

SURKNETモデルによる都市流出シミュレーション

愛媛大学工学部 正員 豊田永次、 渡辺政広
愛媛大学大学院 学生員 ○ 濱田寛正

都市域の雨水排水管路システムで発生する開水路流れ、パイプ流れ、さらに地表面たん水をもシミュレートする管路流出モデルとその簡易化について検討を進めている。本報告では、簡易モデルの1つとして検討を進めているSURKNETモデルをとりあげ、遷移流（開水路流れとパイプ流れ）の取り扱いについて、基本的なパイプシステムを対象に、数値実験的に検討した結果を述べる。

1. SURKNETモデルの概要

管路システムの流出を実用的にシミュレートするため、開水路流れとパイプ流れに分けて取扱う。開水路流れに対してkinematic wave 近似を適用し、サーチャージ流れに対して定常管路の式とマンホールでの連続式を組合せて用いる。なおこのとき、遷移流れの取扱いが重要となる。

1) 開水路流れ（図1）；マンホールと管路の各分割区間に分けて取扱う。まず管路の分割区間には、連続の式、ならびに Manning 型の等流を区間にわたり積分して得られる貯留に関する式を適用する。次にマンホールでは、貯留効果を考慮した連続の式、ならびに Manning 型の等流を仮定した流出量の式を用いる。

2) パイプ流れ（図1）；管路とその上流マンホールからなるエレメントを一体として取扱う。まず上・下流マンホールの水位差（ $H_u - H_d$ ）がエネルギー水頭差を表現して仮定し、パイプ流量を定常管路の式を用いて表わす。次にエレメントの連続式は、上流マンホールにおける貯留効果を考慮した連続の式により表わされる。

3) 遷移流れ（開水路流れとパイプ流れ）

i) 開水路流れからパイプ流れへの遷移；まずサーチャージが下流へ伝播する過程を次のように取扱う。マンホールあるいは分割区間下流端の水深見がれ $> 0.91D$ （ D ：管径）となる時、それらの流量を Q_0 （等流満管流量）に設定する。次に遷移が完了した時点でのパイプ流れは、図2に示すように、遷移完了時のマンホール水位 H_{u1} およびパイプ流量 $Q_1 = Q_0$ をもって仮定する（遷移条件-1）。

ii) パイプ流れから開水路流れへの遷移；まず遷移の過程を次のように取扱う。上流マンホール水位が管路入口の管頂を下回るとき、あるいは下流マンホール水位が管路出口の管頂を下回るとき、エレメント全体にわたり、1つの時間ステップの間に遷移が起こるものとする。次に遷移が完了した時点での開水路流れは、図3に示すように、流量 Q_1 が Q_0 の等流に近似すると仮定する（遷移条件-1'）。

2. 遷移流れの取扱いに関する検討

上述した遷移流れの取扱いにおける遷移完了時の流れの取扱いについては、この時点における水位に不連続が生じない条件設定が採用されている。ところがこうした条件の設定のもとでは、流量の不連続が生じ易く、不安定な流

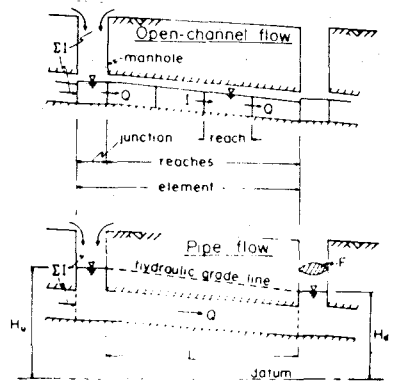


図1 開水路流れとパイプ流れ

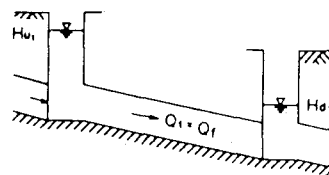


図2 開水路流れからパイプ流れへの遷移（遷移条件-1）

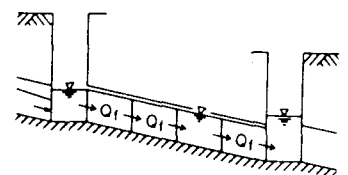


図3 パイプ流れから開水路流れへの遷移（遷移条件-1'）

れが発生すること考えられ。そこでつぎに、流量に不連続が生じない条件の設定について考える。i) 開水路流れからパイプ流れへの遷移が完了した時点におけるパイプ流量は、図4に示すように、パイプ流量 $Q_1 = Q_2$ ならばこの流量のもと

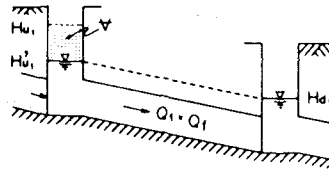


図4 開水路流れからパイプ流れへの遷移(遷移条件-2)

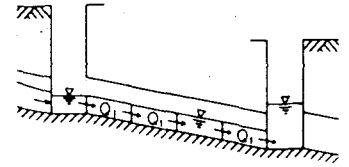


図5 パイプ流れから開水路流れへの遷移(遷移条件-2')

での下流マンホール水位 H_{d1} に対応する上流マンホール水位 H_{u1} をもって仮定する(遷移条件-2)。このとき H_{u1} と H_{u1}' との間の水量は流入流量として扱う。ii) パイプ流れから開水路流れへの遷移が完了した時点における開水路流れは、図5に示すように、流量がこの時点のパイプ流量 Q_1 に等しい等流と仮定する(遷移条件-2')。

3. 数値実験による流出シミュレーション結果の検討

上述した遷移条件の取扱いと流出シミュレーション結果との関係について、図6および表1に示すパイプシステムの各マンホールに三角型の流入ハイドログラフ(図7)を与えて流出シミュレーションを行い、これらのシミュレーション結果を対比して検討した。これらの結果を要約すると次のようである。

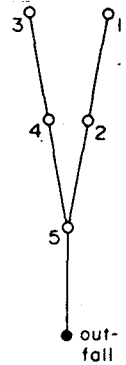


図6 検討に用いたパイプシステム

i) 遷移(開水路流れからパイプ流れ)が上流から下流へと伝播する出水(パイプシステムBで発生)の場合についてみると(図8)、遷移条件の取扱いの違いが流出シミュレーション結果に与える影響は実用上、無視しうる程度である。ii) 遷移が下流から上流へと伝播する出水(パイプシステムAで発生)の場合(図7)には、その影響はかなり顕著に表れる。まず開水路流れからパイプ流れへの遷移条件に水位を主体とする遷移条件-1を用いるときの流出ハイドログラフをみると、不安定な振動が現われる特性が見受けられる。一方流量を主体とする遷移条件-2を用いる場合には、そうした振動はかなり小さくなる。次にパイプ流れから開水路流れへの遷移条件に条件-1を用いるときの流出ハイドログラフをみると(図7)、遷移時に急激な流量ピークが現われる特性がみられ、これが流れの不安定を引き起こすことも考えられる。一方遷移条件-2'を用いる場合には、こうした流量の変動はなく、安定している。

表1 検討に用いたパイプシステムの管渠の諸元

SEWER PIPE SYSTEM A	PIPE NO.	1,3	2,4	5
	DIAMETER	0.30	0.35	0.40m
	SLOPE	0.0045	0.0055	0.0055
	LENGTH	50	50	50m
	MANNING'S n	0.015	0.015	0.015
	MANHOLE DIAMETER :	1.5 m		

SEWER PIPE SYSTEM B	PIPE NO.	1,3	2,4	5
	DIAMETER	0.30	0.35	0.50m
	SLOPE	0.0025	0.0060	0.0065
	LENGTH	50	50	50m
	MANNING'S n	0.015	0.015	0.015
	MANHOLE DIAMETER	1.5 m		

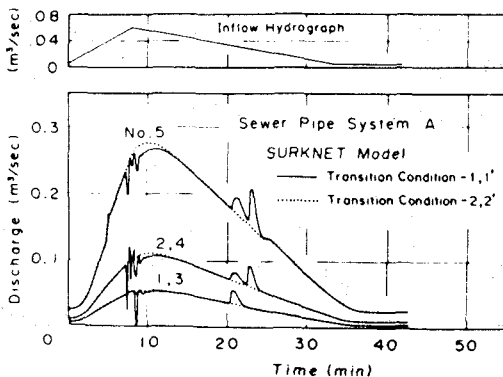


図7 流出シミュレーション結果(パイプシステムA)

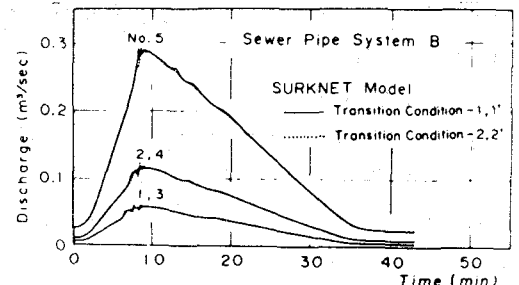


図8 流出シミュレーション結果(パイプシステムB)