

流出解析モデルを用いた雨天時浸入水対策

日本水工設計株式会社 牛原 正詞
 日本水工設計株式会社 ○一松 雄太
 日本水工設計株式会社 福山 裕史

1. はじめに

雨天時浸入水は、污水管への雨水管の誤接合及びマンホールや汚水ますの蓋の穴、管の破損箇所及び継手等からの雨水の浸入により発生する。これらの様々な要因による浸入水は降雨と連動して一時的に流下水量を著しく増大させ、既存施設の能力を超えた水量を発生させることがある。

A市においても、分流式下水道で整備済みの区域であるにも関わらず、大雨時には地盤の低い地域において污水管のマンホールから溢水が発生している状況が確認されており、上記の雨天時浸入水による影響であることが推察された。

このような雨天時浸入水により引き起こされる浸水被害や施設機能の損傷等はリスク管理の点から重要な問題であり、早期に改善対策を講じる必要がある。

しかしながら、雨天時浸入水を削減するための従来の方法は、TVカメラ調査、送煙調査、送気調査、音響試験、目視調査及び雨水排水系統調査等を行うことで、浸入水の原因箇所を直接見つけて補修等を行う対策である。そのため、流域面積が大きい場合には多大な時間と費用とを要することとなり、浸入水に対する改善対策が立ち遅れている傾向にあることは否定できない。

そこで本検討では、流出解析モデルを用いて雨天時浸入水の定量化を図り、さらに現状の施設を活用しつつ溢水を発生させない対策の立案を行った。

2. 対策計画立案のフロー

本検討では雨天時浸入水対策計画を、図-1 及び表-1 のフローに基づいて立案した。

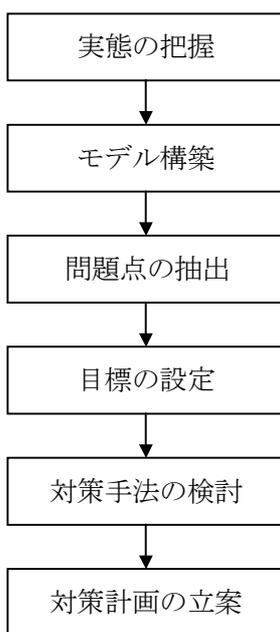


図-1 対策計画立案のフロー

表-1 対策計画立案の内容

項目	内容
1. 実態の把握	現場調査、浸水実績調査、実測調査（降雨量調査・水位調査・流量調査）、既存施設調査
2. モデル構築	排水区域のモデル化 管きよ、ポンプ場等の構造物のモデル化 流量・水位調査結果によるキャリブレーション
3. 問題点の抽出	浸入水量の多い排水区の把握 溢水の要因となる施設の把握 溢水の主たる原因についての把握
4. 目標の設定	段階的な目標設定
5. 対策手法の検討	雨天時浸入水率・雨天時浸入水量の算定 既存施設能力の把握 必要対策（浸入水）量の解析 浸入水量を減少させる対策の検討 流下能力を高める対策（溢水対策）の検討 雨天時処理能力を高める対策の検討
6. 対策計画の立案	費用対効果の算出 対策の優先度の検討 段階的な対策計画の立案

3. 流出解析モデルを用いた対策検討

1) 対象区域及び実測調査の概要

本検討における対象区域の概要を表-2 に示す。本下水道計画区域は主要な集水系統としてA、B、Cの3系統を有していたため、各系統の流末付近に流量計を設置した。また、D系統については溢水が著しい区域であったため、別途流末付近に流量計を設置した。なお、雨量計は対象区域のほぼ中央付近に設置し、流量及び雨量について3ヶ月間の実測調査を行った。

調査期間中の晴天時流量と雨天時流量との差分から雨天時浸入水率を算出した。表-3 及び図-2 に雨天時浸入水率とその考え方を示す。

表-2 検討対象区域の概要

集水区域	面積	備考
A系統	203ha	
B系統	148ha	
C系統	389ha	
D系統	10ha	溢水区域
計	750ha	

表-3 雨天時浸入水率

集水区域	浸入水率 (平均値)	範囲
A系統	1.7%	0.6%~2.6%
B系統	2.6%	1.5%~3.7%
C系統	1.5%	0.9%~1.8%
D系統	6.6%	3.3%~13.2%

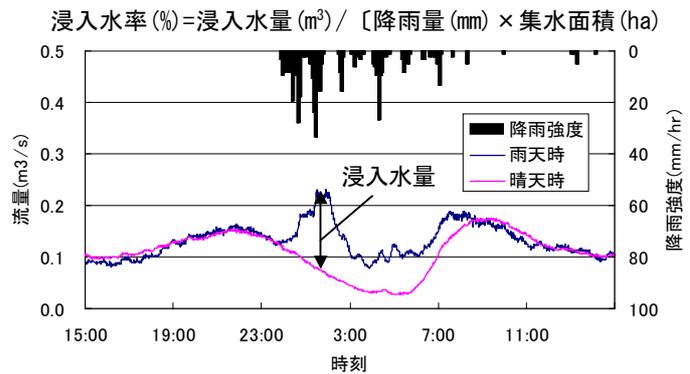


図-2 雨天時浸入水率 (C系統の1例)

2) モデルの構築

対象区域のモデル化には XP-SWMM を用いて、φ600mm以上の污水管きよ [ただしD系統 (溢水区域) においては枝線管きよも含む] 及び本調査区域の最下流に位置する中継ポンプ場等について構築した。モデル管網の概要を図-3 に示す。

次に降雨データ及びその降雨日における水位・流量データを用いてキャリブレーションを行った。表-4 にはピーク量に対するキャリブレーション結果、図-4 にはその一例として溢水箇所であるD系統の流末付近の流量データと解析値とのキャリブレーション結果の図を示す。

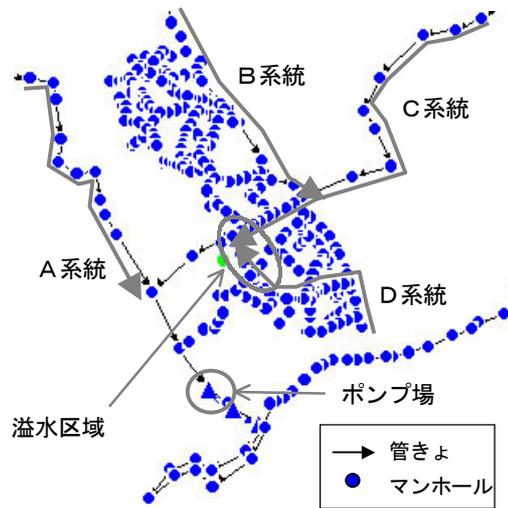


図-3 モデル管網

表-4 キャリブレーション結果例 (ピーク量)

	項目	キャリブレーション結果		
		実績値 a	解析値 b	a/b
A流末	ピーク水位	1.129m	1.247m	0.91
B流末	ピーク流量	0.218m³	0.227m³	0.93
C流末	ピーク流量	0.231m³	0.248m³	0.93
D流末	ピーク流量	0.032m³	0.025m³	1.28

※A系統は最下流であったため圧力状態になりやすく流速・流量調査結果が不正確であったため、水位によりキャリブレーションを行った。

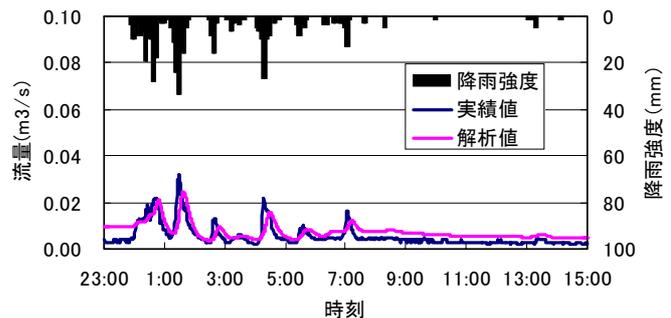


図-4 D流末におけるキャリブレーション結果例

このとき流出解析モデルの中では不浸透域率、流域幅、地表面勾配及び地表面粗度係数等について、管きょ内流下状況を再現可能とする最適値を見つけることで、雨天時浸入水が発生している状況をモデル化することができた。

3) 対策目標の設定

雨天時浸入水対策には、リスク対策として、浸入水そのものは削減しないが溢水等を回避する対策と、長期的に浸入水そのものを削減あるいは処理していく対策があると考え、対策目標については段階的な目標を設定した。緊急的な目標としては、本市の設計降雨^{※1}に対しては溢水の防除が可能であることとし、長期的な目標としては、既往最大降雨^{※2}についても溢水の防除が可能であることとした。

※1：A市の設計降雨は 50mm/hr、 $I=5800/(50+t)$ であるため、50mm/hr、降雨継続 2 時間、中央集中型とした。

※2：既往最大降雨は、総降雨量 178mm、最大降雨強度 99mm/hr、降雨継続 450 分の降雨を用いた。

4) 対策検討 (シミュレーション)

キャリブレーションにより定めたパラメータを用いてシミュレーションを行い、対策手法の検討を行った。

その結果、本流域における溢水発生の要因の一つとして、ポンプ場の送水能力を大きく上回る浸入水が発生していることが明らかとなった。したがって対策内容としては、ピーク時におけるポンプ井水位を下げる場合、ポンプ場より下流の能力を増強する場合等について溢水防除の効果の定量評価を行った。その結果を基に、溢水防除効果とその対策費用とから雨天時浸入水対策の優先度を定め、表-5 に示すような段階的な対策計画を立案した。

表-5 段階的な対策計画とその効果 (浸水被害度の低減)

4. まとめ

本検討では雨天時浸入水の改善対策計画を立案するために、流出解析モデルを用いることで、実現象の再現、既存施設の能力評価、対策効果の定量評価を行うことが可能であることを示すことができた。

今回のケースでは緊急的な改善対策として、溢水要因であるポンプ場付近に貯

留槽を設置することが最も効果的であると示された。地理的条件及び既存施設の条件等によっては、流出解析モデルを用いることでバイパス管、ネットワーク管、ポンプ場の能力増強やゲートの操作方法等についても対策方法を検討することが可能である。

さらに、長期的な視点で浸入水そのものを削減する計画を立案するために、補修工法別、補修部位別、排水区別の対策効果を定量化し費用効果分析を行うことで、対策手法の優先度を示すことも可能である。

今後は改善効果の把握を行うことにより、費用効果分析の精度を高め、より効率的な雨天時浸入水対策を進めることが重要であると考えます。

段 階	浸水被害度		
	現況	緊急対策	長期対策
対策内容	—	貯留槽 (1000m ³) の設置	浸入箇所 ^の 補修 ポンプ送水能力の増強 ポンプ場下流の能力増強
緊急目標 (設計降雨に対しては 浸水被害度 [※] 0%を達成)	100%	0%	0%
長期目標 (既往最大降雨に対しても 浸水被害度 [※] 0%を達成)	100%	30%	0%

※現況モデルにおける溢水時間を浸水被害度 100%とする。

問い合わせ先：日本水工設計株式会社東京支社第 1 技術部設計第 2 課 牛原 正詞、一松 雄太
〒104-0054 東京都中央区勝どき 3 丁目 12 番 1 号 Tel. 03-3534-5515