

愛媛大学工学部 正 員 豊国永次, ○渡辺政広
愛媛大学大学院 学生員 伊藤秀雄

都市域の流域モデリングと雨水管渠排水システムの流出モデルについて検討を進めているが、本報告では、サーチチャージを伴う管渠流出モデルの簡易化について、近年提案された SURKNET モデルをとりあげ、松山市街地域に適用して、実測結果ならびに詳細な管渠流出モデル (Dynamic Wave モデル) による結果と対比し、本モデルの適用性を検討した。

1. SURKNET モデルの概要 (図1, 2)

管渠システムで発生するサーチチャージを伴う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。なお対象とする管渠システムは tree タイプとする。

開水路流れの基礎式 (図1) ; 管渠とマンホールの部分に分け、管渠ではさらにいくつかの区間 (reach) に分割して取扱う。まず管渠の分割区間における連続の式、および Manning 型の等流を空間積分して得られる貯留に関する式は、それぞれ次式のように表わされる。

$$dS/dt = I - Q \dots (1) \quad , \quad S = 0.181 n^{3/5} S_0^{3/10} (\Delta L) (\phi D)^{2/5} (I^{3/5} + 5Q^{3/5}) \dots (2)$$

ここに、S : 分割区間の貯留量、I : 流入量、Q : 流出量、t : 時間、D、S₀、n : 管渠の直径、こう配、粗度係数、φ : 流水断面積の中心角、ΔL : 分割区間の長さ、単位は m-sec。次にマンホールにおける連続の式およびマンホールよりの流出量 Q の式 (管渠入口で Manning 型の等流を仮定) は、それぞれ次式のように表わされる。

$$F(dH/dt) = (\Sigma I) - Q \dots (3)$$
$$Q = 0.496 n^{-1} S_0^{1/2} D^{8/3} (\phi \sin \phi)^{5/3} \phi^{-2/3} \dots (4)$$

ここに、F : マンホール水面積、H : 水位、ΣI : 流入量の合計、単位は m-sec。

サーチチャージ流れの基礎式 (図1) ; 管渠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。まずマンホール水位がエネルギー水頭を表わすと仮定すると、パイプ流量 Q の式は、定常管路の式を用いて次のように表わされる。

$$Q = \gamma (H_u - H_d)^{1/2} \dots (5)$$
$$\gamma = [(K_u + K_d) / (2gA_f^2) + n^2 L / (A_f^2 R_f^{3/4})]^{-1/2}$$

ここに、H_u, H_d : 上流, 下流マンホール水位、A_f, R_f, L : 管渠の断面積, 径深, 長さ、K_u, K_d : 入口, 出口損失係数、g : 重力加速度。次にエレメントにおける連続の式は (3) 式と同様に表わされる。なお計算に際し、下流マンホール水位 H_d は 1 つ前の時間ステップの値で近似し得るとする仮定が用いられる。

遷移 (開水路流れ⇄パイプ流れ) の取扱い ; まず開水路流れからパイプ流れへの遷移が下流へ伝播する過程を図2に示す。マンホールあるいは分割区間下流端の水深 h が h > 0.91D となると、マンホールあるいは分割区間はサーチチャージし、流出量は Q_f (満管流量) に設定される。次にパイプ流れから開水路流れへの遷移は、マンホール水位が管渠入口の標高を下回るとき、あるいは下流マンホール水位が管渠出口の標高を下回るとき、エレメント全体にわたり、1 つの時間ステップの間に起こるとされる。

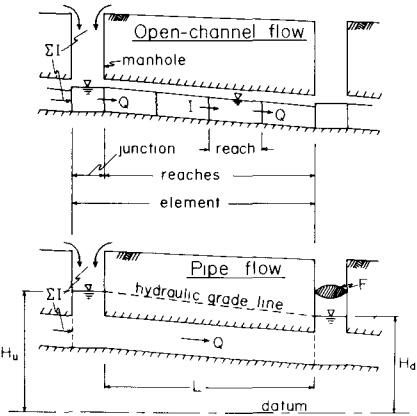


図1 開水路流れとパイプ流れ

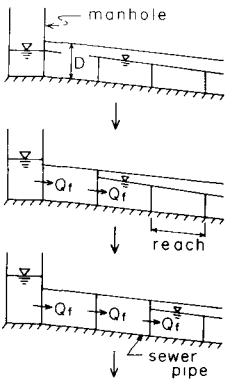


図2 サーチチャージの下流への伝播

地表面たん水の取扱い；マンホールより地表面上へ溢水した流出水について、実用上の立場から、ここではマンホール地点を囲む特定面積のたん水域に水平貯留されるものとして取扱う。

2. 松山市街地域への適用

調査流域；調査対象とした松山市街地の1幹線排水区域（ $A = 0.234 \text{ km}^2$ ）は、幹線管渠延長1,250mの細長い流域で、不透透域が流域の84.4%を占める。

流域モデリング；ここでは実用上の等価流域 Model II（図3）を作成した。管渠システムは幹線（ $\phi=500 \sim 1,000 \text{ mm}$ ），支線（ $\phi=250 \sim 700 \text{ mm}$ ）合計74本の管渠からなり、こう配は1/300 $\sim$ 1/125と全体に急である。

開水路流れの流出に対する検討；上述の流域 Model II と SURKNET モデルを用い、まず管渠システムで開水路状態で流出する中小出水を対象に流出シミュレーションを行い、実測結果ならびにDWモデルによる結果と対比、検討した（図4，5）。SURKNETモデルによる結果を実測結果と対比すると、全般的にやや扁平化した流出ハイドログラフとなるが、実状に近い流出システムをもつ基準流域モデルを用いるとさらに精度の高い結果が期待できる。またDWモデルによる結果と対比すると、出水の全体を通じて殆んど一致した結果となる。これは対象とした管渠システムのこう配が全体に急で、背水、貯留効果が小さいためと考えられる。

サーチャージを伴う流出に対する検討；昭和54年6月梅雨前線豪雨を対象に流出シミュレーションを行った。幹線下流端の流量ハイドログラフ（サーチャージ期間）を実測結果およびDWモデルによる結果と対比して図6に、幹線管渠における水面変動の状況（サーチャージ期間，上昇期）を図7に示す。図6よりSURKNETモデルによる結果は全体的にやや小さい流量値を与えているが、実測結果に見られる貯留効果の大きい抑制された流量変動の特性を良く再現しており、本モデルの有用性がうかがえる。

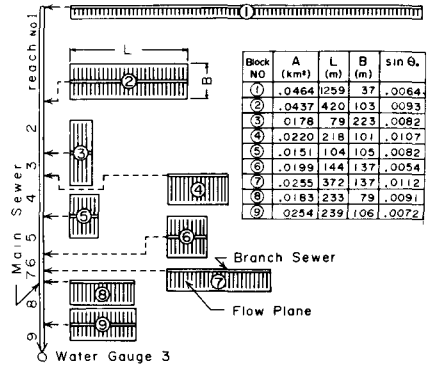


図3 調査流域の等価流域 Model II

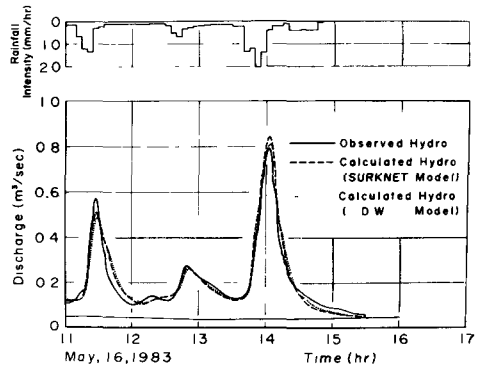


図4 流出シミュレーション結果（開水路流れの出水）

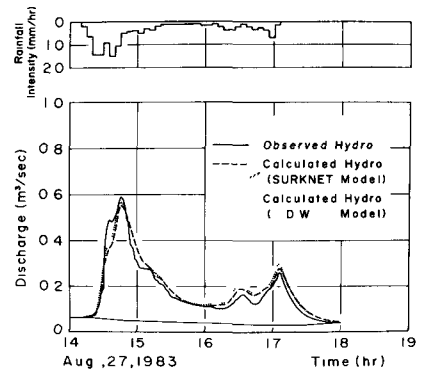


図5 流出シミュレーション結果（開水路流れ）

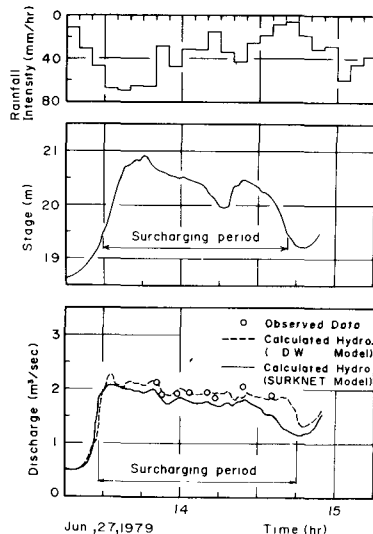


図6 昭和54年梅雨前線豪雨の流出観測記録と流出シミュレーション結果

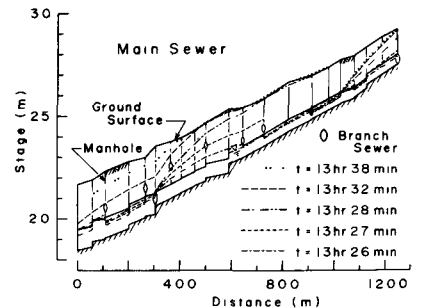


図7 幹線管渠における水面変動（サーチャージ期間，上昇期）