

札幌市下水道局工事事務課 川口 裕之 小澤 一郎 最上屋知弘

株式会社日水コン システム開発部 川口 智也 平井真砂郎

〇 “ 北海道下水道部 飯野 将徳

1. はじめに

昨今の大都市における浸水安全度を高めるための下水道雨水対策事業は、増強管、バイパス管、貯留施設等の大規模な施設計画が多い。しかし、これらに流入する枝線施設も含めた改善事例は少なく、枝線施設の改善レベル、その必要性等の議論は曖昧なケースがほとんどである。

枝線施設には、最小管径の設定により生ずる管渠の余裕や、マンホール、取付管等、多数の空間が存在する。計画規模以上の降雨でも溢水現象が生じないことが多々ある要因として、このような空間での貯留効果も一因であろう。また、圧力状態での流下により、流出の抑制効果が生じ、結果的に、流出先の幹線施設に対して負荷軽減をもたらす。したがって、面的整備が完了しつつある都市域においては、圧力状態での流況は、既存施設を評価する上で重要な現象と考えられる。

本稿は、下水道枝線施設の改善方針を模索するための評価手法を見いだすことを主たる目的とし、枝線施設における圧力状態での流下現象に着目し、その流出抑制効果等について考察するとともに、圧力状態における枝線施設を「調整池」に置き換え、簡便的に溢水量を推定する手法について紹介する。

2. 枝線施設流下状況の把握

2. 1. 流下状況把握モデル

枝線施設の流下状況を把握するためのモデルは、「非満管状態」から、マンホール水位が上昇した「圧力状態」の流れに至るまでの一連の流出プロセスを表現するための疑似不定流モデル（以下「詳細モデル」とする）であり、下水道施設のような暗渠系システムにおける圧力流れの現象を把握するための手法である。当モデルの検証については、他報告に紹介されている^{1) 2) 3) 4)}。

2. 2. ピーク流量の低減

管渠に圧力状態が生じる場合、詳細モデルにより得られるピーク流量は合理式による流量よりも小さくなる傾向がある。サンプル地区での比較例を図-2、図-3に示す。当地区は、実験式に基づく小さな管渠が布設されており、現行の計画降雨(10年確率)に対しては圧力流れが生じると推定される。そのピーク流量は降雨規模の大小に関わらずほぼ一定の流量に近いが、マンホール内の水位の上昇は激しくなり、流況はオリフィスにより制御された流出現象に類似していることがわかる。

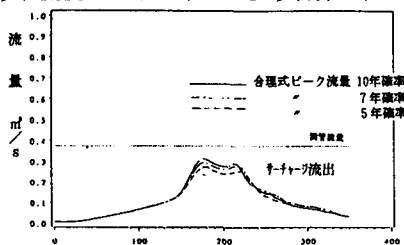


図-2 流出ハイドログラフ
MNO.75 (D地区)

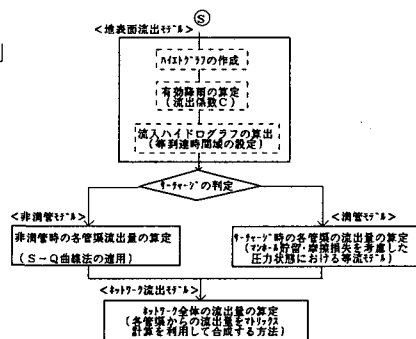


図-1 詳細モデル基本構成

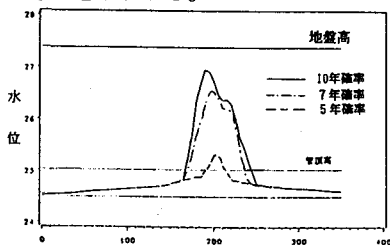


図-3 水位ハイドログラフ
MNO.75 (D地区)

2. 3. 排水区特性と低減効果

ピーク流量の低減効果については、図-4に示すようにサンプリングした排水区により低減効果が異なる傾向がある。ここで、ピーク流量の低減状況を表す指標として低減率指標PBを設定し、数種のサンプル地区における排水区特性と低減率PBとの関連を調査した。

排水区形態を表す指標としては、枝線施設からの流出波形がパイプ流出に類似していることや、貯留能力は管渠やマンホール空間に起因している可能性があること等から、「管渠密度」、「流末管渠流下能力」の2項目を設定した(能力は等流仮定の値)。また、低減率PBは次式のように定義した。

$$\text{低減率指標PB} = \frac{\text{低減率}(\text{QS}/\text{QR} \times 100) \text{が80\%未満の管渠の本数}}{\text{排水区内の管渠の本数}} \quad (1)$$

ここでQS;詳細モデルによるピーク流量、QR;合形式によるピーク流量

これより、図-5、図-6に示すように、低減率は「管渠密度」よりもむしろ「流末管渠流下能力」に寄因しており、流末流下能力が小さい排水区ほど低減率が高い傾向にあることがわかる。

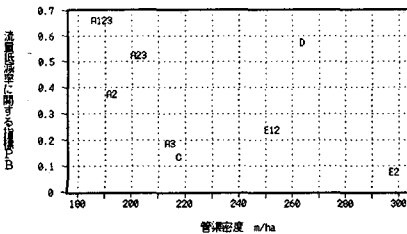


図-5 排水区管渠密度と流量低減率の関係
PBが大きい場合=低減率が高い

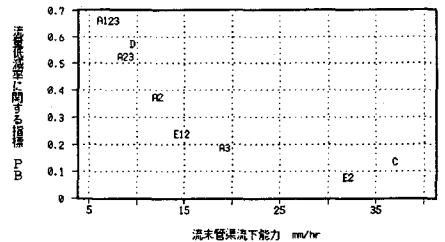


図-6 流末管渠流下能力と流量低減率の関係
PBが大きい場合=低減率が高い

3. 枝線区域評価手法の簡便化

枝線施設での流下現象は、区域内に存在する貯留空間と、流末管渠の流下能力により、概ね評価し得る可能性がある。ここでは、枝線施設の区域(以下「枝線区域」とする)全体を1つの調整池にたとえ、区域からの流出を、調整池からの流出現象に置き換えた場合の評価手法について示す。

3. 1. モデルの概念

枝線区域からの流出量は、流末管渠からの流出のみであり、流出し得ない分は、区域内の貯留空間に貯留され(必要貯留量)、貯留し得ない分は、溢水するものと仮定した。

3. 2. 貯留量算定モデル

貯留量の算定モデルは、調整池の必要貯留量を算定する場合に適用される簡便法を適用した。図-8に簡便法の概念図を示す。ここで、rc1は0、rc2は流末管渠からのピーク流出量と設定した。

また簡便法を用いて貯留量を算定する場合、一般に許容放流量が大きくなると算定値が過大になると言われている。本手法においても、これに対する補正を行うため詳細モデルとの比較検討結

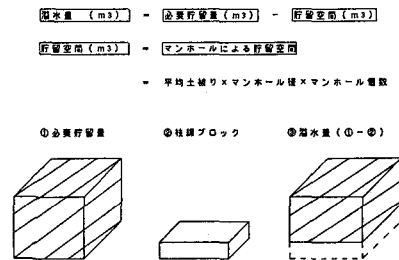


図-7 簡便モデル概念図

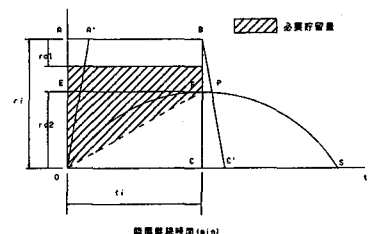


図-8 必要貯留量算定方法(2)

果をもとに、次式に示すような補正係数の設定を行った。

補正貯留量 = 簡便法貯留量 / u

$$u = 0.893 - 0.0026q + 0.000228q^2 \quad \text{----- (2)}$$

ここで、u : 補正係数

q : 枝線部からのピーク流量(mm/hr)

3. 3. ピーク流量許容放流量 r c 2 の推定

簡便化においては、枝線区域からのピーク流出量の設定が必要である。図-9に示すように、詳細モデルにより得られるピーク流量は流末管渠の流下能力と相関が高い。これより、これらの関係式を導き、流末管渠能力からピーク流量を推定することとした。

$$rc2 = Qp = 2.727 \times Qc^{0.860} \quad \text{----- (3)}$$

3. 4. 詳細モデルとの比較

サンプル地区における溢水量について、簡便モデル及び詳細モデルでの試算結果を比較した結果、図-10に示すように、この簡便モデルは、枝線区域からの溢水量を表現するうえで、ほぼ妥当な値が算定される傾向がある。

4. 簡便モデルでの評価事例

A市では、市街地雨水対策事業等の中で、増強管を数多く計画し、分水特殊人孔を数十カ所以上予定している。当モデルを適用して枝線区域の評価を行い、実験式で整備された区域における雨水対策事業の今後の方向性について試算した結果、重点箇所部分的に増強管の布設を行うことにより、ほぼ全域が道路冠水以下（許容範囲内と設定）となると推定された。これに要する増強管延長は、計画残延長に対し、約5割であり、事業費ベースでは、約6割程度の投資で済むものと推定された。

5. おわりに

枝線施設を圧力状態まで考えることで、系全体が有効に機能し、下流側施設の負荷量軽減（ピーク流量低減）となる。今後、枝線施設の更新計画において、自然流下のみを前提とするのではなく、現実的な圧力状態を考慮した能力評価も重要であり、さらには、施設計画の有効利用、グレードアップといった異なった視点からの施設評価も含めて検討する必要がある。

本稿では、枝線施設での圧力状態における流下現象とこれを考慮した場合の、評価手法の簡便化について一例を紹介した。施設計画を策定する上で、個々の排水区について多くの時間を費やし、詳細検討を行うことは物理的に限界がある。詳細検討との裏付けにより、簡易手法が示されれば、事業を展開するうえで有効である。ただし、本手法の適用上の前提条件については、整理が不十分な面も多く（幹線施設からの背水が影響する区域、設計条件の異なる区域等への適用、対象とする区域の広さ等）、今後の課題として検討をすすめていきたい。

<参考文献>

- 1)サーチャージを考慮した修正RRL法による流量、水位解析手法(MATRO)の提案、土木学会第42回年次学術講演会、昭和62年
- 2)内水排除計画におけるネットワーク雨水流出解析手法の提案、第31回推理講演会論文集、pp.35~40、1987.
- 3)第34期雨水研究会報告書 株式会社日水コン
- 4)サーチャージを考慮した下水道管渠再整備計画に関する一考察、第27回下水道研究発表会講演集
- 5)下水道雨水調整池技術基準(案) 日本下水道協会

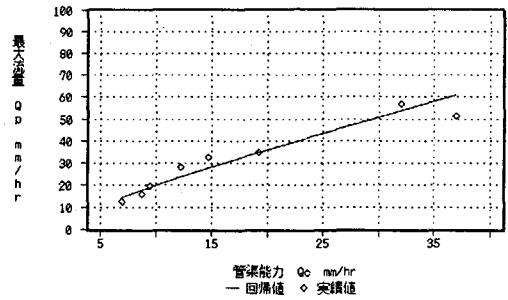


図-9 流末管渠能力とピーク流出量関係
 $Qp = 2.727 \times Qc^{0.860} \quad R = 0.963$

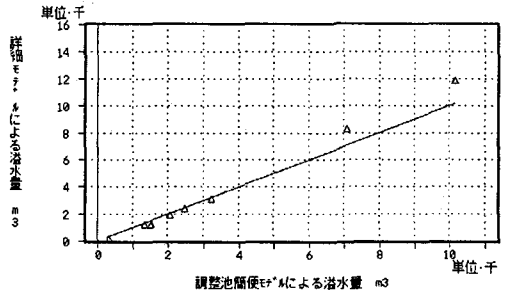


図-10 溢水量の比較
 詳細モデルと調整池簡便モデル