

関西大学大学院 学生会員 宮本直也

関西大学工学部 正 会 員 和田安彦

同 上 正 会 員 三浦浩之

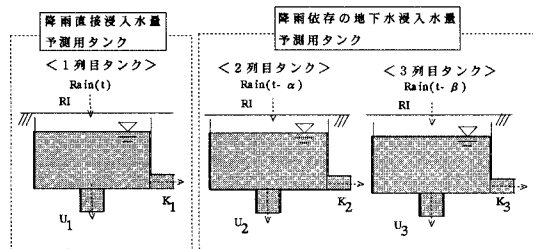
1. はじめに

下水管路への過大な浸入水は、管路の流下能力以上の下水流下、それに伴う都市域の浸水、終末処理場における処理水量の増大による放流水質の水質悪化など様々な問題を引き起こしている。そういった問題は、既に老朽管の多い海外でも取り上げられ、その対応策が検討されている¹⁾。そこで我々は、下水管路への浸入水、特に雨天時に顕著に見られる降雨依存の浸入水量を予測することを目的に、浸入水の発生機構を踏まえた予測シミュレーションモデルを構築した²⁾。また、構築したシミュレーションモデルにおける解析係数を、解析対象地域の予備調査から得られる地域特性や管路の設計条件の情報から求める推定式を重回帰分析を用いて求めた³⁾。そこで今回、浸入水発生に直接影響を及ぼす管路の欠陥状況が解析係数にどのように影響するかを重回帰分析を用いて検討した。

2. 下水管路浸入水量予測モデルの概要

雨天時に発生する降雨依存の浸入水は、降雨後直ちに管路へ浸入する「降雨直接浸入水」と、降雨終了後も徐々に管路へ浸入する「降雨依存の地下水浸入水」とに分けることができる。雨天時における浸入水の発生形態がこのように2種類存在することを踏まえて、通常の直列型タンクモデルを並列型にすることで各タンクに異なる時間帯の降雨量を入力値とする浸入水量予測モデルを構築した（図-1）。モデルにおける各タンクへの入力降雨時間帯は、浸入水発生時間帯より24時間前までの時間降雨量を独立変数とした重回帰分析（変数選択法）を行い、対象地域における降雨浸入水に影響を及ぼす時間帯を推定した。また、タンクモデルの各係数は実測浸入水の変動を表せるように設定した²⁾。構築したモデルを用いて雨天時における実測の管路流量を十分に再現できることを確認した（図-2）。

さらに、モデルにおける各係数と対象地域の予備調査から得られる地域特性や管路の設計条件との関連性を分析し、各推定式を求めた³⁾。

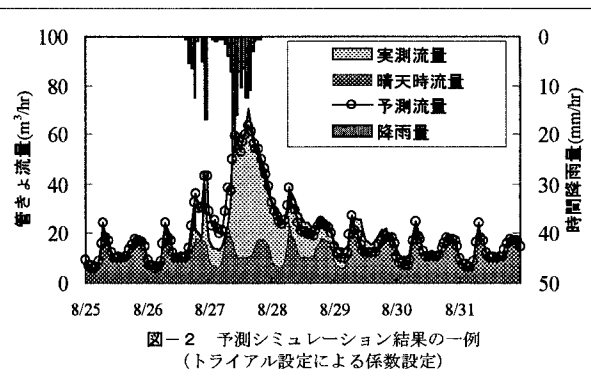
Rain(t) : 浸入水発生時刻 t の降雨量Rain($t-\alpha$) : α 時間前の降雨量Rain($t-\beta$) : β 時間前の降雨量

RI : 降雨浸透率

Kn : 管路への浸入率

Un : 地下への浸透率 ($n=1, 2, 3$: タンク番号)

図-1 降雨浸入水予測用タンクモデルのイメージ

図-2 予測シミュレーション結果の一例
(トライアル設定による係数設定)

3. 解析係数と管路の欠陥情報の関連分析

(1) 関連分析の意義とその手法

雨天時における浸入水は、管路の破損部分、マンホール蓋、誤接合部分など管路の欠陥部分から発生する。このことから、雨天時の浸入水発生量は管路の欠陥状況に大きく依存すると考えられる。それに伴い、予測モデルの各係数も管路の欠陥状況に大きく影響を受けると考えられる。そこで、先に行った解析係数と地域特性・管路の設計条件との関連分析をさらに発展させ、地域特性・管路の設計条件および管路の欠陥情報を独立変数とする重回帰分析（変数選択法）を行い、関連性を検討した。

(2) 分析結果

関連分析を行うため、検討した管路の欠陥項目および地域特性の項目を表-1に示す。重回帰分析を行った結果より得られた雨水浸透率(RI)の回帰式と相関係数を表-2に、変数の説明を表-3に示す。RIは降雨が雨水浸入率に与える影響の度合いを示しており、分析結果から、浸透面積率および単位面積当たりの管路延長が高くなれば、RIも高い値となることが分かった。また、管路への浸入率(K_n : $n=1,2,3$)の回帰式と相関係数を表-4に、変数の説明を表-5に示す。得られた回帰式から、1列目タンクの管路浸入率 K_1 は継手数と最も関連性があり、単位面積当たりの継手数が多くなれば、降雨後直接管路へ浸入する水量が多くなる傾向が見られた。2列目タンクの管路浸入率 K_2 は、管路の欠陥項目のます不良率および取付管数に関連性がみられた。この結果から、対象地域における浸入水がますの不良箇所からの浸入が多いことがわかる。また、降雨終了後ももっとも遅く管路へ浸入する3列目タンクの管路浸入率 K_3 は、誤接合率および取付管不良率との関連性がみられた。これは、雨水が地盤に一旦浸透したあと地下水となって管路へ浸入する際、取付管不良などの管路の欠陥箇所から浸入することを表している。

得られた回帰式の相関係数はどれも高い値を示しており、今回、重回帰分析を行う対象とした地域（1地域：33.2ha，4区域）の今後の浸入水予測において、上述の回帰式を用いて推定できる。

4. まとめ

構築した雨水浸入水予測モデルにおける各係数は、浸入水発生の直接原因である管路欠陥状況に大きく影響すると考え、その関連性を解明するため重回帰分析（変数選択法）を用いて分析した。その結果、雨水浸入率(RI)は、解析地域の浸透面積率や単位面積当たりの管路延長と関連性があることが分かった。また、管路への浸入率(K_n : $n=1,2,3$)は、継手数、取付管不良など浸入水の直接経路となる項目と関連性があることが分かった。

【参考文献】

- 1) U.S.EPA, "Handbook for Sewer System Infrastructure Analysis and Rehabilitation," EPA/625/6-19/030, 1991.
- 2) 和田，三浦，八谷：降雨浸入水量発生機構のモデル化と予測シミュレーション，第32回下水道研究発表会講演集，1995
- 3) 和田，八谷，宮本：下水管きょ浸入水の発生量予測モデルの一般化に関する研究，第33回下水道研究発表会講演集，1996

表-1 管路の欠陥項目および地域特性

管路の欠陥項目	地域特性項目
①誤接合率	⑤継手数 (個/ha)
②取付管不良率	⑥管路延長 (m/ha)
③ます不良率	⑦マンホール数 (個/ha)
④マンホール不良率	⑧取付管数 (本/ha)
	⑨浸透面積率

表-2 雨水浸透率の推定式

推定式	相関係数
$RI=0.00047Ke+0.55Si$	0.87

表-3 推定式の変数（雨水浸透率）

変数	変数名
RI	雨水浸透率
Ke	単位面積当たりの管路延長(m/ha)
Si	取付管不良率

表-4 予測用タンク係数の推定式

推定式	相関係数
$K_1=0.0014Tg-0.014$	0.99
$K_2=0.28Mf+0.0044Tk$	1.00
$K_3=12.11Gf+0.15Tf-0.32$	0.95

表-5 推定式の変数（雨水浸透率）

変数	変数名
K_i	i 列目の管きょ浸入率
Mf	ますの不良率
Tg	単位面積当たりの継手数 (個/ha)
Tk	単位面積当たりの取付管数 (本/ha)