

管種ごとに異なる 通水時の水流抵抗 について教えてください

Answer

1. はじめに

管路の水理設計は、計画最大流量を安全に流し得る、最適断面を導くことで求められます。管路内の流水は、管路内壁面の粗度（微少な凹凸）や水の粘性などに応じて送水始点で付与した圧力が損なわれる、いわゆる圧力損失が生じます。圧力損失が管路の途中で送水始点の圧力より大きくなると、送水が滞ることとなります。したがって、管路の計画では、圧力損失を適正に把握することが重要となります。

一方、圧力損失の低減が期待できる高性能な管内面塗装の開発・実用化が進んでいることから、近年、圧力損失の計算方法を定める基準や指針を見直す動きが進んでいます。

2. 圧力損失と算定式

圧力損失は、ダルシー・ワイズバッハ公式により求められることが知られています。しかし、式中の摩擦損失係数は、レイノルズ数や管内壁面の粗度などから導かなければならず、実用的ではありません。そこで、数多く提案されている平均流速公式の内、実際の管路に対する実験を基礎として作成され、実測資料も多い、ヘーゼン・ウィリアムス公式が最も広く用いられています。

ヘーゼン・ウィリアムス公式

$$H = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} Q^{1.85} \cdot L$$

H : 摩擦損失水頭 (m)
 C : 流速係数 Q : 流量 (m³/s)
 D : 管内径 (m) L : 延長 (m)

本式より、流速係数C（以下、「C値」という）は、通水時の水流抵抗を概括的に表すものといえ、同じ口径で多くの流量を、あるいは、同じ流量で小さい口径にするためには、C値を大きくすれば良いことが分かります。つまり、管路設計において最適断面を導くためには、使用する管材料に応じ

たC値を把握すれば良いということになります。

3. 管種ごとの流速係数

水道施設設計指針（2012年版）では、新管における屈曲部損失などを含んだ管路全体としてC値110、直線部のみの場合はC値130とする一方で、「既設管路の整備あるいは改良時にそのC値を知ることが必要となる場合がある」としています。

そこで、管種ごとにC値を規定しており、直近で改訂が行われた、土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」（農林水産省）に記載されているC値を、参考として以下に紹介します。

ヘーゼン・ウィリアムス公式に用いる流速係数Cの値

管（内面の状態）	流速係数 c		
	最大値	最小値	標準値
鑄鉄管（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塗装管（鋼） ^{注1)}			
φ800mm以上	—	—	130
φ700mm～φ600mm	—	—	120
φ600mm～φ350mm	—	—	110
φ300mm以下	—	—	100
モルタルライニング管（鑄鉄）	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利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良い。ただし、呼び径800mm以上については、暫定標準値としてC=150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。なお、現場溶接部の内面塗装を十分な管理の下で行う場合、C=150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。

3) ALW形ダクタイル鑄鉄管（シリカエポキシ樹脂粉体塗装）は十分な実績や経年変化後の水利データがないことから、暫定標準値としてC=140を適用してよい。

4) ガラス繊維強化ポリエチレン管と同等の流速係数とする。

この改訂では、最新の管内面塗装におけるC値の検証試験結果が反映され、水道用液状エポキシ塗装を施した鋼管ではC値150、ALW形ダクタイル鑄鉄管ではC値140とされています（黒字太部分）。

4. おわりに

近年の管内面塗装の高性能化は著しく、最新仕様となる管材料の使用は、経済的な管路の構築に寄与するものと期待されます。

（参考文献等）

- 水道施設設計指針（2012年版）
（平成24年7月30日 社団法人日本水道協会）
- 土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」
（令和3年6月30日付 3農振第914、3農振第914）

（出典：水道技術ジャーナル2021年10月）