

II-131 排水区規模の雨水管路網解析法

北海道大学工学部 （正）船水尚行・（正）高桑哲男

1. はじめに

雨水排除に係る下水道施設の検討にあたっては、①施設の機能（浸水防止、水質管理、雨水利用等）、②計画範囲（流域治水総合計画、排水区計画等）、③施設の種類（管路・ポンプ、流出抑制施設、貯留施設等）などの項目に応じた解析、評価方法を開発し、利用する必要がある。本報告は上記の項目のうち、機能を浸水防止、計画範囲を排水区、対象施設を管路施設と定めた場合の雨水管路網の解析法について検討を行う。

2. 雨水管路網の解析法

雨水管路網の解析は設計時点におけるシミュレーションまたは既存の管路網の機能評価が主たる目的であり、設計時点で設定した降雨に近いそれ以上の降雨を対象として、浸水の発生とその防止対策の検討に重点がおかれることになる。開水路状態では浸水が発生しないことから、少なくとも浸水の予想される地域周辺では下水管内流れを管路満管流として扱ってよい。また、解析対象降雨の継続時間をある程度長時間（1時間程度）にとれば、到達時間が1時間程度の排水区については定常の仮定も成立することになる。もちろん、極めて短時間の高強度の降雨、移動性の降雨については定常の仮定は成立せず、非定常計算が必要である。さらに、排水区内に貯留施設が存在したり、管路内貯留を考慮する場合にも適用することはできない。

このように、1時間程度継続して降る降雨を対象として浸水の発生を検討する場合には、雨水管路網内の流れは管路・定常流れ系として取り扱うことができ、上水道における配水管網の計算法をほぼそのままの形で利用することが可能となる。すなわち、各管路の流量式（マニング式）と各マンホールにおける流量収支式（連続の式）により計算する。ただし、配水管網にあっては需要水量が節点から流出するのみであるのに対し、雨水管網では雨水が流入する場合と流出する場合の2とおりがある点に配慮が必要となる。一般に雨水は道路に配置された雨水マスより流入または溢水する。このため、浸水の計算にあたっては、本管から枝管を経由して各雨水マスへいたる損失、雨水マスにおける流出損失等を考慮にいれなければならない。しかし、解析において枝管を含めすべての管路を対象とすることが實際上不可能で管網の簡略化が避けられないこと、また、雨水マスの流量係数等損失に関係する量に不明の点が多いこと等の理由から、雨水の流出に関して簡略化した取扱いが必要となる。本報告では①各メッシュの代表地盤高さをメッシュ内の最低高さにとり、②各マンホールにおける動水位は地盤高さを越えず、上流からの流下量とマンホールからの流入量の総和のうち下流への流下量を超えた部分を浸水量とみなすことにより、枝管、雨水マスに関連する情報を必要としない計算法を示す。

以上のような簡略化を行うと管路の流量式を組み込んだ連続の式は、マンホール i について

$$\sum_j S_{ij} |E_i - E_j|^{-0.5} (E_i - E_j) + P_i + R_i = 0 \quad (1)$$

となる。ここで、 S は管路係数、 E はエネルギー位、 P はマンホールから流入する雨水量、 R は浸水量であり、マンホール i における動水位が地盤高さに等しい時に値をもつ。また、添字 i は注目マンホール、 j はマンホール i に接続する管路を示す。式(1)は最下流点以外の点における E または R を未知数とする連立方程式であり、一次化によって容易に計算することができる。

下水管路網の解析では管網の簡略化と地盤高さのほかに、流出係数、最下流端の水位を設定する必要がある。流出係数は現状値または推定値を用いる。また、流出係数の設定いかんによっては宅地化や舗装率

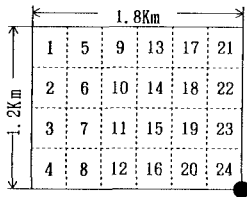


図-1 計算に用いた排水区

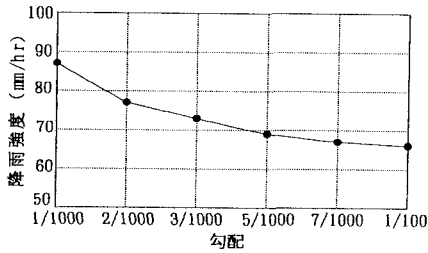


図-2 浸水発生降雨強度

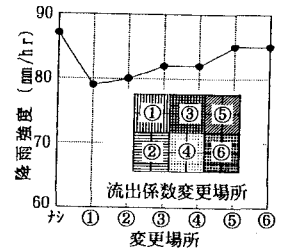


図-3 流出係数変更後の浸水開始降雨強度

の増大あるいは流出抑制施設の効果を検討することができる。最下流端水位は放流先河川の水位やポンプ井の水位に対応する。

3. 解析法の応用例

本解析法の応用例として合理式を用いて設計された管路網の特徴と管路網の改善方策について検討した結果を示す。計算対象管路網として図-1の排水区をとりあげ、排水区を300mメッシュに分割し、合理式によって設計降雨を算定し、管径を計算した。

3. 1 合理式を用いて設計された管路網の特徴

図-2に浸水の発生する最小降雨強度（浸水開始降雨強度）を地表勾配ごとに計算した結果を示す。浸水開始降雨強度は設計降雨強度（最下流の管きよで約57mm/hr）より大きく、浸水に対しある程度余裕をもつことがわかる。また、この余裕は地表勾配が急になるほど小さくなっている。図-3には排水区内の一部で流出係数を設計時の0.65から0.85に変化させ、浸水開始降雨強度を求めた結果を示す。

3. 2 管路網の改善方策

ここでは、排水区全体にわたって流出係数値が0.85（設計時0.65）に変化した場合を対象とした。はじめに管路網の改善方策としてポンプ井水位の変更を取り上げた例を図-4に示す。図はポンプ井水位の変化量（水位が管頂にある場合を変化量0とした）と浸水開始降雨強度の関係をプロットしたものである。図-5には管径の変更の効果、図-6には流出係数変更効果の計算結果を示した。

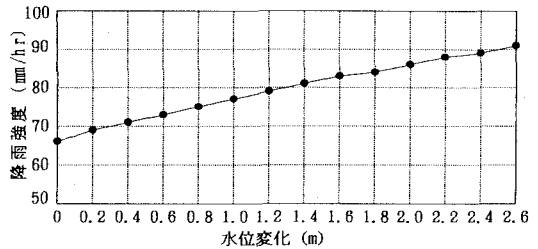


図-4 ポンプ井水位変更と浸水開始降雨強度の関係

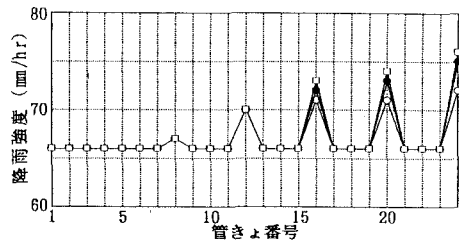


図-5 管径変更と浸水開始降雨強度の関係
（管径変更 ○:1.2倍 ●:1.5倍 □:2倍）

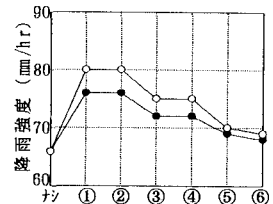


図-6 流出抑制効果
（流出係数変更場所は図-3参照）
流出係数 ○:0.2 ●:0.4

4. まとめ

本報告の概要は以下のようにまとめられる。

- (1)雨水排除系の機能を浸水防止、計画範囲を排水区、対象施設を管路系とした場合の解析方法として、ある程度長時間継続する降雨を対象とする排水区規模の解析法を示した。
- (2)本解析法の応用例として合理式を用いて設計された管路網の特徴を浸水発生降雨強度、浸水量を用いて検討する場合と、既設管路網の改善を検討する場合を示した。