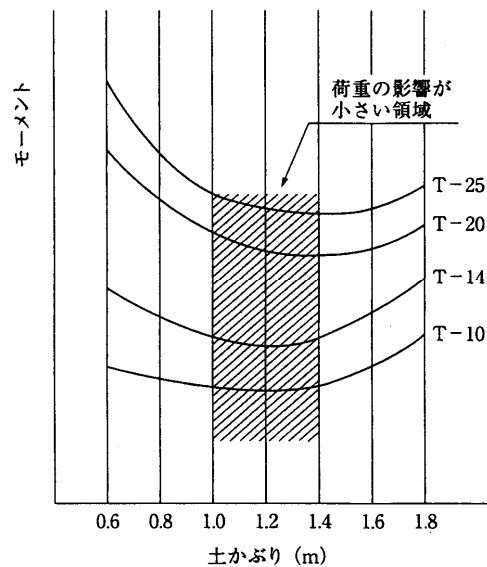


図-5.2.1 土かぶり（鉛直荷重）と管底モーメント

耕地下に埋設する場合の最小埋設深は、「0.6m 以上+耕土深」を標準とする。

ただし、管径 300 mm 以下のほ場内管路（耕作道路含む）の埋設深は、作物の種類、耕起の状態、耕うん作業機の種類及び通行車両等により検討し、最小埋設深を 0.3m 以上とすることができる。

しかしながら、ほ場内道路でも予想し得ない大型車の交通荷重もあることから耕作道路以下の軽車両の交通に限定された農道等を目安とする。

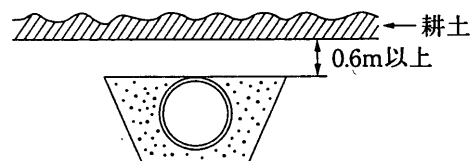


図-5.2.2 耕地下埋設の場合

- ② 寒冷地における埋設深は凍結深以上とする。なお、除雪をしない区間の凍結深は、積雪による保温効果を考慮すること。この場合は「管水路凍結深基準図について」（平成 11 年 7 月 2 日付け事務連絡）参照のこと。また、除雪区間及び道路の路肩部の凍結深は、「営農飲雑用水施設設計指針（案）第 2 章管路の設計 2.6.1」を参照のこと。
- ③ 山林下に埋設する場合の最小埋設深は、0.6m 以上を標準とする。
- ④ 地下水位が高く、管路が浮上するおそれのあるところでは、管体空虚時に管路が浮上しない深さとする。なお、被圧地下水等が予想される場所では、排水対策と合わせて十分な検討が必要である。

浮上に対する検討には、式 (5.2.1) を用いる。

$$H \geq \frac{\pi \cdot D_C}{4} \cdot \frac{S \cdot W_0 - \{1 - (D/D_C)^2\} \gamma_P}{W - W_0} \dots\dots\dots (5.2.1)$$

ここに、

- H : 管路が浮上しないための最小土かぶり (m)
- D : 管の内径 (m)
- D_C : 管の外径 (m)
- S : 安全率 (1.2 とする)
- γ_P : 管材の単位体積重量 (kN / m³)
- W_0 : 水の単位体積重量 (kN / m³)
- W : 埋戻し土の飽和単位体積重量 (kN / m³)

式 (5.2.1) は、地表面まで地下水で飽和されているとした場合のものである。

現地の地下水位が確かで地表面までの地下水位の出現の可能性がない場合には、別途その条件を前提にして検討する必要がある。

なお、式 (5.2.1) の検討において浮上防止に必要な埋設深を確保する代わりに、ジオテキスタイルの採用により埋設深を低減する工法が開発されており、必要に応じて検討を行う。

5.3 基礎工法の選定

埋設管の基礎は、地盤の状態、荷重条件及び使用管種の特性を十分に考慮し、施工が容易で構造的にも安定した工法を選定するよう留意する。

5.3.1 管体の基礎工法

管体の基礎工法は、管体の設計条件、基礎の土質、地下水の状態、管の種類、口径、施工方法及び経済性を考慮して適切な工法を選定しなければならない。基礎工法は、現地の状態を十分把握して決定されるべきであるが、一般的には以下のとおりである。なお、基礎の施工支持角 $2\theta'$ は、とう性管の場合 360° 、不とう性管の場合 120° 以上とする。

(1) 岩盤の場合

管体の布設地盤が岩盤等堅固な場合、管体を直接地盤の上に布設すると、管材部と地盤との間に不

陸が生じて管体に局所的な集中反力が発生し、管体の折損及び破壊等の事故を引き起こすことがあるので**図-5.3.1**、**表-5.3.1**に示すように、砂または良質土で300mm以上置換し十分締固めた基床を設ける。ただし、口径300mm以下については、普通地盤の当該口径に相当する基床厚とし、最小基床厚は100mmとする。

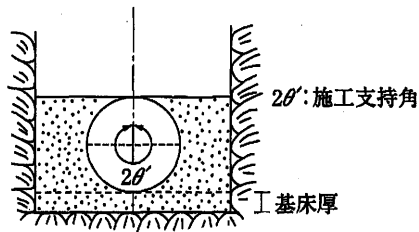


図-5.3.1 岩盤の場合

表-5.3.1 基床の標準寸法

区分	寸法	
基床厚	土被り 7m	300mm 以上
	土被り > 7m	1m増すごとに 40mm 加算、かつ口径2000mm 以上の場合は 0.2Dc 以上とする

注) Dc : 管の外径 (mm)

(2) 普通地盤の場合

管体の布設地盤が普通地盤の場合、鉛直荷重を管体の基礎地盤に広く均等に分布させることが必要のため、**図-5.3.2**、**表-5.3.2**に示すように、砂または良質土で置換し十分締固めた基床を設ける。

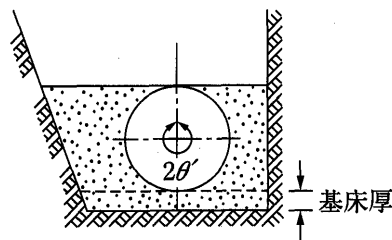


図-5.3.2 普通地盤の場合

表-5.3.2 普通地盤の基床厚 (mm)

口径	基床厚
200 以下	100 以上
250 ~ 450	150 以上
500 ~ 900	200 以上
1,000 ~ 2,000 未満	300 以上
2,000 以上	0.2Dc 以上

注) Dc : 管の外径 (mm)

(3) 軟弱地盤の場合

管体の布設地盤が軟弱地盤の場合、管体の均等支持と軟弱地盤の改良(置換)を考慮して、**図-5.3.3**に示す基礎工法とする。管体の均等支持に必要な厚さは、普通地盤における基床厚以上とし、施工性を考慮した**表 5-3.3**を目安とする。

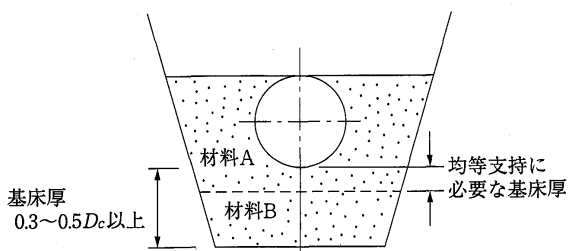


図-5.3.3 軟弱地盤の場合

表-5.3.3 軟弱地盤の基床厚の目安 (mm)

口径	基床厚
200 以下	150 以上
250 ~ 450	200 以上
500 ~ 900	300 以上
1,000 ~ 2,000 未満	500 以上
2,000 以上	0.3Dc 以上

注) Dc : 管の外径 (mm)

なお、パイプラインにおける軟弱地盤の目安は表-5.3.4のとおりである。

表-5.3.4 軟弱地盤の目安

土質	軟弱地盤の目安
粘性土	N 2~5、または自然含水比70%以上
砂質土	N 5~10、または液状化の可能性のある土層

N : N 値

(4) 大きな荷重を受ける場合

不とう性管が大きな荷重を受ける場合やその布設傾斜角度が大きい場合には、コンクリート基礎が一般に用いられる。コンクリート基礎は若干の鉄筋で補強すれば最も完全な基礎工となる。

しかし、とう性管の場合には基礎境界の管体の部分に応力が集中するので、コンクリート基礎等はできるだけ避けることが望ましい。

(5) 管軸方向に地盤が変化する場合

管軸方向に地盤が変化している場合には、そのおのおのの部分の地盤について上述の(1)~(4)までに述べた方法で基床を設ければよい。ただし、基床地盤の急激な変化は不同沈下の原因になり管体の折損事故につながるので、急激な基床の変化を避けるために緩和区間を設けることが必要である。

たとえば、通常地盤の一部に軟弱な地質がポケット状に存在する場合には図-5.3.4のようにする。

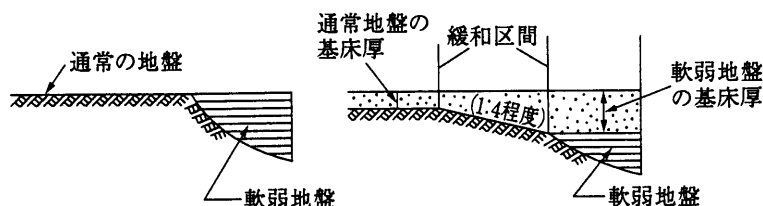


図-5.3.4 基礎地盤が急変する場合の基礎の一例

(6) 構造物との接続部分の場合

スタンド(分水、調圧、通気等)、スラストブロック、制水弁、マンホール及び監査ます等との接続部には、短管を用い特殊継手等とするとともに、砂または砂利等で基礎を構築する。

(7) コンクリート基礎の場合

一般に大きな荷重を受ける場合や布設傾斜角度が大きい場合にはコンクリート基礎を用いる。

なお、管単体の縦断方向中央部には打継目を設けてはならない。打継目は管の接合部を中心として一定間隔をとって設けるのがよい。

とう性管を固定支承にすることは、とう性管の特性を損なうことになることから、固定支承とする場合は、急傾斜地のズリ落ち防止及び短区間の横断部補強等経済性から考えてやむを得ない場合にのみ採用するのが一般的であり、施工支持角は 180°以上とする。ただし、硬質ポリ塩化ビニル管及びポリエチレン管の施工支持角は 360°とする。

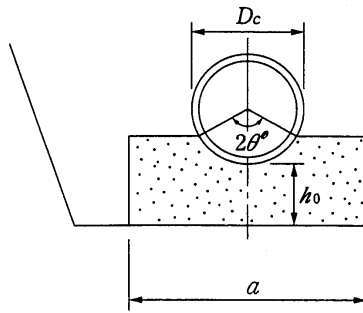


図-5.3.5 コンクリート基礎の形状（半巻き基礎）

表-5.3.5 半巻きコンクリート基礎の形状

2°	180°、120°	90°
	1.25 D_c もしくは $D_c+200\text{mm}$ のいずれか大なる値	D_c
h_o	0.25 D_c もしくは100mmのいずれか大なる値	0.20 D_c もしくは100mmのいずれか大なる値

注) コンクリート基礎の設計支持角は、施工支持角をもって設計支持角とする。

(8) 複合配管の場合

単独配管の設計に準ずる。

管と管との間隔は、施工性、経済性、管理面等を考慮して決定しなければならないが、最小間隔 b_3 は複合配管の大なる口径により表-5.3.6 に示す間隔を確保し、締固め作業が可能なものとする。なお、 b_1 、 b_2 の値は、施工上必要な幅を確保するものとする。

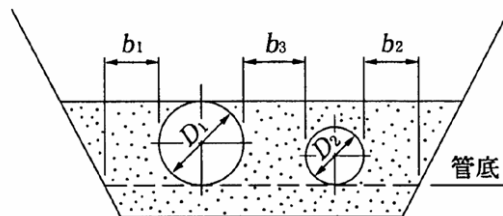


図-5.3.6 複合配管

表-5.3.6 管と管の間隔 b_3

口径 (mm)	管と管の間隔 (mm)
100 ~ 450	350 以上
500 ~ 700	550 以上
800 ~ 1,100	600 以上
1,200 ~ 1,650	700 以上
1,800 ~ 3,000	750 以上

5.3.2 基礎及び埋戻し材料

管体の基礎及び埋戻し材料は、原則として砂・砂礫または良質な地盤材料を用いるものとする。

管体の基礎及び埋戻し材料に関する留意事項は、以下のとおりである。

管体の基礎材料には、管体及び継手に悪影響を及ぼすものを使用してはならない。

管体の基礎材料の選定は、現地発生土が基礎材料として流用可能な場合、砂または碎石基礎の場合と経済比較を行って決定するものとする。

管体の基礎材料に現地発生土を使用する場合であっても、掘削による基床地盤の緩み、締固めによる均等支持確保の観点から、基床部を含めて掘削締固めを行わなければならない。

基礎及び埋戻し材料に礫質土を用いる場合、直接管体に礫が触れて集中荷重（点支持）にならないように配慮しなければならない。基礎材料として使用できる最大粒径は次のとおりとする。なお、最大粒径以下であっても角礫はできるだけ取り除くことが望ましい。

表-5.3.7 基礎材料の最大粒径

コンクリート管類、鋼管、ダクタイル鋳鉄管	40 mm
500 mm以上の強化プラスチック複合管	
硬質ポリ塩化ビニル管、ポリエチレン管	20 mm
500 mm未満の強化プラスチック複合管	

鋼管布設において碎石基礎とする場合、鋼管の外面塗装に損傷等の影響が懸念されるため、塗装仕様は農業用プラスチック被覆鋼管（ポリエチレン被覆、ポリウレタン被覆（WS P047））の2.0mm以上とする。

管体の埋戻しにおいて、現場発生土が埋戻し材料として不適な場合、良質土（購入土等）で埋戻しをする。なお、とう性管の施工支持角は、スパングラ水平土圧の理論（管側材料は同一材料）及び設計の簡略化のため $2\theta = 360^\circ$ とする。

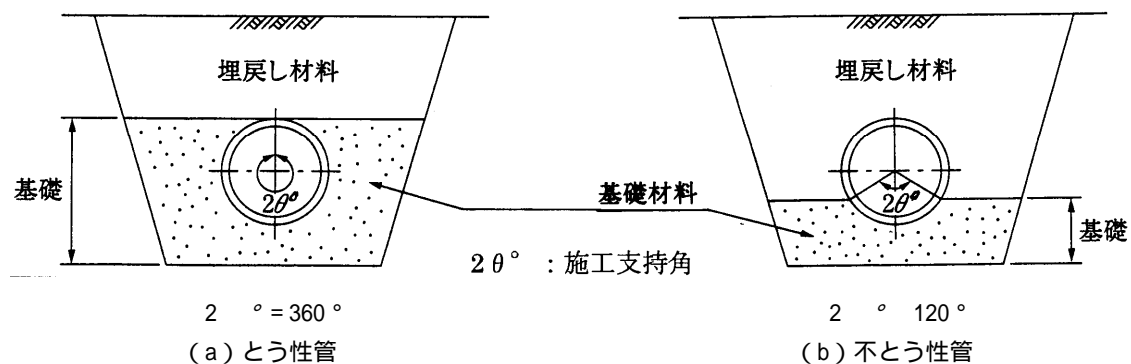


図-5.3.7 基礎及び埋戻し材料の区分

5.4 管体の構造計算

荷重に対する管体の安全性の確保については、管体にかかる荷重又は応力が許容荷重又は許容応力を上回らないようにするとともに、とう性管については、これに加えて更に設計たわみ率を上回らないようにしなければならない。

不とう性管の管種は、内外圧が同時に作用したときの許容内圧を算定し、水理解析より求められた設計水圧と比較検討を行い選定する。とう性管の管体構造計算は、内外圧から求める方法とたわみ率から求まる方法があり、この両方を満足する必要がある。

管体の構造計算の詳細については、「土地改良事業計画設計基準設計パイプライン 9.3」による。

5.4.1 荷重

構造設計に当たっては、次に掲げる荷重を適切に定めるものとする。

- 土圧
- 活荷重
- 軌道荷重
- その他の上載荷重
- 管体の自重及び管内水重
- 基礎反力
- 内水圧
- その他の荷重

(1) 土圧

埋設管にかかる土圧は、管の布設状態及び管の種類によって異なるので、それぞれの条件に応じた公式を適用しなければならない。

本指針で使用する土圧公式は、管の種類、埋設溝の種類及び埋設条件等により、以下に整理するとおりである。

表-5.4.1 土圧公式の適用区分

管種	土圧の種類	埋設溝の種類	使用土圧計算公式	
不とう性管	鉛直土圧	溝形	マーストン(溝形)公式	
		突出形	マーストン(突出形)公式	
		矢板溝形	垂直土圧公式	
	水平土圧		ランキン土圧公式	
とう性管	鉛直土圧	$H \leq 2.0m$	垂直土圧公式	
		$H > 2.0m$	溝形	マーストン(溝形)公式
			突出形	マーストン(突出形)公式
	矢板溝形	垂直土圧公式		
水平土圧		スパングラーツ土圧公式		

(2) 活荷重

活荷重としては、群集荷重又は自動車荷重のうちいずれか大なる方の値を考慮する。

群集荷重

管路に作用する群集荷重は、埋設場所の路面あるいは地表面の状況によって適切な値を使用しなくてはならない。

自動車荷重による鉛直荷重

自動車荷重は、輪荷重が接地幅 0.2m で自動車の進行方向のみ 45° に分布するものとし、それと直角方向には自動車が制限なく載荷されることを考慮して、車両占有幅の範囲に分布するものとする。

自動車荷重の算出における衝撃係数は表-5.4.2 に示すとおりである。

表-5.4.2 衝撃係数(自動車荷重) i の標準値

道路の状態 \ 土被り深さ(m)	1.5 未満	1.5~2.5 未満	2.5 以上
未舗装道路	0.4	0.3	0.2
コンクリート及び アスファルト舗装道路	0.3	0.2	0.1

活荷重の水平荷重

活荷重による水平荷重は、土圧による水平土圧と同様の式により算定する。

(3) 軌道荷重

管路が軌道を横断する場合には、軌道管理者と協議の上、適切な荷重を考慮しなくてはならない。

(4) その他の上載荷重

上載荷重

埋設管路に増加荷重が将来加わることが見込まれる場合及び降雪が見込まれる場合には、それらの荷重を適切に見込まなければならない。このように埋設管上に作用する荷重は、単位面積当たり鉛直荷重に換算して計上するものとする。代表的なものとしては次の 2 荷重がある。

- a) 増加舗装荷重、宅地荷重
- b) 雪荷重

雪荷重の詳細については、「第 1 編 開水路 第 5 章 構造設計 5.2.8」による。

施工時荷重

施工時荷重は、パイプライン布設後に道路工事やほ場整備等の工事で自動車荷重以外の施工機械の使用が想定される場合に考慮する。

施工時荷重による水平荷重は、活荷重と同様に取扱うものとする。

(5) 管体の自重及び管内水重

管体の強度の検討に当たっては、管体の自重及び管内水重を考慮しなければならない。

(6) 基礎反力

管体の基礎に生ずる反力は、管体の設計支持角内の基礎面に等分布するものと仮定する。

(7) 内水圧

管体に作用する内水圧は、静水圧に水撃圧を加算した値とする。

(8) その他の荷重

上記以外のその他の荷重としては、地震力、流水による遠心力、温度変化による荷重及び管への変

則荷重等があるが、一般には特別の場合のほかは断面計算には考慮しなくてよいものとする。

5.4.2 管体の横断方向の設計

管体の横断方向の設計に当たっては、次に掲げる条件を満足させなければならない。

管体の内外に作用する荷重に対しての適切な耐圧強さを有すること。

とう性管の場合は、上記の条件に加えて、外圧により発生するたわみ量が管路の機能及び安全性を損なわない範囲とすること。

(1) 横断方向に生ずる曲げモーメント

管の横断面に生ずる最大曲げモーメントは、管種、荷重条件、基礎の支持条件により計算するものとする。

(2) 設計支持角

締固めた土基礎（自由支承）の設計支持角

曲げモーメントの計算に用いる設計支持角は、管種、基礎材料の特質と施工支持角等を考慮して決定しなければならない。

表-5.4.3 締固めた土基礎の設計支持角(°)

管種		不とう性管		とう性管
土質分類	日本統一分類 (中分類)	施工支持角(°)		
		120以上	180以上	360
礫質土	G、GS、GF	90	120	120
砂質土	S、SG、のうち小分類においてSW、SW-G、SGW	90	120	120
	S、SG、のうち小分類においてSP、SP-G、SGP	90	90	90
	その他のS、SG、のうち小分類においてS-F、S-FG、SG-F、SF	60	60	90

注) 300 mm以下の小口径管において基礎材料にML、CLを使用する場合の設計支持角は、不とう性管 30°、とう性管 60°とする。ただし、この場合でも管底部より下の基礎材料は礫質土、砂質土を使用する。

コンクリート基礎の設計支持角

コンクリートの巻立て角をもって設計支持角とする。

(3) 不とう性管の管種選定

不とう性管の管種は、許容内圧を算定し、水理解析より求められた設計水圧と比較検討を行った上これを選定する。

(4) とう性管の管種選定

とう性管の管種選定に当たっては、管材の許容応力度から定まる管厚と設計たわみ率から定まる管厚を求め、その両方を満足する管種を採用しなければならない。なお、ダクタイル鋳鉄管や鋼管では最終管厚決定の際に腐食代や管厚公差余裕を見込むものとし、強化プラスチック複合管ではとう性管と同様の方法で内外圧に対する安全性を検討しなければならない。

最終管厚 t は、内外圧から求めた管厚とたわみ率から求めた管厚を比較して大きい方に、腐食代及び管厚公差を見込んで決定する。なお、700 mm以下については腐食代 1 mmを見込むものとする。

基礎材料の締固めの程度による許容たわみ率及び設計たわみ率は、下記によるものとする。

表-5.4.4 設計たわみ率の標準

締 固 め の 程 度	締固めⅠ	締固めⅡ
許 容 た わ み 率 (%)	5	5
た わ み 率 の バ ラ ツ キ (%)	±2 (±1)	±1
設 計 た わ み 率 (%)	3 (4)	4

- 注1) 締固めの程度は次のとおりとする。
 締固めⅠ……締固め度 90%平均
 (一定の仕様(締固め密度 85%以上)を定めて管理する締固め。)
 締固めⅡ……締固め度 95%平均
 (厳密な施工管理(締固め密度 90%以上)のもとで行う締固め。)
 管理制度……施工上のバラツキ具合は±5%以内とする。
 2) ()内は基礎材料に礫質土を使用した場合の値を示す。

(5) 基礎材の反力係数

基礎材の反力係数は、現地盤の土質及び施工方法等によって異なるので、原地盤の土質試験を実施し、施工方法及び現場条件によって、以下により算定する。なお、複数年にわたって口径 1,000 mm以上の管路の設計施工が継続する場合は、たわみ量試験によって決定する。

この場合、たわみ量計測値から逆算した e' 値が基準値 e'_0 から±10%の範囲内であれば、計測から求めた値を採用する。

$$e' = e'_0 \cdot \alpha_a \cdot \alpha_b \cdot \alpha_w \dots\dots\dots (5.4.1)$$

ここに、

- e' : 基礎材の反力係数 (kN/m²)
- e'_0 : 現地盤、施工方法、基礎材による基準反力係数 (kN/m²) (表-5.4.6 参照)
- α_a : 溝幅による補正係数 (現地盤が岩盤の場合は補正しない)

$$\alpha_a = \{1 + 0.1 \times (B_c - B_s)\} \leq 1.2 \dots\dots\dots (5.4.2)$$

- B_c : 設計の管心レベルの溝幅 (m)
- B_s : 標準溝幅 (m)
- α_b : 基礎材の締固め度合いによる補正係数 (表-5.4.5)
- α_w : 地下水位の影響による補正係数

$$\alpha_w = (P_\gamma - 45) / 50 \dots\dots\dots (5.4.3)$$

表-5.4.5 締固め度合いによる補正係数(α_b)

P_y : 基礎材の締固め { 締固めⅠでは90%
締固めⅡでは95%

区 分	締固め度	
	Ⅰ	Ⅱ
砂質土	1.0	1.2
礫質土	1.0	1.1

また、ソイルセメントを基礎材料に使用する場合は、 e' の値は現地試験を行い決定するものとする。なお、口径 300 mm以下の管の場合、水平土圧が小さいため、 e' の大小が管種に与える影響は比較的少ない。この意味合いから、この場合の e' の値は 3,000 kN/m²を用いてよい。

表-5.4.6 基準反力係数 e'_0 (kN/m²)

現地盤の土質	施工方法	矢板施工		素掘り施工	
	基礎材料	砂質土	礫質土	砂質土	礫質土
礫質土		3,500	5,000	4,500	6,000
砂質土		3,000	4,000	4,000	5,500
粘性土		2,500	3,500	3,000	4,000
その他		1,000	1,500	1,500	2,000

- 注 1) 管側部における現地盤区分が2層以上となる場合は、管心レベルに占める割合により判定する。
 2) その他の地盤とは、高有機質土やN値が0程度の極めて軟弱な地盤をいう。
 3) 岩盤は礫質土を参照する。
 4) 簡易土留工法は素掘り施工と同等とする。
 5) 鋼矢板の引き抜きをせず存置する場合は素掘り施工と同等とする。

5.4.3 管体の縦断方向の設計

管体の縦断方向に大きな曲げモーメント及び不平衡力が加わると予測される場合には、管体の曲げ強度及び管体の移動について検討し、安全性を確認しなければならない。

一般に埋設管では、埋戻し土や盛土による荷重とその反力が管体の縦断方向のどの部分をとってもほぼ均衡し、したがって、この方向には曲げモーメントは加わらないか、または非常に小さいとみなし得るので、縦断方向の強度は通常の場合には検討しない。

しかし、管体に支台を設置する場合や、カラー部分が支点となるおそれのある場合等では無視し得ない曲げモーメントが管体の縦断方向に作用することがある。このような場合には管体が荷重に対し安全に耐え得るか否かを確認し、必要であればその部分の縦断方向の補強、管種の変更、継手の構造や位置及び施工方法等を再検討する等の対策を講じなければならない。特に 200mm以下の小口径管は、縦断方向の強度が低いので注意を要する。

5.5 スラスト力の検討

パイプラインの屈曲部や制水弁等は、水流による遠心力や水圧の不均衡等によって発生するスラスト力に対して安全でなければならない。

5.5.1 一般事項

パイプラインの屈曲部や制水弁等は、水流による遠心力や水圧の不均衡等によって発生するスラスト力によって、管体が振動したり、滑動して継手が離れたり、著しい場合には管が破壊することがある。

従って、このように管体が移動するおそれがある箇所には、スラスト力に対する検討を行って対策構造物の要否を判定し、必要な場合はスラスト力に抵抗する構造物を設置する。ただし、屈曲部の角度を数箇所に分散して大きな曲線半径とする路線選定を行えば、構造物を省略することができる。

5.5.2 検討箇所及び順序

スラスト力の検討は、次の箇所で行う。

- パイプラインの屈曲部
- パイプラインの分岐部
- パイプラインの末端部
- パイプラインにバルブが設置される箇所
- 口径が変化する箇所
- その他管体が移動するおそれのある箇所

スラスト力の検討順序は、**図-5.5.1** に示すとおりである。

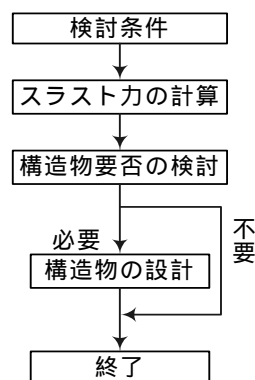


図-5.5.1 スラスト力の検討順序

5.5.3 スラスト力の検討

スラスト対策の要否の判定については、屈曲部、分岐部及び制水弁、蓋のスラスト力に対して、所定の安全率（表-5.5.1の「スラスト力の検討（裸管）」を適用）確保の可否によって決定する。

表-5.5.1 安全率 S

検 討 項 目	スラスト力の検討（裸管）	構造物の設計
滑 動	1.5	1.5
浮 上	1.2	1.2
沈 下	1.2	1.0

注) 滑動の検討に当たって、摩擦係数は次の値を標準とする。
 コンクリート管、鋼管、ダクタイル鋳鉄管 0.5
 硬質ポリ塩化ビニル管、ポリエチレン管、強化プラスチック複合管 0.3

5.5.4 スラスト力の対策

スラスト力が管に作用する抵抗力より大きい場合は、スラスト力に対する対策工が必要となり、一般的に次のような方法がとられる。選定に当たっては、経済性、施工性及び地盤条件等から決定する。

- スラストブロック（良好地盤、普通地盤）
- 離脱防止継手（金具）による一体化長の確保
- 矢板、杭等による管体固定（軟弱地盤）

スラストブロックと離脱防止継手（金具）による対策工の標準例を図-5.5.2、図-5.5.3及び図-5.5.4に示す。

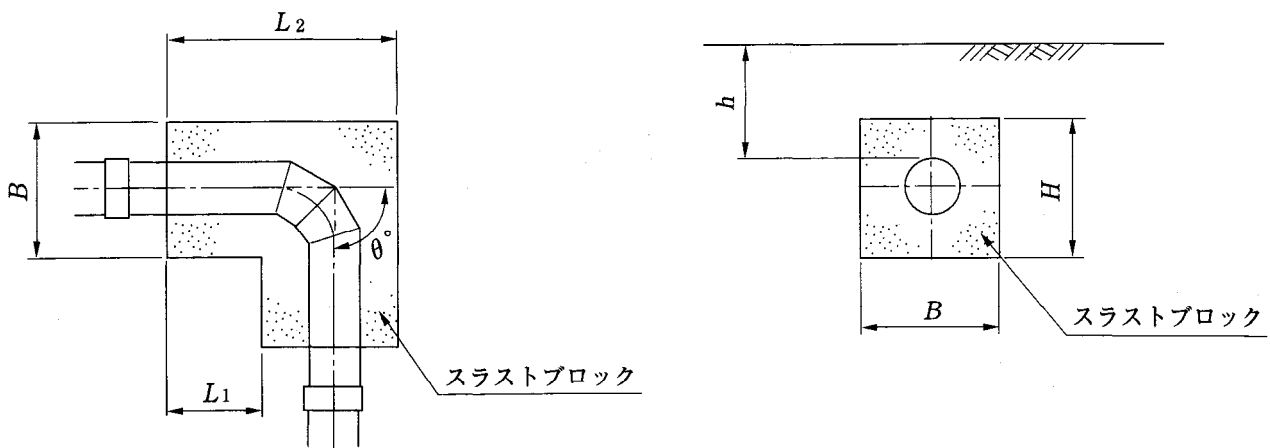


図-5.5.2 コンクリートブロックのみでスラスト力に抵抗するモデル

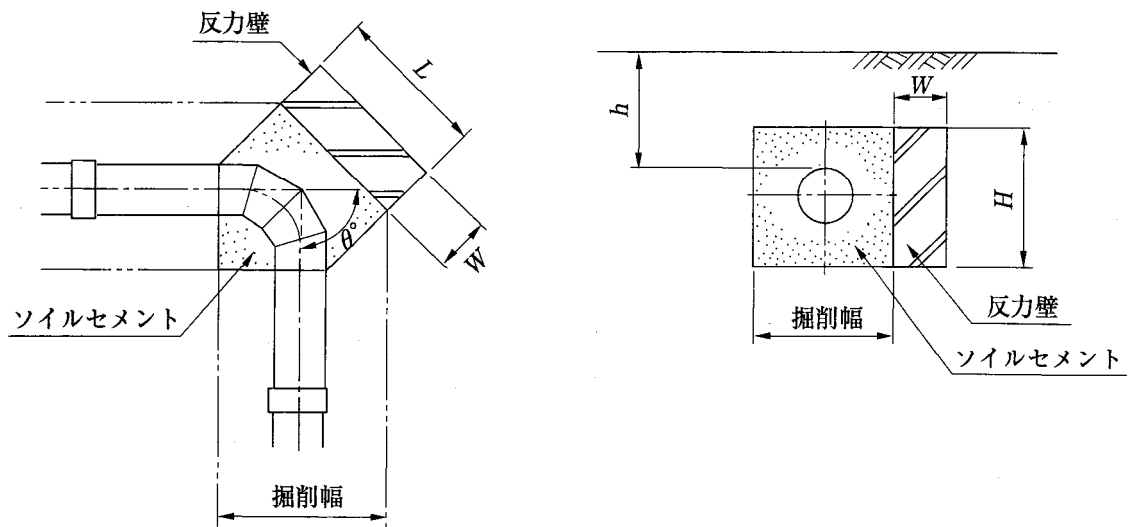


図-5.5.3 曲り管から離れた位置に反力用の壁を設けたモデル

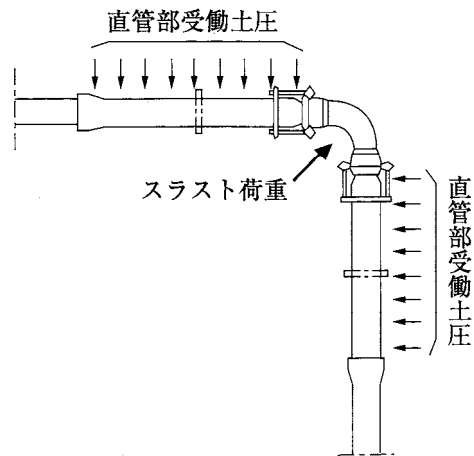


図-5.5.4 離脱防止継手（金具）の設置例

スラスト力の検討、スラストの対策の詳細については、「土地改良事業計画設計基準 設計 パイプライン 9.8」による。

5.6 傾斜部管路の設計

5.6.1 傾斜部管路の定義

傾斜部管路とは、次の三つの条件に該当するものをいう。

等高線に対してほぼ直角に、傾斜方向に配管されたもの。

止水壁等特別な工法を必要とする縦断勾配以上のもの。

埋戻し土が安定し、埋設管路となり得る縦断勾配以下のもの。

5.6.2 検討すべき事項

傾斜部管路の検討に当たっては、一般の検討事項に加えて次の項目を検討する必要がある。

(1) 地山の安定

埋設管路が安定するためには、地山そのものが安定していなければならない。従って、路線選定に当たっては、地山の崩壊、地すべり、浸食等が生じないほか、地下水の湧出・流下によって管路の施工及びその維持に支障を生じないように、特に留意する必要がある。

(2) 管体の安定

傾斜によって管体がズリ下がらないよう、管体が安定することである。管体の安定は、布設傾斜、土質条件、基礎工の種類、管種等との関係において検討しておく必要がある。

(3) 埋戻し土の安定

管体の埋戻し土が、安定すること。地形傾斜、土質条件及び地下水状況から見て、管布設後の埋戻し土が安定していることが前提であり、この条件が満たされないと、埋設管路は成立しない。傾斜が大きくなると埋戻しの施工が困難となるため、埋戻し材料を改良して使用する必要がある。

5.6.3 地山斜面の安定

斜面の安定は、主として地山のせん断抵抗と自重のバランスの上に保たれている。しかし、豪雨や地下水の浸透等による間隙水圧の増大、土石流の発生、地震の振動による影響、人工的な掘削・切土・盛土等によって、しばしば地山の安定が崩れることがある。これらの原因は、多くの場合複合的であり、また地質との関連も法則性が薄いといわれている。

また、二次元断面でのすべり面に関する分割法等による安定解析も行われているが、解析地域全体の正確な土質諸元の把握が困難であるという問題がある。

しかし、管路の安定を保つためには、斜面崩壊（表層崩壊、深い斜面崩壊）、地すべり（岩盤地すべり、風化岩地すべり、崩積土地すべり、粘質土地すべり）、土石流等の危険地帯を避けた路線選定を行うほか、現地の状況に応じた必要な対策を講じることが必要である。従って、経験豊かな地質の専門家等を加えて、地山の安定に関する調査・解析を行い、安定した地山に路線を選定する必要がある。

5.6.4 管体の安定

(1) 管路勾配の上限

傾斜配管における管体の安定は、一般に管と土の摩擦抵抗または管基礎と土の摩擦抵抗によって維持されている。理論的には粘着力や側面土圧による摩擦抵抗力もあるが、特にこれらの係数が明らかでないもののほかは、管体底面または基礎工底面の摩擦抵抗力を対象として検討を行う。

検討に関係する因子は、管の布設勾配、土質条件（地下水条件）、基礎工の種類、管種等である。土質条件には、土の内部摩擦角、土と管体底面または土と基礎工底面の摩擦抵抗係数、単位体積重量、間隙水圧等がある。また、管体が安定するための抵抗力は、管の滑動力に対して安全率 1.5 以上を確保するものとする。

粘着力を考慮しない場合、管体が安定する管路勾配の上限傾斜角は、式(5.6.1)で表すことができる。

$$\tan i = \mu / Fs \quad \dots\dots\dots (5.6.1)$$

ここに、

- i : 管路勾配の上限傾斜角
- μ : 土と管の摩擦係数
- Fs : 安全率(=1.5)

いま、上式の関係から土と管の摩擦係数 μ と管路勾配（上限）の関係を表-5.6.1 に示す。

本例における管路勾配の上限は、コンクリート管の場合 18°、硬質ポリ塩化ビニル管の場合 11° となる。また、コンクリート基礎と土の間では土の内部摩擦角が 25° の場合は管路勾配の上限は 17°、同じく 30° では 21° となる。

表-5.6.1 土と管の摩擦係数 μ と管路勾配（上限）の関係

基礎の種類	管の種類	μ	上限管路勾配の目安
砂・土基礎	コンクリート管	0.5	0.5/1.5=0.33 18°
	鋼管		
	ダクタイル鋳鉄管		
	硬質ポリ塩化ビニル管	0.3	0.3/1.5=0.20 11°
コンクリート基礎	ポリエチレン管	tan	tan25° 0.47/1.5=0.31 17°
	強化プラスチック複合管		tan30° 0.58/1.5=0.38 21°

注1) コンクリートと土の摩擦係数は、 $\mu = \tan \phi$ (ϕ : 摩擦角) とする。
 2) 場所打ちコンクリートの場合は、 $\phi = 25^\circ \sim 30^\circ$ (基礎地盤の内部摩擦角、25° ~ 30°) とする。

(2) 滑動に対する安全率の検討

滑動に対する安全率は、式(5.6.2)を満足しなければならない。

$$F_S = \frac{\text{滑動に対する抵抗力}}{\text{滑動力}} = \frac{P_N \cdot \mu + c \cdot A}{P_T} \geq 1.5 \dots\dots\dots(5.6.2)$$

ここに、

F_S : 滑動に対する安全率 (1.5 以上)

P_N : 全重量 ΣW の垂直成分 (kN) $P_N = \Sigma W \cdot \cos i$

P_T : 全重量 ΣW の垂線成分 (kN) $P_T = \Sigma W \cdot \sin i$

μ : 底面と基礎地盤の間の摩擦係数

基礎地盤が土の場合、 μ の値は 0.6 を超えないものとする。

c : 底面と基礎地盤の間の粘着力 (kN/m²)

通常は $c = 0$ とし、粘着力が確実に見込める場合のみ c を考慮してもよい。

A : 底面積 (m²)

i : 管の傾斜角 (°)

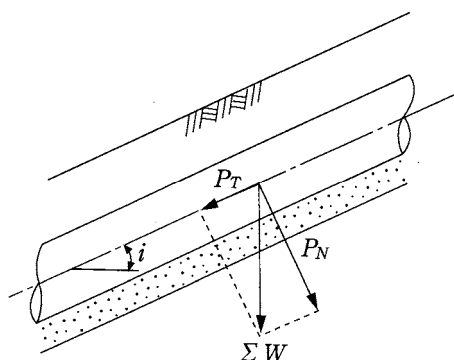


図-5.6.1 傾斜部管路の滑動

(3) 滑動防止工法の検討

安定した地山に布設された傾斜部管路において、滑動に対する安全率が満足できない場合、別途安定工法を検討する必要がある。その安定工法として、一般には管路勾配（傾斜角）に応じた基礎工が採用されており、過去の事例等を参考にとりまとめると、表-5.6.2 のようになる。

工法の選定に当たっては、管種、管の布設勾配、基礎材の種類、地山の強度等を総合的に検討し、決定するものとする。

表-5.6.2 傾斜管路における基礎工

管路勾配(傾斜角 i)の目安	基礎工
15° ~ 20°	コンクリート基礎
20° ~ 30°	コンクリート段切基礎
30° ~ 40°	コンクリートアンカー基礎
40° ~ 50°	全巻きコンクリート段差基礎

注1) 段差基礎とは、段切りが連続した基礎をいう。

2) 傾斜角が50°を超える場合は、土圧作用の有無等を含め、別途検討を行う。

コンクリート段切基礎 (図-5.6.2 参照)

段切間の斜面部における滑動力に対し、その区間の摩擦抵抗力と下方の段切水平部における全重量による摩擦抵抗力とで抵抗する基礎工である。

コンクリートアンカー基礎 (図-5.6.3 参照)

コンクリートアンカー基礎が分担する管長分(アンカー基礎部分を除く)の滑動力に対し、アンカー基礎部の全重量による摩擦抵抗力と管路部における摩擦抵抗力とで抵抗する基礎工である。アンカーブロックについては、滑動及び斜面上基礎の支持力の検討を行う。

全巻きコンクリート段差基礎 (図-5.6.4 参照)

斜面勾配が急な箇所では、埋戻し部分の安定性を考慮して、埋戻し部も含めてコンクリート全巻き構造とする。この箇所の基礎は、段切が連続した段差基礎とすることにより、屈曲部のスラスト力の水平分力以外の滑動力が作用しないようにするものである。従って、構造全体を段差基礎として、滑動及び斜面上基礎の支持力(地形により水平地盤の支持力)の検討を行う。滑動防止工法の設計法については、「土地改良事業計画設計基準 設計 パイプライン 9.12.4」による。

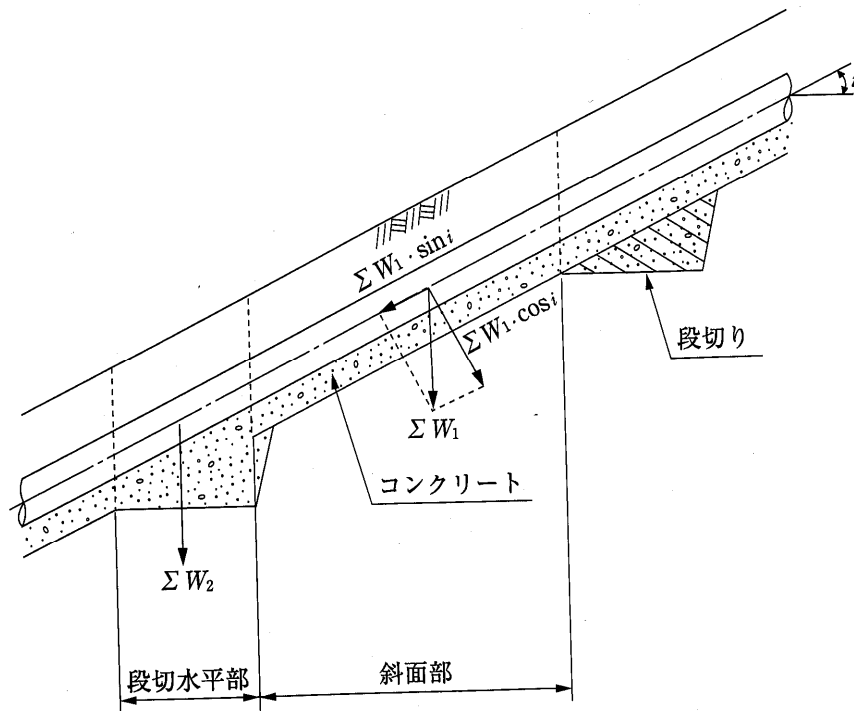


図-5.6.2 コンクリート段切基礎

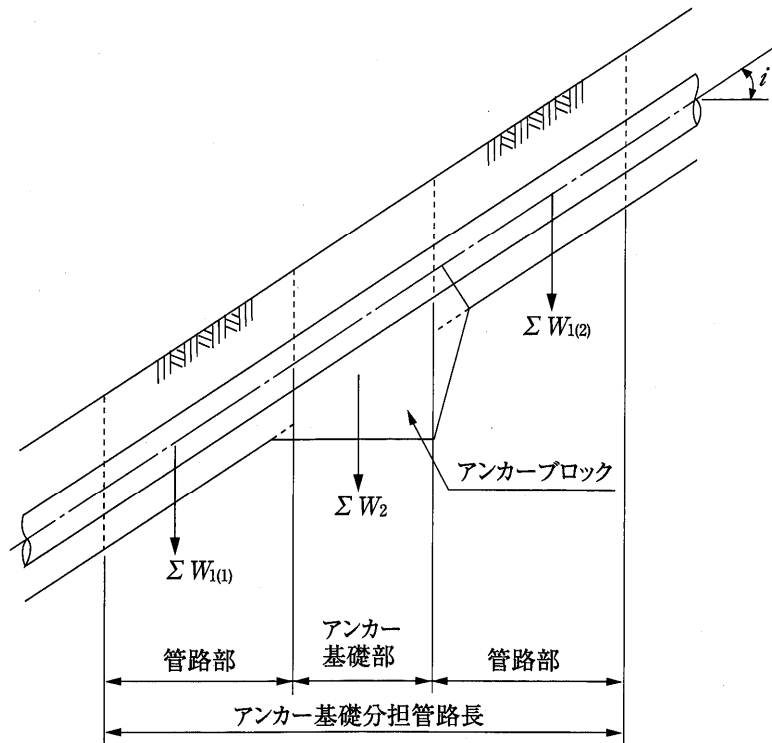


図-5.6.3 コンクリートアンカー基礎

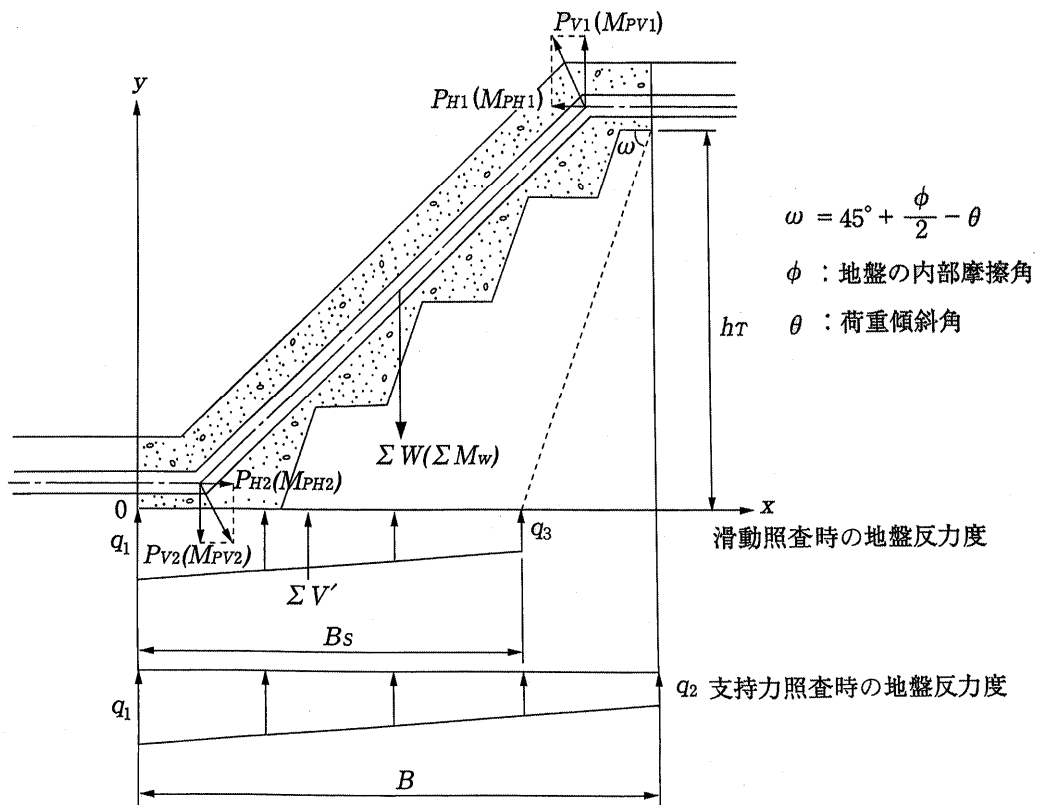


図-5.6.4 全巻きコンクリート段差基礎

5.6.5 埋戻し土の安定

埋戻し土の安定は、土の摩擦抵抗力及び粘着力によって安定していること、埋戻し土の表面が雨水等によって浸食されないこと、の2条件を満たす必要がある。

このうち、土の摩擦抵抗による安定は、管体安定の検討と同じ摩擦係数を使用すれば、管体が安定すれば埋戻し土も安定する。また、埋戻し土は土と接触する部分もあるので、この部分については土質に応じて粘着力を見ることができる。従って、管体よりも一層安全側になるのが一般である。

次に、雨水による埋戻し土表面の浸食については、水みちになりやすい凹地を避け、尾根に路線を選定すること、埋戻し土が落ちつくまでの間、必要に応じてネット工、竹シガラ工、植生工等で保護する等の配慮が必要である。

急傾斜部における埋設管路の事例では、傾斜角が $30 \sim 40^\circ$ の範囲ではソイルセメント処理工法（基礎材、埋戻し材にソイルセメントを使用：5～10%のセメント量を混入していることが多い。）が、 40° 以上ではコンクリート処理工法（全周コンクリートで巻立て、地表までコンクリートで埋戻す）が採用されている。

また近年、地山斜面の安定を目的として、連続繊維補強土工法（連続したポリエステル繊維を砂の中に三次元的に混入させることにより、砂のみかけの粘着力、せん断抵抗角を増大させる工法）等が開発され、今後の技術の向上が望まれる。この工法の設計手法は解明されていないので、本指針では特殊工法としての位置付けを行っており、 e' 等の標準値を示すことはできない。従って、この工法を用いる場合は、実験、研究での実測値等を用いて構造解析を行うものとする。

5.6.6 止水壁の設置と湧水対策

(1) 止水壁の設置

傾斜面に沿って管体を布設する場合には、前節に述べた管体安定砂条件を満たすほか、必要に応じて地下水対策を検討する必要がある。

基床に透水性の高い砂や砂質土等の材料を用いる場合は、基床が水みちとなって洗掘されるのを防ぐため、必要に応じて不透水性の粘土等で止水壁を設けるものとする。（**図-5.6.5**）

なお、その場合には、横断方向へのドレーン等を設置して、基床部の地下水位上昇を防がなければならない。

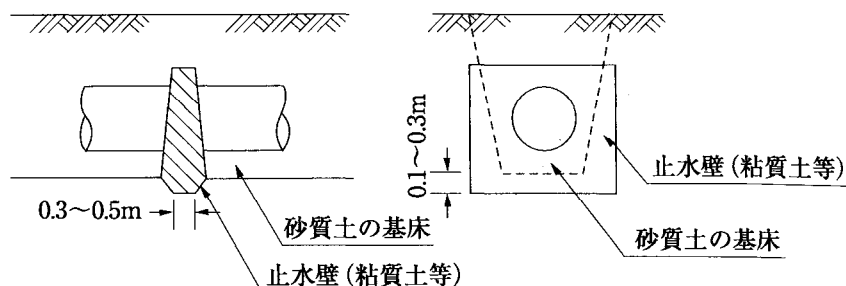
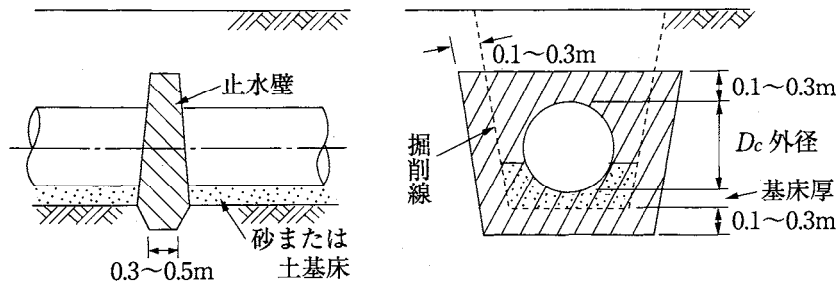


図-5.6.5 止水壁の例

止水壁は、管体の傾斜が $10^\circ \sim 15^\circ$ の場合は、管体2～3本に1箇所程度、 10° 未満の場合は必要と認められる場合のみ設置するものとする。



- 注1) 呼び径300mm以上は図中の最大寸法
 2) 呼び径300mm未満は図中の最小寸法

図-5.6.6 止水壁寸法の目安

(2) 湧水対策

管体の布設溝に湧水があり、施工中及び施工後において基礎砂が流失するおそれがある場合は、排水対策を優先し、それでもなお不足する場合は、ドレーンの設置、流失しない基礎工の採用等について検討するものとする。流失しない基礎工には、砕石基礎、コンクリート基礎等がある。

5.6.7 段落部における布設勾配

段差のある地形において、上下方向に配管する場合の管路勾配は、地形勾配より緩い勾配の布設を検討する必要がある。土工費と付帯工事費（曲管、アンカーブロック、空気弁、マンホール等の工事費）の見合で緩勾配にするほうが有利な場合がある。

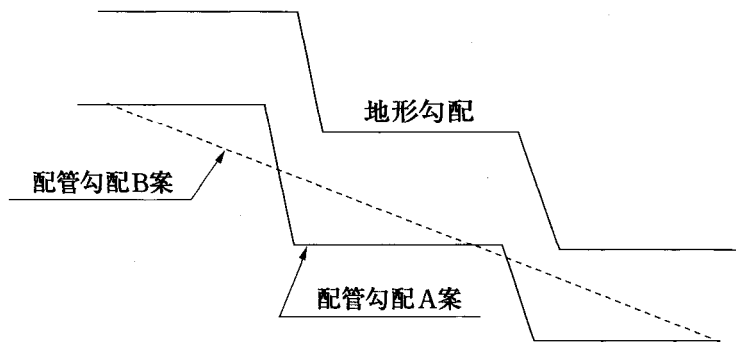


図-5.6.7 段差のある地形と管路勾配

5.7 防食

管路を埋設する地盤において、管材の自然腐食又は電食の発生が予測される場合には、腐食防止又は電食防止の措置を講ずるものとする。

遠心力鉄筋コンクリート管やコア式プレストレスコンクリート管などコンクリート製の管が強酸性の土や地下水に接すると、管は次第に侵食される。

一方、鋼管、ダクタイル鋳鉄管など鉄でできた管は、安定した状態（酸化鉄）に戻ろうとして腐食が生ずる。この腐食には自然腐食と電食があり、自然腐食にはマイクロセル腐食（一般土壌腐食、特殊土壌腐食）とマクロセル腐食（コンクリート/土壌、酸素濃淡（通気差）、異種金属）がある。また、電食には電鉄の迷走電流と干渉（埋設配管に外部電源方式の電気防食を行ったとき、これに近接する他の埋設管に電氣的影響を及ぼし腐食するもの）がある。

これらの腐食の発生が予測される場合には、腐食防止措置の必要性を検討し、その結果に応じて防食の措置を講ずるものとする。

防食の詳細については、「土地改良事業計画設計基準 設計 パイプライン 9.11」による。

5.8 耐震設計

パイプラインの耐震設計に当たっては、その用途、規模、立地条件及び地盤の震害経験等を考慮し、社会的、経済的な重要度等を十分検討して、それに適合した手法で行うものとする。

（1）地震動に対する検討

地震動に対する検討は、必要箇所について地震動による被害を軽減するための対策工法を採用することを基本とする。

（2）地盤変状に対する検討

液状化等による地盤変状の可能性を判定し、必要箇所について対策工法を採用することを基本とする。

耐震設計の詳細については、「土地改良事業計画設計基準 設計 パイプライン 9.7」による

(白紙)

第 6 章 施工

第6章 施工 目次

6.1	施工.....	6-1
6.1.1	施工工程.....	6-1
6.1.2	施工計画における留意事項.....	6-2
6.2	管路の埋設.....	6-3
6.2.1	掘削法勾配.....	6-3
6.2.2	管の掘削断面寸法.....	6-4
6.2.3	基礎および埋戻し材料.....	6-8
6.2.4	基礎および埋戻し工.....	6-9
6.3	通水試験.....	6-10
6.3.1	試験の方法.....	6-10
6.3.2	漏水試験.....	6-10
6.3.3	水圧試験.....	6-12
6.3.4	漏水箇所の探知と補修.....	6-12

第6章 施 工

6.1 施工

管路の施工に当たっては、設計条件、施工条件等を考慮した施工計画に基づき、その安全性が十分高められるように入念に施工しなければならない。

管路は、一般の構造物と異なり、土の抵抗力を高めることによって、より安全で経済的な構造物となるので、管体の力学的特性を十分理解し、基礎、埋戻し材料の設計条件を満足するように施工する必要がある。特に、とう性管は土の抵抗力によって管体の耐荷力が発揮されるものであり、埋戻し材料、締固め等に留意することが極めて重要である。

6.1.1 施工工程

管路の標準的な施工工程は図-6.1.1 に示すとおりである。

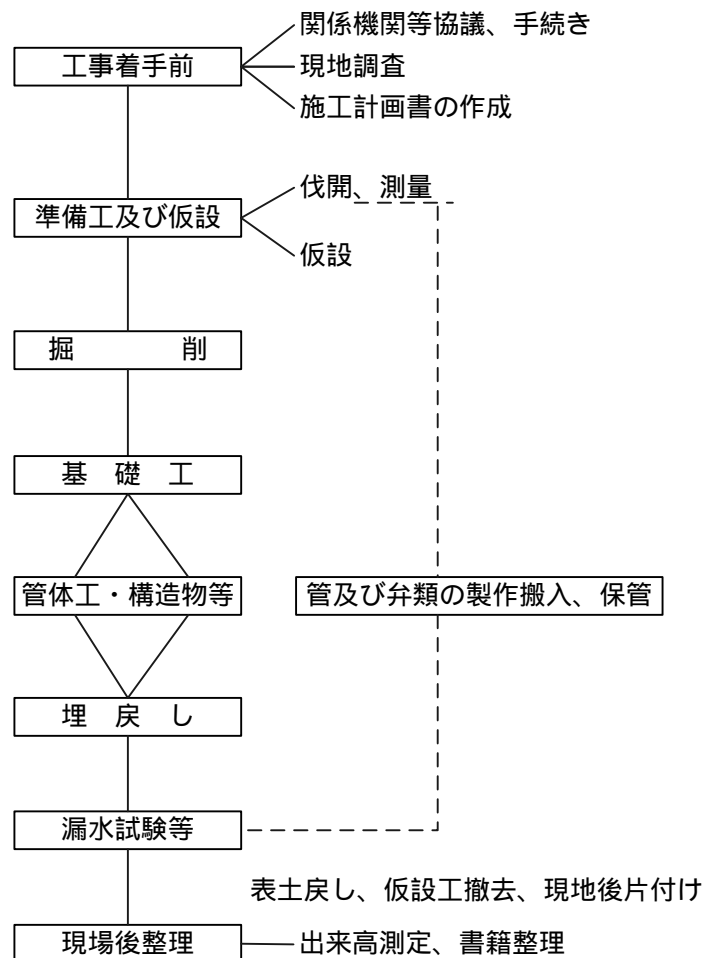


図-6.1.1 標準的な施工工程

6.1.2 施工計画における留意事項

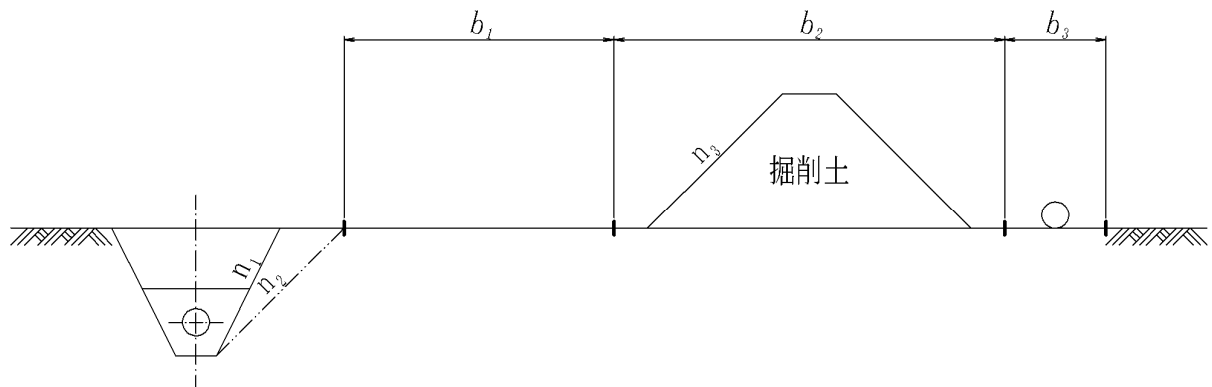
施工計画に当たっては、次にあげる事項について十分検討し、余裕のある合理的な計画を立てる。

- ① 工事用道路
- ② 施工機械の選定と工事現場への搬入方法
- ③ 掘削土の埋戻し用土としての使用の可能性
- ④ 掘削土の仮置き場所及びその方法
- ⑤ 掘削土の搬出と土捨場
- ⑥ 管の搬入と仮置き
- ⑦ 管の布設
- ⑧ 埋戻し
- ⑨ 特殊工事（人家密集地、軟弱地盤等における施工）

工事用道路、掘削土の仮置きスペース等を管路掘削溝の法肩に設置する場合、掘削高さ、土質特性等に対する安全対策上の配慮として、上載荷重影響線（勾配 n_2 ）の外側に設置することを原則とする。上載荷重影響線は、その影響角 45° （ $1:1.0$ ）を標準としてよい。

また、掘削土の仮置き高さ、置き土勾配は、土質特性から決定するものとし、置き土高さの最大は 2.0 m 程度を標準としてよい。

標準的な施工計画断面は、**図-6.1.2**に示すとおりである。



- ※ n_1 : 土質特性から決まる掘削法勾配
 n_2 : 上載荷重影響線
 n_3 : 仮置き土勾配
 b_1 : 工事用道路スペース
 b_2 : 掘削土、表土等の仮置き土スペース
 b_3 : 資材置場スペース

図-6.1.2 標準的な施工計画断面

6.2 管路の埋設

管路の施工方法は、一般に次のとおりである。

素掘り施工・・・現地盤が良く自立し、施工幅が確保できるところ

土留め施工・・・現地盤が自立しない、または施工幅が確保できないところ

6.2.1 掘削法勾配

素掘り断面の溝内での標準掘削法勾配は、表-6.2.1 に示すとおりである。

表-6.2.1 標準床掘勾配

土質 \ 床掘深	掘削面の高さ	床掘勾配	小段の幅
礫及び礫質土 砂質土・粘性土 岩塊玉石	0.7m未満	直	
	0.7m以上5m未満	1:0.5	
	全掘削高5m以上	1:0.6	下からH=5m毎に1m
砂	5m未満	1:1.5	
	全掘削高5m以上	1:1.5	下からH=5m毎に1m
火山灰	5m未満	1:0.5	
	全掘削高5m以上	1:0.7	下からH=5m毎に1m
軟岩・軟岩	0.7m未満	直	
	0.7m以上5m未満	1:0.3	
	全掘削高5m以上	1:0.3	下からH=5m毎に1m
中硬岩・硬岩	5m未満	直	
	全掘削高5m以上	1:0.3	下からH=5m毎に1m
泥炭	0.7m未満	直	
	0.7m以上5m未満	1:0.3	
	全掘削高5m以上	1:0.5	下からH=5m毎に1m
発破等により崩壊しやすい状態になっている地山	2m未満	1:1.0	下からH=2m毎に2m

注1) 上表の標準床掘勾配は、土質条件、掘削条件により適用できない場合もあるので十分注意しなければならない。

注2) 本表は、パイプライン、用排水路等の一般的な工事に適用する。

6.2.2 管の掘削断面寸法

掘削方法による最小掘削底幅は、表-6.2.2 に示すとおりであるが、実際の掘削幅は管種、管径、管基礎、掘削方法及び土留工の有無等により異なるので、これらを考慮した標準掘削幅を以下に示す。

表-6.2.2 掘削方法による最小掘削底幅

施 工 方 法	最小掘削底幅 (mm)
機械掘削 (バックホウ)	500 程度
人力掘削	600 程度

(1) 土基礎の標準掘削幅（素掘りの場合）

標準掘削幅 B 値は、**図-6.2.1** に示す。

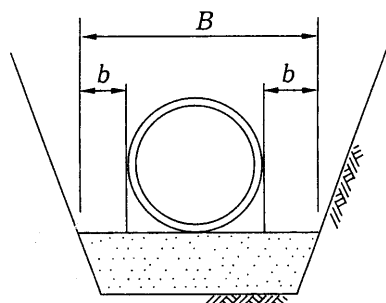


図-6.2.1 土基礎の標準掘削幅（素掘りの場合）

表-6.2.3 素掘り施工における塩化ビニル管の B 値（土基礎）

呼び径 (mm)	B 値 (mm)	
	人力掘削	機械掘削
100 以下	600	500
150	600	500
200	600	500
250	600	600
300	800	800
350	850	850
400	900	900
450	950	950
500	1,000	1,000
600	1,100	1,100
700	1,200	1,200
800	1,300	1,300

（適用条件）

1. 溝内排水用の側溝幅は B 値に含む。
2. 土基礎の設計幅が、本表の B 値より大きい場合は、その値を B 値とする。
3. 呼び径 200mm 以下の布設作業は、原則として溝外作業で考えている。

表-6.2.4 素掘り施工におけるコンクリート管の B 値（土素堀）

呼び径 (mm)	B 値 (mm)		呼び径 (mm)	B 値 (mm)	
	人力掘削・機械掘削			人力掘削・機械掘削	
200 以下	850		1,100	2,100	
250	900		1,200	2,400	
300	950		1,350	2,550	
350	1,000		1,500	2,700	
400	1,050		1,650	2,900	
450	1,150		1,800	3,050	
500	1,400		2,000	3,300	
600	1,500		2,200	3,500	
700	1,600		2,400	3,750	
800	1,750		2,600	4,000	
900	1,850		2,800	4,200	
1,000	1,950		3,000	4,450	

（適用条件）

1. 溝内排水用の側溝幅は B 値に含む。
2. 土基礎の設計幅が、本表の B 値より大きい場合は、その値を B 値とする。

表-6.2.5 素掘り施工における鋼管、ダクトイール鉄管、強化プラスチック複合管のB値（土基礎）

呼び径 (mm)	B 値 (mm)		呼び径 (mm)	B 値 (mm)	
	人力掘削	機械掘削		人力掘削	機械掘削
100 以下	600	500	1,000	1,800	1,800
150	600	500	1,100	1,900	1,900
200	600	600	1,200	2,200	2,200
250	850	850	1,350	2,350	2,350
300	900	900	1,500	2,500	2,500
350	950	950	1,650	2,650	2,650
400	1,000	1,000	1,800	2,800	2,800
450	1,050	1,050	2,000	3,000	3,000
500	1,300	1,300	2,200	3,200	3,200
600	1,400	1,400	2,400	3,400	3,400
700	1,500	1,500	2,600	3,600	3,600
800	1,600	1,600	2,800	3,800	3,800
900	1,700	1,700	3,000	4,000	4,000

(適用条件)

1. 溝内排水用の側溝幅はB値に含む。
2. 本表の呼び径の中間径の場合は近似のランクを採用する。
3. 呼び径 150mm以下の布設作業は、原則として溝外作業で考えている。
4. 土基礎の設計幅が、本表のB値より大きい場合は、その値をB値とする。

(2) 土基礎の標準掘削幅（矢板施工の場合）

表-6.2.6 矢板施工における塩化ビニル管のB値（土基礎）

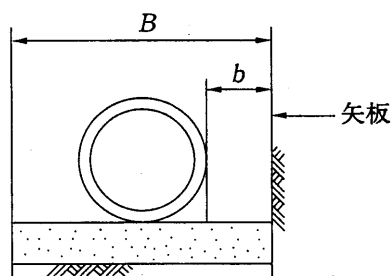


図-6.2.2 土基礎の標準掘削幅（矢板施工の場合）

呼び径 (mm)	B 値 (mm)
	人力・機械掘削
250 以下	900
300	950
350	1,000
400	1,100
450	1,200
500	1,300
600	1,500
700	1,600
800	1,700

(適用条件)

1. 溝内排水用の側溝幅はB値に含む。
2. 土基礎の設計幅が、本表のB値より大きい場合は、その値をB値とする。
3. B値のとり方は図-6.2.5による。
4. 呼び径 200 mm以下で、溝内で作業しない箇所（空気弁、排泥弁、立上り管、分岐管等以外）が連続で 30m以上ある場合は掘削幅 600 mmまで減ることができる。この場合に矢板を引抜くときは、管の浮上り等の危険を考慮して幅を決定するものとする。

表-6.2.7 矢板施工におけるコンクリート管の B 値 (土基礎)

呼び径 (mm)	B 値 (mm)	呼び径 (mm)	B 値 (mm)	呼び径 (mm)	B 値 (mm)	呼び径 (mm)	B 値 (mm)
	人力・機械		人力・機械		人力・機械		人力・機械
200	950	500	1,700	1,100	2,500	2,000	3,800
250	1,000	600	1,800	1,200	2,800	2,200	4,000
300	1,050	700	1,900	1,350	3,000	2,400	4,250
350	1,100	800	2,150	1,500	3,150	2,600	4,500
400	1,150	900	2,250	1,650	3,300	2,800	4,700
450	1,250	1,000	2,350	1,800	3,550	3,000	4,950

(適用条件)

1. 溝内排水用の側溝幅は B 値に含む。
2. 土基礎の設計幅が、本表の B 値より大きい場合は、その値を B 値とする。
3. B 値のとり方は図-6.2.5 による。

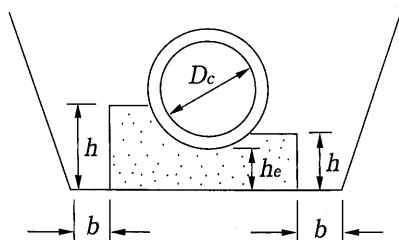
表-6.2.8 矢板施工における鋼管、ダクトイル鋳鉄管、強化プラスチック複合管の B 値 (土基礎)

呼び径 (mm)	B 値 (mm)	呼び径 (mm)	B 値 (mm)	呼び径 (mm)	B 値 (mm)	呼び径 (mm)	B 値 (mm)
	人力・機械		人力・機械		人力・機械		人力・機械
100	900	450	1,150	1,100	2,300	2,200	3,700
150	900	500	1,600	1,200	2,600	2,400	3,900
200	900	600	1,700	1,350	2,750	2,600	4,100
250	950	700	1,800	1,500	2,900	2,800	4,300
300	1,000	800	2,000	1,650	3,050	3,000	4,500
350	1,050	900	2,100	1,800	3,300		
400	1,100	1,000	2,200	2,000	3,500		

(適用条件)

1. 溝内排水用の側溝幅は B 値に含む。
2. 本表の呼び径の中間径の場合は近似のランクを採用する。
3. 土基礎の設計幅が、本表の B 値より大きい場合は、その値を B 値とする。
4. B 値のとり方は図-6.2.5 による。

(3) コンクリート基礎の標準掘削幅 (素堀)



b : コンクリート基礎の底の掘削余裕幅
 h : コンクリート基礎の高さ (厚さ)

図-6.2.3 コンクリート基礎の掘削余裕幅 (素堀の場合)

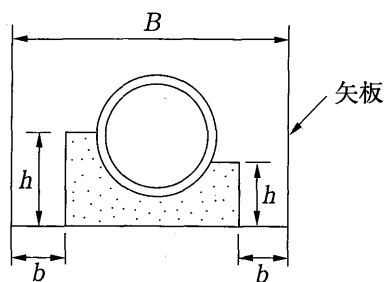
表-6.2.9 素掘り施工におけるコンクリート基礎の掘削余裕幅 b

h (mm)	b (mm)
600 未満	450
600 以上	500

(適用条件)

1. 溝内排水用の側溝を設ける場合は別途計上する。

(4) コンクリート基礎の標準掘削幅（矢板施工の場合）



b : コンクリート基礎の底の掘削余裕幅
 h : コンクリート基礎の高さ（厚さ）

図-6.2.4 コンクリート基礎の掘削余裕幅(矢板施工の場合)

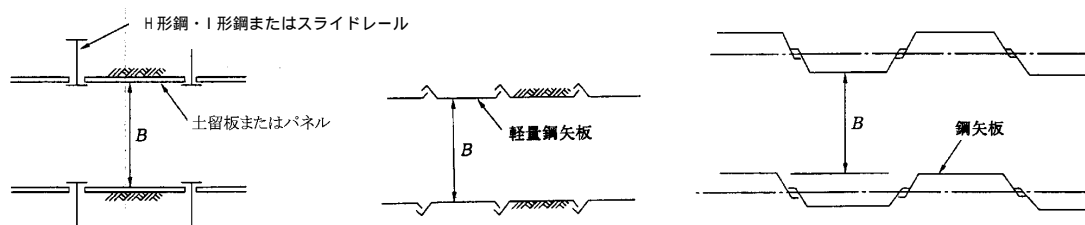
表-6.2.10 矢板施工におけるコンクリート基礎の掘削余裕幅 b

h (mm)	b (mm)
600 未満	500
600 以上	600

（適用条件）

1. 溝内排水用の側溝を設ける場合は別途計上する。
2. B 値のとり方は図-6.2.5 による。

(5) 矢板施工の掘削幅 B のとり方



(a) 親杭式横矢板

(b) 軽量鋼矢板

(c) 鋼矢板

図-6.2.5 矢板施工時の掘削幅 B のとり方

6.2.3 基礎および埋戻し材料

基礎及び埋戻し材料は、原則的には「第2編パイプライン第5章構造設計 5.3.2」に示す材料を使用するが、埋設管周辺自然地盤の物理的性状、力学的性状および湧水の状態等も設計の条件として合わせて検討することが望ましい。

6.2.4 基礎および埋戻し工

管底部基礎工の施工については、空隙または締固め不十分の箇所が生じないように留意し、突き棒、タコ、タンバ、水締め等を用いて管に損傷を与えないよう突固めるものとする。なお、管路の不同沈下を吸収するため可とう管を設置する場合があるが、実際には、可とう管底部および管周辺部の締固め等が不十分で施工途中で不同沈下を発生させている例も多く見受けられ、本来の目的を達し得ないので注意しなければならない。

施工方法例を図-6.2.6 に示す。

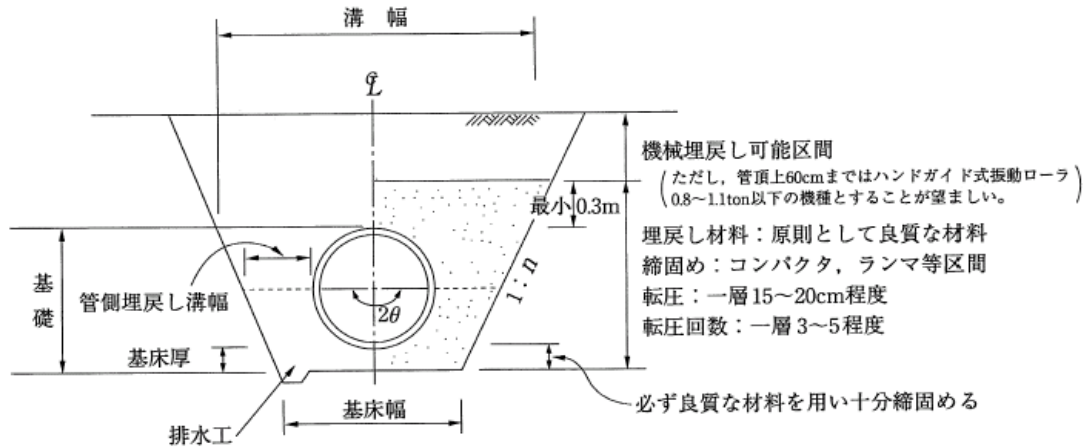


図-6.2.6 施工方法例

6.3 通水試験

パイプラインの水密性と安全性を確認する目的で、通水試験を行うとともに、試験的な送水を行ってパイプラインの機能性を確認すること。

6.3.1 試験の方法

通水試験の方法は、**図-6.3.1**に示すとおりである。

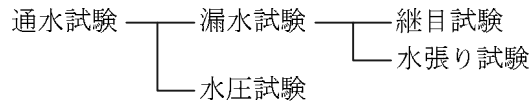


図-6.3.1 通水試験の方法

6.3.2 漏水試験

(1) 継目試験

継目試験は、管布設後の継手の水密性を検査するものであり、テストバンドを使用して行う。

原則として管径 900 mm以上のソケットタイプの継手について全箇所を検査を行うものとする。

この試験の水圧は、その管の静水圧とし、これを 5 分間放置した後の水圧は、80%以下に低下してはならない。

また、試験条件により静水圧まで加圧することが危険と判断される場合には、個々に試験水圧を検討するものとする。

継目試験の方法は、以下に示すとおりである。

(イ) テストバンドの水圧によって管が移動することがあるのである程度の埋戻しをする。検査や補修のためには継手部の埋戻しは少なめにとどめておくことが望ましい。

また、必要に応じて隣接した継手部に目地板（ゴム板）をはさんで管の移動を防止しなければならない。

(ロ) テストバンドをセットし、テスター内の空気を抜きながら注入し、完全に排気が完了してから水圧をかける。

テストバンドの機構の概略は、**図-6.3.2**に示すとおりである。

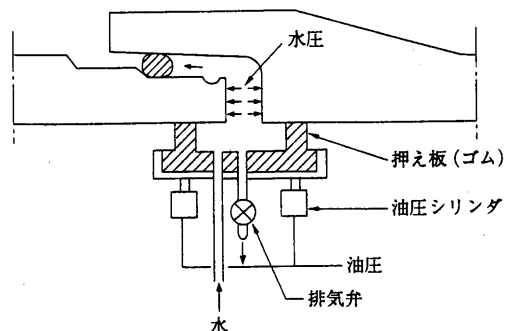


図-6.3.2 テストバンドの機構の概略

(2) 水張り試験

水張り試験は、パイプラインの布設が完了した後、当該区間に水を充水し、漏水箇所の発見と減水量が許容限度内にあるかどうか確認するための試験である。

試験は、管布設、埋戻しが終わってから実施する。

許容減水量は、管種、管径、継手構造、内水圧、附帯施設の状態等によって異なるが、管径 1cm、延長 1km 当たりの標準値は、表-6.3.1 のとおりとする。

表-6.3.1 標準許容減水量 (/日・cm・km)

管 種	許容減水量	備 考
コンクリート管類	100 ~ 150	ソケットタイプ
ダクティル鑄鉄管、硬質ポリ塩化ビニル管 強化プラスチック複合管	50 ~ 100	ソケットタイプ等
鋼管、硬質ポリ塩化ビニル管、ポリエチレン管	25	溶接、接着継手等

水張りに当たっては、次の事項に十分留意しなければならない。

管内への注水前にコンクリート等が十分な強度となっていること、埋戻しに問題がないことを確認する。

注水前に空気弁や給水栓等を全開して、注水に伴う排気を十分に行う。

注水速度は管内からの排気速度に応じて加減する。急激に注水すると空気圧で思わぬ事故を起こすことがあるので、空気のたまりやすい部分の排気状態に注意しなければならない。

短時間に多量の空気を排出することになるので、空気弁に併設されている排気弁を開く。

制水弁は、上流側から徐々に開いていく。

大口径管については副管を開いて通水する。開度は本管で 1/10 開度、副管で 1/5 開度以内を目安とする。

すべての吐出口、または給水栓等から気泡を含む水が出なくなってから徐々に計画流量を通水する。

通水時に逆止弁、バイパス弁等の機能を点検する。

水張り中はパイプラインの異常の有無を点検し、事故の防止に万全を期す。

水張り試験の方法は、以下に示すとおりである。

管の吸水と残留空気を排除するため、水張り後少なくとも一昼夜経過してから水張り試験を行うことが望ましい。

一定の試験水圧を 24 時間維持し、この間の減水量（補給水量）を測定する。

試験水圧は、静水圧とすることが望ましいが、やむを得ず静水圧より低い試験水圧を用いる場合は、式(6.3.1)により修正する。

$$Q = Q' \sqrt{H/H'} \dots\dots\dots (6.3.1)$$

ここに、

- Q : 修正減水量(ℓ)
- Q' : 測定減水量(ℓ)
- H : 静水頭(m)
- H' : 試験水頭(m)

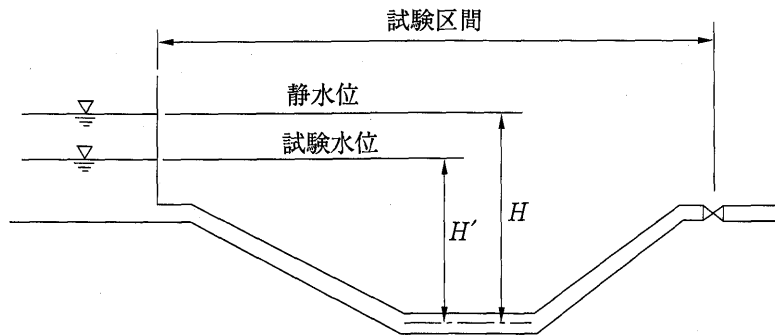


図-6.3.3 試験水頭のとり方

6.3.3 水圧試験

水圧試験は、パイプラインが設計水圧（静水圧+水撃圧）に安全に耐え得ることを確認するためのものである。漏水試験を静水圧で行った場合には、ある程度の予測がつくので水圧試験を省くことが多い。しかし、特に重要なパイプラインについては水圧試験を行うことが望ましい。

水圧試験の方法は、次のとおりである。

試験区間を制水弁等で完全に仕切る。

水圧試験は、試験区間においてパイプラインに手押しポンプ等で設計水圧まで加圧し、パイプラインの異常の有無を点検する。

管内の空気は、加圧に先立って完全に排除するよう、特に注意しなければならない。

6.3.4 漏水箇所の探知と補修

(1) 探知

通水試験において漏水量が許容漏水量以上の場合はもちろんのこと、許容量以下の場合であっても、漏水箇所の有無を探知しなければならない。探知方法としては次の方法がある。

地表に水がしみ出てくるのを目視により探知する。

地表に水が出ないような漏水箇所の探知方法として、漏水の疑わしい箇所で、管頂付近まで掘削し、水のしみ出しの有無を調べる。

イヤホーンをついた聴診棒を地中に挿し込み、水の吹き出し音を聞く。

漏水探知器による方法

(2) 補修

通水試験の各試験に示す基準の許容限度内であっても、集中的な漏水箇所や異常が認められた箇所には適正な止水対策を講じなければならない。

第 7 章 機能保全

第7章 機能保全 目次

7.1	総則.....	7-1
7.2	機能診断.....	7-1
7.2.1	機能診断調査	7-2
7.2.2	機能診断評価	7-4
7.3	対策工法の選定.....	7-7

第7章 機能保全

7.1 総則

農業水利施設の機能を保全するための手法は、継続的に行う機能診断調査と評価を踏まえて、複数の取りうる対策工法の組合せについて比較検討することにより、適時・的確に、所要の対策を選択して実施することを基本とする。

詳細については、「第1編 開水路第8章機能保全 8.1」を参照する。

7.2 機能診断

パイプラインの機能には、構造機能、水理機能および水利用機能があるが、埋設施設であることから、特定の管体の構造的機能を日常的に把握することは困難なため、漏水事故や通水障害等、具体的な劣化症状が現れてから対策を立てる、いわゆる事後保全的な対応が多いと考えられる。

しかしながら、施設の長寿命化を図るためには、可能な限り予防保全的対応が必要であり、不具合が軽微な段階で効果的な対応を行うことが必要である。

このような観点から、機能診断調査では、分水工や調圧水槽等で区切られる水理ユニットを対象とし、その区間における漏水事故率や、漏水量、水圧、流量等の水理機能の状態から間接的に構造機能を評価することを基本とする。

また、使用環境(水圧、水質等)や埋設環境(荷重、土壌・土質等)は、管路の性能劣化に大きな影響を与えるため、これらの条件を把握しておくことが必要である。

なお、管内面調査が可能な場合は、管体や接合部の構造的な変状・劣化を直接評価する。

パイプラインの評価項目及び評価指標は、表-7.2.1 に示すとおりである。

表-7.2.1 パイプラインの評価項目及び評価指標

区 分	水路に求められる性能	評価する指標
1. 構造機能	耐久性・耐荷性	管体のひび割れ、腐食、錆 たるみ、蛇行、沈下 たわみ量(変形) 継手間隔 以上管内面調査による 使用圧力や土壌等の条件を考慮し、評価する 漏水事故率 事故歴による 漏水量、管内粗度 現地水理調査による
2. 水理機能 管内粗度以外は必要に応じて行う	通水性能	水位、流量、管内粗度 構造機能の評価に用いる
	分水性能	分水位の維持状況
3. 水利用機能 漏水量以外は必要に応じて行う	水管理性能	漏水量 構造機能の評価に用いる
	水位・流量制御性能	操作性
	需給調整性能	連携性
	分水制御性能	分水位安定性
4. 環境機能 必要に応じて行う	付加的性能	地域用水的性能
	騒音・振動	地域住民の苦情の有無等

7.2.1 機能診断調査

パイプラインの漏水の可能性、要因分析に資するために、使用・劣化環境を設計、施工に関する情報、事故歴・補修歴情報、地域特性に関する情報を、設計・施工図書や管理図書に基づいて収集、整理する。また、施設管理者から施設状態について聞き取り調査を行い、現地踏査、現地調査が効率的に行えるように、予め情報の整理を行っておく。

なお、パイプラインが漏水に至る過程の定義は確立されていないため、施設の状態から直接健全度を評価するものとしている。従って、劣化要因の判定は健全度評価に直接反映しないが、対策工法の検討などの参考として、得られる情報の範囲内で漏水可能性の判定を行う。

パイプラインの漏水可能性判定に係る調査項目を、表-7.2.2、漏水可能性判定表を表-7.2.3 に示す。

表-7.2.2 パイプラインの漏水可能性判定に係る調査項目

評価項目		評価条件
供用年数	30年以上	漏水が発生しやすい
	30年未満	通常環境では漏水は発生しがたい
管種	鋼管	腐食が生じる
	その他	損傷しやすい
口径	大口径	溶接等の継手が多くなるため漏水しにくい
	小口径	継手の種類も多く、漏水の可能性も高い
継手形式	溶接	錆等の影響を受けない限り漏水は無い
	離脱防止	離脱の可能性は少ないが、継手劣化の可能性はある
	ソケット	継手の劣化により離脱、漏水の可能性はある
	接着	施工不良、劣化等により離脱、漏水の可能性はある
静水圧	1.0MPa以上	漏水が発生しやすい
	1.0MPa未満	通常環境では漏水は発生しがたい
水質	腐食性	腐食しやすい
	通常	腐食が生じない場合が多い
土壌	腐食性土壌	腐食しやすい
	一般土壌	腐食が生じない場合が多い
地盤	軟弱地盤	不同沈下等により漏水等が発生しやすい
	普通地盤	布設時の環境が大きく変化しなければ変状は起きにくい
荷重	道路下埋設	繰返し荷重を受けるため、変状が起きやすい
	耕地下	布設時の環境が大きく変化しなければ変状は起きにくい

表-7.2.3 漏水可能性判定表

使用・劣化環境		漏水要因	判定 該当項目 に	過剰 水圧	過重 増大	地盤の ゆるみ	不同 沈下	異物の 混入	内面塗装 経年劣化	外面塗装 経年劣化	水質	腐食 土壌	品質 不良	施工 不良
供用年数	30年以上			2	2	2	2		2	2	2	2		
	15～30年未満			1	1	1	1		1	1	1	1		
管種	A C P			1	1	1	1	1					1	1
	P V C			1	1	1	1							1
	S P								1	1	1	1		
	D C I P								1	1	1	1		
	F R P M												1	
	P C			1	1	1	1						1	
	R C			2	1	1	1						1	
事故歴	漏水事故歴有り			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	管体破損事故歴有り			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
管製造年 (PC継手)	昭和40年代以前												1	
	昭和50年以降													
土被り	H 1.2m				1									
	H 2.5m				1									
凍上	寒冷地					1								
埋設環境	交通量の多い道路下				2									
	交通量の少ない道路下				1									
静水圧	1.0MPa以上			2										
	0.5～1.0MPa未満			1										
水質	強酸性 pH 6.5										1			
	強アルカリ pH 8.5										1			
	硫化物含有 (温泉水など)										1			
土壌・地盤	腐食性土壌 (酸性土壌)									2			2	
	地下水位(高い)					1				1			1	
	軟弱地盤					1	1							
摩耗条件	流速 2.0m/s								1					
	キャピテーション(弁工付近、斜面工)								1					
	土砂の流下								2					
評価点合計														
漏水要因判定(漏水要因の可能性が高いものに)														

評価 5点以上 : 漏水の可能性が高いもの
 2～4点 : 漏水の可能性が否定できないもの
 1点以下 : 漏水の可能性が低いもの

7.2.2 機能診断評価

(1) 施設状態評価に基づく健全度評価

埋設構造物であるパイプラインは、直接構造機能の変状を日常的に把握することは困難であり、機能評価は、漏水事故率、漏水量、管内粗度の水理機能の変状・劣化を主要な評価指標とする。ただし、分土工、調圧スタンド周り等で管内面調査が可能な場合は、管体の状態も評価する。

なお、管体そのものの情報把握が限定されるため、管路の埋設環境、使用条件などを勘案し、性能評価を行うものとする。

「施設の状態」は、以下に示す「施設の健全度」のランクを決定する目的で実施する。

機能診断調査においては、構造物の劣化進行過程に関するデータも同時に蓄積するものとし、今後の機能診断データの蓄積に応じて、劣化現象別の評価や対策が可能な診断に移行することを指向する。

表-7.2.4 パイプラインの健全度ランクの設定

健全度ランク	施設の状態	現象例	対応する 対策の目安
S-5	変状がほとんど認められない状態	新設時点とほぼ同等の状態	対策不要
S-4	軽微な変状が認められる状態	漏水量が最大で 300ℓ/日・cm・Km 未満 ひび割れ幅 0.2mm 未満(RC管)	要観察
S-3	変状が顕著に認められる状態。劣化の進行を遅らせる補修工事などが適用可能な状態	漏水量が最大で 600 ℓ/日・cm・Km 未満 ひび割れ幅 0.2～0.6mm 未満(RC管) 内面腐食や変形等がみられる	補強 (補強)
S-2	施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態 補強を伴う工事により対策が可能な状態	漏水量が 1200 ℓ/日・cm・Km 未満 ひび割れ幅 0.6mm 以上(RC管) 内面腐食や変形等が顕著である	補強 (補修)
S-1	施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態。 近い将来に施設機能が失われる、または著しく低下するリスクが高い状態。補強では経済的な対応が困難で、施設の改築が必要な状態	S-2 より劣化が進行し、補強で対応するよりも、改築した方が経済的に有利な状態	改築

(2) 機能診断評価

パイプラインの評価は、分土工や制水弁工などで区切られた水理的ユニット単位で、漏水量や通水量、水圧の状況から性能評価を行うことを基本とする。

管内面調査が可能な場所においては、管路の構造的機能を直接評価も併せて行う。

パイプラインの機能診断評価では、下表のポイントに留意する。

表-7.2.5 機能診断評価のポイント

調査箇所	調査区分	調査のポイント
管路	漏水量	・上下流の通水量の差により漏水量を算定し、漏水量の程度から評価する。
	粗度(流速係数)	・同時に水圧の測定を行うことにより、管内粗度(流速係数)を逆算し、管路の通水性能を調査する。
	管内面調査	・管内面のひび割れ状況、たるみ・蛇行・沈下の状況、たわみ量、内面塗装腐食状況、錆状況および継手間隔から、管体の構造的機能を評価する。
	漏水事故率	・年間漏水事故率が想定(維持管理計画)の範囲内かどうかによって評価する。
弁類	外観目視	・調査を行う管路に含まれる空気弁や仕切り弁の状態について、漏水や漏水痕跡、変形・歪み、作動性(開閉の容易さ等)について調査する。とくに漏水は管本体ではなく、弁類が原因となっていることも少なくないので、漏水に注意して調査する。

(3) パイプラインの状態評価表

パイプラインの状態評価は下表に基づいて行う。

表-7.2.6 機能診断調査結果に基づく施設状態評価表（パイプライン）

地区名						評価年月日		
施設名						評価者		
定点調査番号						調査地点 (測点等)		
施設の状態		: S-5:変状なし S-4:変状兆候(監視強化) S-3:変状あり(補修) S-2:顕著な変状あり(補強) S-1:重大な変状あり(更新検討)						
評価項目		評価区分				評価の流れ		
健全度ランク		S-5	S-4	S-3	S-2	変状別 評価	主要 因別 評価	主要 因別 評価
内部 要因	漏水量	SP、VP	(L/日・cm・km) 25未満	(L/日・cm・km) 25以上~50未満	(L/日・cm・km) 50以上	-		
		DCIP、FRPM	(L/日・cm・km) 100未満	(L/日・cm・km) 100以上~200未満	(L/日・cm・km) 200以上	-		
		PC、RC、ACP	(L/日・cm・km) 150未満	(L/日・cm・km) 150以上~300未満	(L/日・cm・km) 300以上	-		
		緊急性	有りの場合1ランクダウン(漏水の影響が周辺に及んでいる等)					
	管 内 粗 度	流速係数 Cq(="調査時のC"/"設計時のC")	80% cq	-	80%> cq	-		
		進行性	有りの場合1ランクダウン(経年変化がみられるもの)					
	管 内 面 の 状 態	ひび割れ(RC、PC、ACP、FRPM)	0.2mm未満	0.2~0.6mm	0.6mm以上	-		
		内面塗装腐食率(SP、DCIP)	10%未満	-	10%以上	-		
		発錆状況(SP、DCIP)	3%未満	3%以上~5%未満	5%以上	-		
		たるみ・蛇行・沈下	無	管口径の 1/3未満	管口径の 1/3以上~1/2 未満	-		
たわみ量(SP、DCIP、VP、FRPM)		5%未満	5%以上	-				
継手間隔(溶接または接着継手は除く)		挿入長90%以上	挿入長80%~90%	挿入長80%未満	-			
外部 要因	進行性	有りの場合1ランクダウン(経年変化がみられるもの)						
	管口径	300mm以下の場合1ランクダウン						
	使用圧力	1.0MPa以上の場合1ランクダウン						
	土壌・地盤	強酸性土壌(泥炭等)または軟弱地盤の場合1ランクダウン						
その 他 の 要 因	事 故 歴 調 査	漏 水 事 故 率	SP、DCIP、VP	a=0 (件/年・km)	0<a 1.4 (件/年・km)	a>1.4 (件/年・km)	-	
			ACP、PC、RC、FRPM	a=0 (件/年・km)	0<a 1.3 (件/年・km)	a>1.3 (件/年・km)	-	
	増加傾向	有りの場合は1ランクダウン						

- 注 1) 「1ランクダウン」については、1変状項目あたり1回のみ有効であり、複数の「1ランクダウン」があってもランクダウンは1階級のみとする。
- 2) 変状別評価から主要因別評価を行う場合は、最も健全度が低い評価を代表値とする。総合評価については、今後の性能低下により影響されると思われる支配的要因を検討し、その評価区分を採用する。
- 3) S-1の評価は、この評価表によらず評価者が技術的観点から個別に判定する。

7.3 対策工法の選定

対策工法は、施設の状態だけでなく、可能な限り変状・劣化の要因などを勘案し、適切な工法を選択する必要がある。また、ライフサイクルコスト(LCC)を最小化するような対策を検討する必要がある。

(1) パイプラインの対策工法

劣化要因を考慮した対策工法は、表-7.3.1 に示すとおりである。

表-7.3.1 パイプラインの主な対策工法

工 法 名	適用口径		適用管種	工法に期待する効果	対応する主な変状	補修等工法の要求性能									
	小口径	大口徑				1)ひび割れ	2)たるみ、蛇行、沈下	3)たわみ	4)内面塗装剥食	5)発錆	6)継手間隔				
I パイプライン更正工法															
I-A 反転工法	○	○	全管種	耐荷力の向上	摩耗・風化	-	耐荷力の向上	-	-	-	-	-	-	-	-
I-B 形成工法	○		全管種	断面剛性の改善	変形		断面剛性の改善								
I-C 製管工法	○	○	全管種	変形性能の改善	たわみ		変形性能の改善								
I-D 鞘管工法	○	○	全管種		環境(荷重)条件の変化										
I-E 推進工法	○		RC、PC												
II パイプライン修繕工法															
II-A 止水工法															
II-A-1 注入工法	○	○	RC、PC、ACP	劣化要因の除去	漏水	劣化要因の除去	-	-	-	-	-	-	-	-	劣化要因の除去
II-A-2 リング工法	○	○	溶接以外												
II-A-3 シーリング工法	○	○	RC、PC												
II-B 内面補強工法															
II-B-1 反転工法	○		全管種	劣化要因の除去	剥離・剥落	劣化要因の除去	断面剛性の改善	断面剛性の改善	-	-	-	-	-	-	劣化要因の除去
II-B-2 形成工法	○		全管種	断面剛性の改善	断面欠損										
II-C ライニング工法															
II-C-1 ライニング工法	○		全管種	劣化要因の遮断	摩耗・風化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				劣化速度の抑制	発錆										
				劣化要因の除去	内面塗装剥食										
				断面性能の改善	管内粗度係数増加										

(2) 劣化要因別対策工法

変状劣化の要因が明確な場合は、劣化要因に応じた更生・修繕工法を選定する。参考として、以下に要因別、劣化度別の補修等工法を示す。

ひび割れに対する補修等工法の目安

表-7.3.2 ひび割れに対する補修等工法

要求性能	健全度			
	S-5	S-4	S-3	S-2
劣化要因の除去	継続使用	要観察	止水工法	止水工法
			ひび割れからの腐食性物質侵入防止	ひび割れからの腐食性物質侵入防止
				内面補強工法
				補強材貼付けによる腐食性物質侵入防止
工法選定のポイント			漏水が見られるが漏水事故率・漏水量の変化が見られない	漏水事故率・漏水量が増加傾向にある

たわみ・蛇行・沈下に対する補修等工法の目安

表-7.3.3 たわみ・蛇行・沈下に対する補修等工法

要求性能	健全度			
	S-5	S-4	S-3	S-2
耐荷力の向上 断面性能の改善 変形性能の改善	継続使用	要観察		更生工法
				老朽区間に補強材を貼付け管体構造計算上の必要強度を確保
断面剛性の改善	継続使用	要観察	内面補強工法	内面補強工法
			補強材貼付けによる本管劣化部または取付管部の内面補強	補強材貼付けによる本管劣化部または取付管部の内面補強
工法選定のポイント			漏水が見られるが漏水事故率・漏水量の変化が見られない	漏水事故率・漏水量が増加傾向にある。埋設環境・使用環境が変化している

- ：主工法として適用可能な工法
- ：主工法について適用可能な工法
- ：劣化状況に応じて検討する工法

たわみに対する補修等工法の目安

表-7.3.4 たわみに対する補修等工法

要求性能	健全度			
	S-5	S-4	S-3	S-2
断面剛性の改善	継続使用	要観察	内面補強工法 補強材貼付けによる本管劣化部の内面補強	内面補強工法 補強材貼付けによる本管劣化部の内面補強
工法選定のポイント			たわみ率が 5%未満である	たわみ率が 5%以上である

内面塗装腐食に対する補修等工法の目安

表-7.3.5 内面塗装腐食に対する補修等工法

要求性能	健全度			
	S-5	S-4	S-3	S-2
劣化要因の遮断 劣化速度の抑制	継続使用	要観察	ライニング工法 ライニング材により内面の耐蝕性、防水性を回復	ライニング工法 ライニング材により内面の耐蝕性、防水性を回復
工法選定のポイント			錆汁、鉄筋露出、浮き、豆板等の腐食が見られるが腐食面積の増加は少ない	錆汁、鉄筋露出、浮き、豆板等の腐食が見られるが腐食面積は増加傾向にある

発錆に対する補修等工法の目安

表-7.3.6 発錆に対する補修等工法

要求性能	健全度			
	S-5	S-4	S-3	S-2
劣化要因の遮断 劣化速度の抑制	継続使用	要観察	ライニング工法 ライニング材により内面の耐蝕性、防水性を回復	ライニング工法 ライニング材により内面の耐蝕性、防水性を回復
工法選定のポイント			錆発生面積は 0.3 以上 5%未満である	錆発生面積は 5%以上である

- ：主工法として適用可能な工法
- ：主工法について適用可能な工法
- ：劣化状況に応じて検討する工法

継手間隔に対する補修等工法の目安

表-7.3.7 継手間隔に対する補修等工法

要求性能	健全度			
	S-5	S-4	S-3	S-2
劣化要因の除去	継続使用	要観察	止水工法	止水工法
			継手からの腐食性物質侵入防止	継手からの腐食性物質侵入防止
				内面補強工法
				補強材貼付けによる継手からの腐食性物質侵入防止
工法選定のポイント			継手間隔は基準値を超えているが漏水は見られない	継手間隔は基準値を超えており漏水が激しい

- : 主工法として適用可能な工法
- : 主工法について適用可能な工法
- : 劣化状況に応じて検討する工法

水理性能に対する補修等工法

漏水事故率、漏水量、管内粗度(通水性)等の水理性能に対する補修等の工法は、原因を究明するために詳細調査を行い、調査結果により補修等の工法を決定する。

表-7.3.8 水理性能調査

項目	区分	健全度		
		S-4	S-3	S-2
漏水事故率	現象	布設直後の一時的な事故	基本的に安定期で、単発的、偶発的な事故が発生	事故率が増加
	漏水事故率の発生区間	-	5%未満	5%以上 10%未満
	対策	事後保全	事後保全	路線単位の予防保全検討
	工法の選定	詳細調査により決定	詳細調査により決定	詳細調査により決定
漏水量	現象	布設直後の一時的な漏水	基本的に安定期で、漏水量は少ない	漏水量が増加
	対策	事後保全	事後保全	路線単位の予防保全検討
	工法の選定	詳細調査により決定	詳細調査により決定	詳細調査により決定
管内粗度(通水性)	現象	布設直後の一時的な漏水	安定している	粗度が増加
	粗度係数	-	-	粗度係数が増す
	対策	事後保全	事後保全	路線単位の予防保全検討
	工法の選定	詳細調査により決定 管内粗度の改良のみ目的とする場合は、ライニング工法を選定する		

(3) 補修・補強工法別費用・耐用年数

パイプラインの補修・補強工法の費用及び耐用年数を表-7.3.9に示すが、これらの情報はメーカー聞き取りなどによるもので、使用条件や付設条件によって費用や耐用年数は大きく異なる可能性が高い。

従って、ここで示す費用や耐用年数はあくまで参考値にとどめ、実際の工法の検討にあたっては、具体的な地区の条件、劣化の程度を勘案し、別途工事費用や耐用年数を検討する必要がある。

【工事費】

表-7.3.9に示す工事費単価等は、無作為に収集した各工法実績の単純平均単価であり、そのまま機能保全コストの算定やLCC計画等には用いることは出来ない。

なお、本費用には特殊な仮設を必要とするような施工環境は考慮されていない。

【耐用年数】

表-7.3.9に示す耐用年数は、現存する文献からの引用、メーカー聞き取り等により目安として掲載したものであり、実証試験や調査によって検証されたものではない。

実際の機能保全コストの算定やLCC計画を行う場合は、採用する工法と各地区の適用条件により検討し、妥当な耐用年数を設定する必要がある。

表-7.3.9 補修・補強工法別費用・耐用年数一覧表

19.01.15

工 法 名		仕 様	工 事 費				耐用年数		
			金 額	平 均	単 位				
パイプライン更生工法									
A	反転工法	250	20,000	~	38,000	29,000	円/m	50年 設計では50年を想定している事例が多い	
		400		~	63,000	63,000	円/m		
		600	70,000	~	100,000	85,000	円/m		
		1200		~	208,000	208,000	円/m		
		1500		~	350,000	350,000	円/m		
B	形成工法	250	27,000	~	36,000	31,500	円/m	50年 50年保証の例が多い	
		400	43,000	~	58,000	50,500	円/m		
C	製管工法	500		~	115,000	115,000	円/m	50年 施工後15年で変状無しの場合あり	
		1000		~	207,000	207,000	円/m		
D	鞘管工法	400		~	68,000	68,000	円/m	40年 40~50年保証の例あり 法定耐用年数40~50年(水道)	
		600		~	100,000	100,000	円/m		
E	推進工法	400		~	170,000	170,000	円/m	-	
		600	228,000	~	300,000	264,000	円/m		
パイプライン修繕工法									
A	止水工法								
	1	注入工法	250		~	87,000	87,000	円/箇所	30年 30年保証の例が多い
			400		~	129,000	129,000	円/箇所	
	2	リング工法	600	150,000	~	200,000	175,000	円/箇所	
			1000	160,000	~	210,000	185,000	円/箇所	
	3	シーリング工法			~	14,700	14,700	円/箇所	
B	内面補強工法								
	1	反転工法	150×5m(L)		~	32,000	32,000	円/箇所	10年 10年保証の例が多い
			250	53,000	~	57,000	55,000	円/箇所	
	2	形成工法	400	72,000	~	74,000	73,000	円/箇所	
C	ライニング工法								
	1	ライニング工法		11,000	~	16,000	13,500	円/箇所	5年 5年保証の例がある

(白紙)