

都市域の雨水排水管路システムにおける流出モデルの簡易化に関する検討

愛媛大学工学部 正 員 豊國永次, 渡辺政広
愛媛大学大学院 学生員 ○ 竹内 明

都市域の雨水排水管路システムにおけるサーチャージを伴う流出を実用的にシミュレートしうる管路流出モデルについて検討を進めている。本報告では、近年欧米諸国で広く用いられ、その発展が注目されている Storm Water Management Model (EXTRAN モデル) を取り上げ、本モデルの適用性について、数値実験による吟味と、実流域(松山市街地の調査流域)への適用を通して検討を進めた。

1. SWMM (EXTRAN モデル) の概要

管路システムで発生する開水路流れとサーチャージ流れを共に dynamic wave として取り扱う。またこれらの流れを実用的にシミュレートするため、図1に示すように、管路システムを link - node 表示し、link (管路) 内の流れには運動方程式を、node (分合流点) には連続式を適用する。

(1) 開水路流れおよびサーチャージ流れの基礎式 ; 開水路流れに対し、link 内の流れには通常の開水路非定常流の運動方程式を、node における連続関係には貯留型の連続式を適用する。サーチャージ流れに対し、link には通常の水路非定常流の運動方程式を適用する。また node には、 $\sum Q(t) = 0$ ($\sum Q(t)$: 時刻 t における流入・出流量の合計) に変えて、実用解析に適した形の連続式を用いる。

(2) 遷移流の取扱い ; node に接続する各管路の中で最も高い管頂高をもつ管路の水深 y がその管径 D に対し、 $D \leq y \leq 1.25 D$ の範囲にあるとき、この node およびこれに接続する各 link における流れを遷移流として取り扱う。link 内の流れには上述した開水路あるいは水路の非定常流の運動方程式を、node における連続関係には次の(1)式を適用する。 $\Delta H = (\sum Q) / (\text{DENOM})$, $(\text{DENOM}) = \sum (\partial Q / \partial H) + \alpha \{ (As / \Delta t) - \sum (\partial Q / \partial H) \}$, $\alpha = \exp. \{-1.5 (y - D) / D\}$ — (1) ここに、 H 、 ΔH 、 $\sum Q$: 水位、水位増分、流入・出流量の合計、 Q 、 $\sum (\partial Q / \partial H)$:

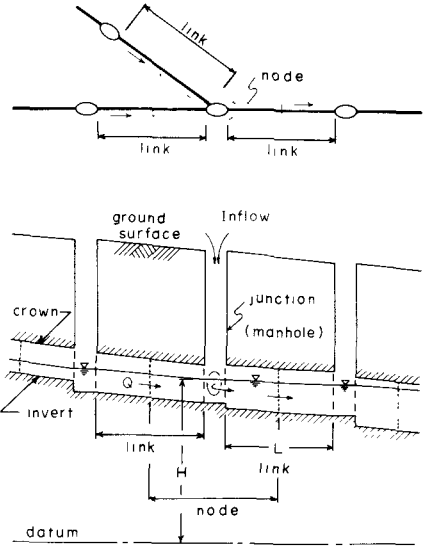


図1 link - node 表示

図2 検討に用いた基本的な管路システム

表1 検討に用いた基本的な管路システムとそれらの諸元

管路 システム	諸 元	パイ プ 番 号		
		1, 3	2, 4	5
A - 1	管 径	0.4 m	0.5 m	0.6 m
	こう配	0.002	0.002	0.002
A - 2	管 径	0.8	0.9	1.0
	こう配	0.002	0.002	0.002
B - 1	管 径	0.4	0.5	0.7
	こう配	0.0025	0.006	0.0065
B - 2	管 径	0.6	0.7	1.0
	こう配	0.0025	0.006	0.0065
管渠長: 50 m		粗度係数: 0.015		
マンホール径: 1.5 m				

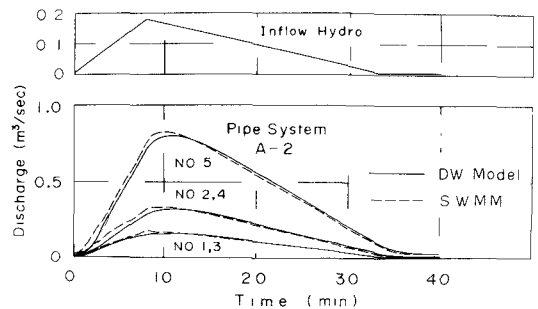


図3 流出シミュレーション結果 (開水路流れの出水)

nodeに接続する各管渠の流量、 $(\partial Q/\partial H)$ の総和、 $A_s : y=0.96D$ に対応する node の水表面積。

2. SWMMの適用性に関する検討

上述のモデルを、はじめに基本的な管渠システムに、次いで調査流域 ($A = 0.234\text{km}^2$) に適用し、詳細な流出モデル (DWモデル) による結果ならびに実測結果と対比してその適用性を調べた。

(1) 基本的な管渠システムにおける検討

検討に用いた管渠システムを図2および表1に示す。管渠システムの流出が開水路流れの出水ならびにサーチャージを伴う出水について、各マンホールに三角形の流入 hydro. を与えて流出シミュレーションを行ない、これらをDWモデルによる結果と対比して検討した (図3, 4)。これより、本モデルの適用に関して次の諸点が指摘される。i) 詳細に見ると、開水路流れの出水部分で、SWMMによる流出は若干早く、かつ僅かながら大きく現れる特性が見られる。ii) しかし実用上からはこれらの差異は小さく、両モデルによる結果はほとんど一致していると言える。

(2) 実流域における検討 ; はじめに調査流域 (松山市街地の1幹線排水区域) の流域モデリングを進め、9つの等価斜面と支線および幹線の管渠 (計74本) からなる等価流域 Model II (図5) を作成した。次に調査流域で観測した中小出水を対象に、本モデルによる流出シミュレーション結果を実測結果ならびにDWモデルによる結果と対比して検討した (図6, 7)。これより、SWMMによる結果の諸特性ならびにその適用性について次の諸点が指摘される。i) SWMMによる流出シミュレーション結果の適合性はDWモデルのそれとほぼ同程度で、これらのシミュレーション結果は実測結果にみられる流量変動の特性を良く再現 (流量ピークの相対誤差は10%以内) している。ii) 流出シミュレーションに要する時間を両モデルで比較すると、SWMMのそれはDWモデルのおよそ $1/10 \sim 1/5$ 程度になる。

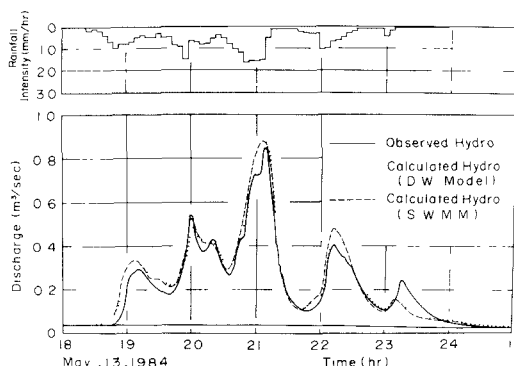


図6 流出シミュレーション結果 (中小出水)

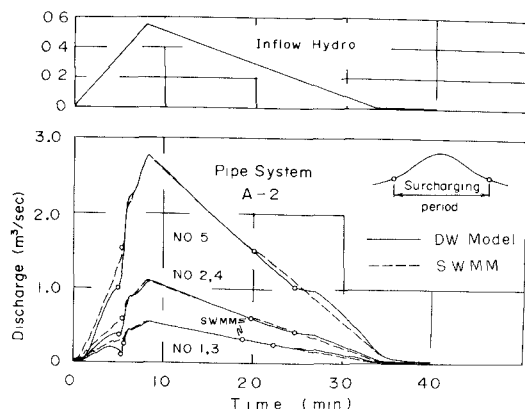


図4 流出シミュレーション結果 (サーチャージを伴う出水)

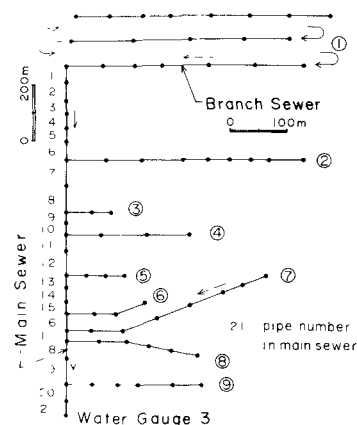


図5 調査流域の管渠システム (等価流域 Model II)

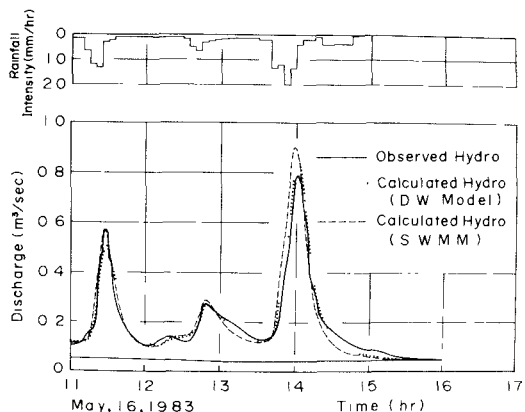


図7 流出シミュレーション結果 (中小出水)