

1. はじめに

1.1 不明水対策の経緯

- (1) 不明水は、これまでに開発団地の供用開始後の多量降雨時の計画汚水量をはるかに超える下水の増加、マンホールからの溢水、コミプラの浸水などにより、問題と認識されるようになった
- (2) 50年以上前の初期の対策では、浸入水が多いと予想された地域を5~10ブロックに分けた流量・雨量調査で不明水の定量・評価を行い、要改善ブロックを選択して、TVカメラ調査で浸入水箇所を特定し薬注工法により浸入水を止水した
- (3) 同様に散水・送煙調査を行って、誤接続ほかを特定して可能な範囲で改善した
- (4) 薬注止水をしたにもかかわらず不明水が減らない、一度減った後に再増加するような事例が発生したため、薬注止水は見かけなくなり部分修繕工法に変わっていった
- (5) 対策の大半は本管継手の部分補修かスパン補修だったが、期待したような雨天時浸入水や常時・雨天時浸入地下水の削減効果が見られることは少なかった
- (6) そのような経緯で、有収外汚水量の削減よりも緊急性を要する直接浸入水対策に主眼が置かれるようになり、排水設備対策にも改めて目が向けられようになってきた
- (7) 昨今は、浸入水が多いと目される一部地域ではなく、スクリーニングによる段階を踏んだ絞り込みが認識されるようになった
- (8) ウォーターPPPが公表され、不明水対策も性能発注の時代になりつつある
- (9) 今般の性能発注では、調査と修繕・改築工事・管理が一体となり、より経済的で効果の高い対策が求められている

1.2 健康診断としてのスクリーニング

- (1) スクリーニングとは、発生源を特定する精密診断の対象を絞り込む作業のことで、人の健康診断にあたる
- (2) 管路施設の健康診断
 - ① 機能健康診断
 - ・ 内水・溢水診断：管径比水深ほか
 - ・ 浸入水診断：誤接続、水密性不良ほか
 - ② 劣化健康診断
 - ・ 視覚診断：目視踏査、カメラ調査(管口・展開・無人ロボットほか)
 - ・ 物理診断：圧縮強度、中性化、衝撃弾性波試験ほか
- (3) スクリーニング(健康診断)に必要な要件
 - ・ 漏れなくダブリなく地域を絞り込む
 - ・ 簡単かつ迅速にできる
 - ・ 実行可能な経済性をもつ

2. 水位計測

2.1 水位計

- (1) 名称：水位チップ(タフレベルC)
- (2) スクリーニング：100個単位の水圧計+数個単位の大気圧計(水圧計と同種)で構成
- (3) 計測範囲：15mm~10m 水頭
- (4) 圧力計測精度：FS. $\pm 0.1\%$ ($\pm 1\text{cm}/10\text{m}$)
分解能：1mm
水位計測精度： $\pm 0.2\%$ (水圧-大気圧合成)
- (5) 低水位計測精度：計測水位を実測水位でオフセットをする方法で、低水位の流量計測精度を調査目的に合うよう工夫している
- (6) 材質：チップ本体：SUS製
流線形ヘッド・テールキャップ：樹脂製
- (7) メモリ：CSV形式 メモリ数 64,000 または 128,000 個
- (8) 電源：内臓リチウム電池

2.2 水位計測の方法

- (1) 水位チップを管底、大気圧チップを水位チップに近く水没しない高さの通気箇所仮設し、計測圧力の差分から水位を計算する
- (2) ゲージ圧式(差圧式)に比べ計測精度は劣るが、通気ケーブルがないため、仮設が迅速・簡単・経済的で、溢水状態になっても計測が可能で、スクリーニングに適している

2.3 水位管径比から調べる通水能力

簡易流量計測のほか、計測水位より計画汚水量の設計基準である半管を目安に評価をおこなう。また、通水能力、溢水危険度、滞留(堆積)、幹線影響等の影響については降雨と水位チャート、ポンプ場等の運転管理等の多数要素と比較することで、通水能力不足の起因事象を把握する



2.4 流量計算の方法

- (1) 流量は、計測水位、管径、管路勾配、粗度係数から、マンニングの平均流速公式を使って計算する。

計測水位の精度：±2～3mm(差分精度として)

管径：公差を含む

管路勾配：実勾配ではなく設計資料に拠る

粗度係数：実測ではなく代表粗度に拠る

- (2) マンニング公式を使った流量計算精度
第3者立ち合いによる社内精度試験では、標準流量計の積算流量(精度RS. ±0.5%)と、計測水位(精度±1mm)、実測管路勾配、塩ビ管の代表粗度 $n=0.01$ から計算される積算流量との器差は、**平均+22%、最大+35%**(特異値を除く)あって、管種ごとに定められた代表粗度で流量を計算しても、実用的な流量計測精度は保てないことがわかった
- (3) 実験施設の管路勾配を動水勾配とし、標準流量から計算した粗度係数 $n=0.0122$ 、このときの器差の標準偏差は**5%(不確かさ10%)、最大11%**で、簡易調査としての実用精度を保っていることが確認されている
- (4) フィールド調査による粗度係数の最適化は、以下の方法等による
 - ・ 水位チップの仮設・撤去時に、水位と平均流速を実測し、粗度係数の最適値を計算する方法
 - ・ 既存の流量データ(処理場流入量や流域下水道流量計など)を取得できる場合、その流量を引き受ける区域面積を各水位計測の区域面積で按分して流量を概算し、そこから粗度係数を計算する方法

2.5 代表粗度や計画勾配の適用が困難な理由

- (1) 代表粗度は通水能力を計画するために設定されており、実態とは必ずしも一致しない
- (2) 下水道台帳の管路勾配と実質勾配とは必ずしも一致しない。勾配が平坦であるとも限らない
- (3) 管の曲がり、合流、段差、急・緩勾配変化、ポンプ排水箇所、滞留箇所等では、急激な流量変化が生じ、管路勾配と動水勾配が等しくないばあいがある

2.6 区間流量の計算精度を高める

- (1) 区間精度誤差とは
たとえば上流測点の積算流量が $100 \text{ m}^3 \pm 5\%$ 、下流測点が $110 \text{ m}^3 \pm 5\%$ とした場合、差分で区間量 10 m^3 を求めても、誤差の最大が $10 \pm (5.0+5.5) \text{ m}^3$ になって解析に耐えない
- (2) 区間処理を無くす方向で測点を決めることで流量解析精度が向上する
- (3) 区間ポイントなどでは流量計測も考える
フリーム・セキ式流量計の出荷精度：
JIS3等級(主要な計測域で $RS \pm 3\%$)、現場調査の実用精度： $RS \pm 5\%$ 程度
面速式流量計の出荷精度：JIS5等級(主要な計測域で $RS \pm 5\%$)、現場仮設調査の実用精度： $RS \pm 5\%$ 以上

3. 不適合データの処理

- (1) 以下の異常な水位パターンは、解析データから除外する
 - ① 突発的な排水パターン(工事排水、プール排水、事業所、ポンプ排水など)
 - ② 部分欠測、異常値
 - ③ 滞留・逆流(一時的なものを含む)
 - ④ 射流(流量が多い時に水位が下がる)
- (2) 不適合な水位データには、不明水量に関する情報は含まれない。滞留や射流状況ではそもそも水位から流量を計算できない。このような場合、その測点を抜いた広域で評価する
- (3) 流量計算精度を持たない区間流量も不適合データに分類される。解析上、適合データが必要なときは、区間を形成する測点を再編成したうえで追加の流量計測が必要である

4. 浸入水の定量診断

4.1 浸入水の定義(ガイドラインによる)

- (1) 基礎汚水量=晴天日平均流量-深夜最小流量
- (2) 常時浸入地下水量=深夜最小流量
- (3) 直接浸入水量=降雨下の増加流量-同時間帯

の晴天日平均流量

- (4) 雨天時浸入地下水量=降雨後の増加流量-同時間帯の晴天日平均流量

4.2 浸入水の原単位評価

- (1) 晴天日が続いたあとの降雨量 30mm 時の浸入水量を、計画原単位間の関係性を基に、基礎汚水量比で評価する

原単位評価ランク表

ランク	基礎汚水量比	
	雨天時浸入水	常時浸入地下水
A	33%以上	40%以上
B	16.5%以上	20%以上
C	8.25%以上	10%以上
良好	8.25%未満	10%未満

4.3 浸入水削減対策

- (1) 直接浸入水
 - ・ 管路の誤接続解消(公共下水道・排水設備)
 - ・ 地表集水箇所の水密性改善とバイパス誘導
- (2) 常時・雨天時浸入地下水
 - ・ 常時・降雨時・対策後上昇する地下水位以下にある管路施設の水密性改善
- (3) その他
 - ・ 無届け排水などの有収化
 - ・ 雨水の地下通り道にある取付管や公共樹などの水密性不良箇所から流入する間接浸入水

5. おわりに

水位スクリーニングは、不明水が多い区域を絞り込む手法として、流量(不明水量)を概算できること、溢水対策にも対応できるなど、他の方法にはない特徴がある。

水位から流量情報を得るには、動水勾配が変化せず一定であることなど制約も多く、流量調査に求めるような計測精度を期待することは出来ない。

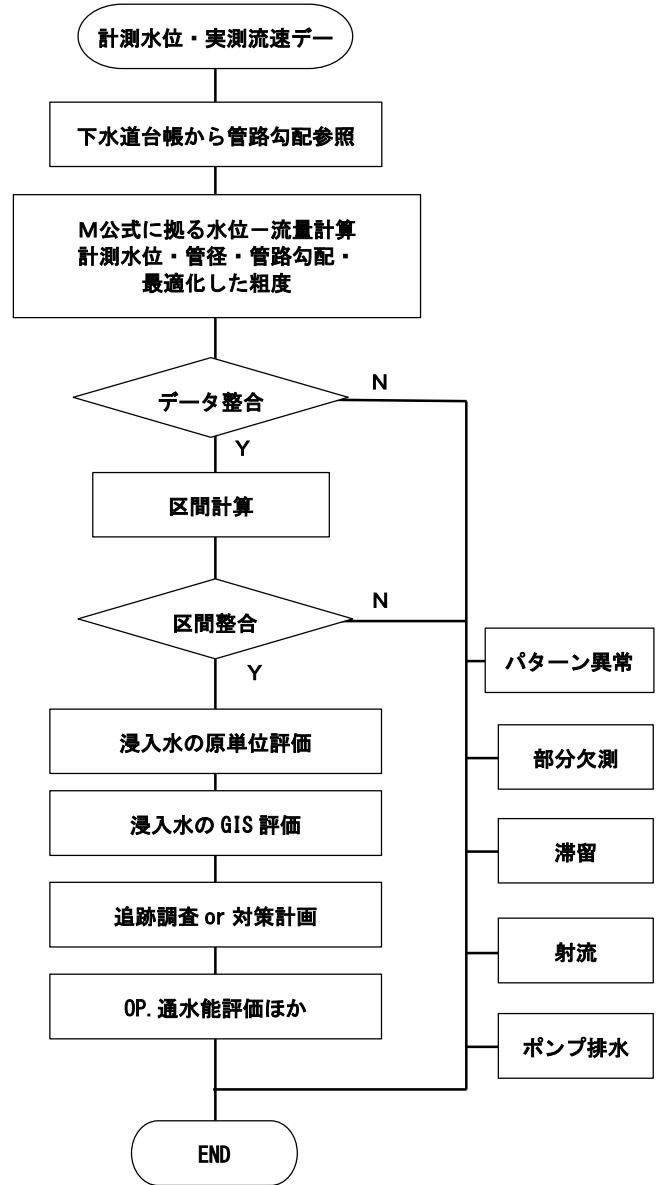
実際には、動水勾配が変化しているとしか考えられない現場に多く遭遇している。

それでも本稿で示したように、データを照査し、細かく対応することを通して、不明水発生ルートを絞り込むという調査目的に適う場面が多くなっている実感がある。

スクリーニング後の、詳細調査(発生源特定調査)や性能発注へのアプローチについては稿を改める。

以上

不明水スクリーニングのフロー



以上