

近年, 都市下水路システムで, 豪雨時に発生するサーチャージに伴う流出の問題が重要となってきた。こうした流出をシミュレートするモデルについてこれまで検討を進めているが, 本報告では, はじめに *dynamic wave* (*D.W.*) モデルを用いて解析する際のモデル・パラメーター (α 値) と流出 *hydrograph* との関係について検討し, 次にこうした流出モデルの簡易化について, 実用性を主に提案された *SURKNET* モデルを取り上げて検討した結果を述べる。

1. *D.W.* モデルにおけるモデル・パラメーター (α 値) と流出 *hydrograph* との関係に関する検討

モデルの概要; 雨水路流れとパイプ流れが発生する下水路システムの雨水流出を詳細にシミュレートするため, 両流れ共 *dynamic wave* として取扱う。雨水路不足流の基礎式は(1)式の関係を用いるとパイプ流れへも適用でき, これより雨水路流れとパイプ流れと統一して取扱うことができる。 $C = \sqrt{gA/B} = \alpha \cdots (1)$ ここに C は雨水路流れの伝播速度, α はパイプ流れの圧力波の速度, A , B は流水断面積, 水面幅 (パイプ流れでは仮想のスロット幅)。

下水路システムにおけるパイプ内圧力波の速度; 圧力波の速度 α 値は円形の鋼管や鉄筋コンクリート管に対して一般に $1000 \sim 1400 \text{ m/sec}$ 程度となるが, 空気混入の増加と共に急激に低下する。多数の分合流英をもつ都市下水路システムでは, かなりの空気混入がみこまれ, モデル・パラメーター α 値は凡そ数 $10 \sim$ 数 100 m/sec の範囲となろう。

モデル・パラメーター (α 値) と流出 *hydro.* との関係; 実用上上述の α 値が定数として取扱えるところ都合となる。そこで α 値の大きさ ($10, 50, 100, 200, 400 \text{ m/sec}$) が流出 *hydro.* に及ぼす効果について, システム構成の異なる各下水路システムを対象に数値実験により検討した。まず, 実流域の幹線排水区にみられる規模の下水路システム (Fig. 1) について, 支線の各マンホールに流入 *hydro.* を与えたとき, 幹線下流端の流量 *hydro.* (サーチャージ期間) を Fig. 2 に示す。全般的に流出波形は扁平化し, 流出応答の遅慢は流量 *hydro.* となる。 α 値が $10, 50, 200 \text{ m/sec}$ と増大するにつれ, 流出応答は上昇期に僅かに変動する特性が見られ, 流量ピークの近くで流量 *hydro.* が僅かに増加する傾向が見られる。しかしそれらは僅かなもので, 検討した α 値の範囲では実用上差異がないとして取扱えよう。

次に, Fig. 1 の下水路システムにおける支線数と順次減じ, システム構成を変えて (Fig. 3) 検討した。支線数が 5 本および 0 本の下水路システムにおける幹線下流端の流量 *hydro.* (サーチャージ期間) を Fig. 4 および 5 に示す。Fig. 2, 4, 5 より一般に α 値が

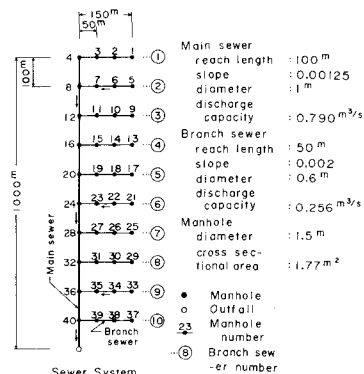


Fig. 1 実流域規模の下水路システム (支線数: 10)

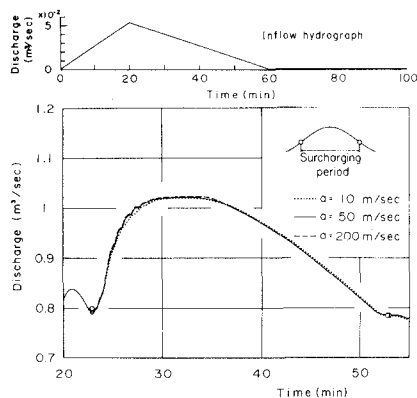


Fig. 2 圧力波の速度と流出 *hydro.* (支線数: 10)

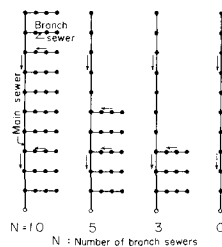


Fig. 3 構成 (支線数) の異なる各下水路システム

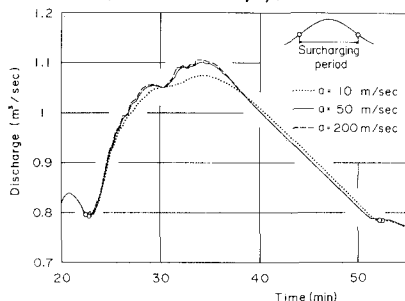


Fig. 4 圧力波の速度と流出 *hydro.* (支線数: 5)

10, 50, 200, 400 m/sec と増大するにつれ、流出波形は鋭敏となり、流量ピークは大きく、かつ早くなる傾向が見られる。しかし支線のある下水路システムではそれらは僅かなものとなる。次に α 値が 50 m/sec 程度以上の結果をみると、各下水路システムの場合共、流量 hydro. が殆んど一定の波形に近づく特性が見られ、特に Fig. 1 の下水路システム（支線数 10）では、モデル・パラメータ α の値と計算に便利な数 10 m/sec 程度の値としてよいであろう。

2. 流出モデルの簡易化に関する検討 (SURKNET モデルの検討)

D. W. モデルの簡易化について、ここでは実用性を主に提案された SURKNET モデルを取り上げ、数値実験により検討した。

モデルの概要；下水路システムの雨水流出と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を組合せて取扱う。開水路流れに対しては kinematic wave 近似を適用し、マンホールでは連続式と Manning タイプの流量の式と、またパイプ内各 reach では連続式と等流を仮定した貯留方程式とそれぞれ用いる。サーチャージの状態では常管路流れの式とマンホールでの連続式を組み合わせ、サーチャージに各パイプおよびマンホールに適用する。ここで下流マンホール水位は 1 つ前の時間ステップの値により近似しうると仮定し、追跡計算の簡化が図られる。なおマンホールあるいはパイプ内各 reach における水深 h が管径 D に対して次の不等式、 $h \geq 0.91 D$ を満たす状態となる時、開水路流れとパイプ流れへの遷移が起るものとしている。

モデルの検討；Fig. 1 の下水路システムを対象に、SURKNET モデルによるシミュレーション結果と D. W. モデルによるそれと対比して検討した。まず、開水路流れの領域について、流入 hydro. と支線の各マンホールに与え、幹線各マンホール地点の流量 hydro. (Fig. 6) を求めた。支線下水路への背水とこれによる貯留の効果が入らない SURKNET モデルによる結果は、ピーク付近で過大に、下降期では過小となる傾向を示す。しかしピーク流量の相対誤差は幹線下流端においても 10% 程度以内に収まる。次に、サーチャージを伴う流出について、流入 hydro. ならびに流出の規模を変えて検討した幹線下流端の流量 hydro. を Fig. 7 および 8 に示す。サーチャージ期間についてみると一般に、D. W. モデルでは背水ならびに貯留の効果により、全般的に扁平化した流量 hydro. となる。一方こうした効果が十分に入らない SURKNET モデルでは、流出応答の鋭敏な流量 hydro. となり、ピーク流量は大きくかつ早く現われる特性が見られる。しかしサーチャージが下水路システムのほぼ全域に及び規模の流出になると (Fig. 8)、システム内の貯留効果の見積りに余り差がみられなくなり、両モデルによる流量 hydro. の特性が次第に近似するようになる。

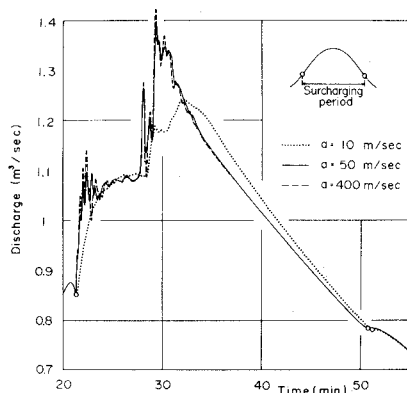


Fig. 5 圧り波の速度と流出 hydro. (支線数: 0)

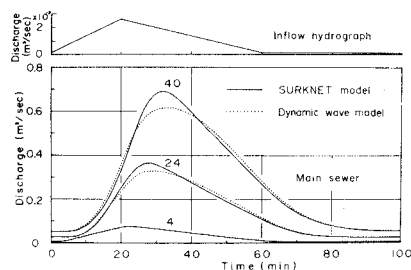


Fig. 6 開水路流れの領域に対する検討

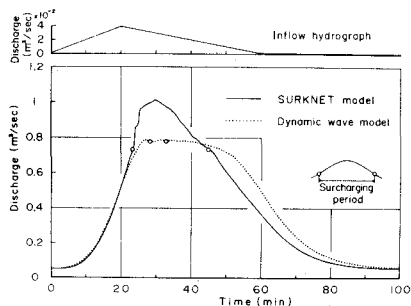


Fig. 7 サーチャージがシステムの一部 (幹線下流部) で起る場合

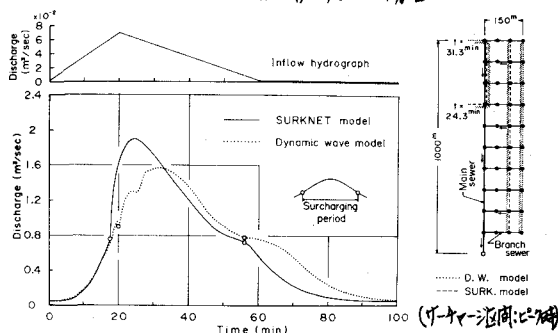


Fig. 8 サーチャージがシステムのほぼ全域に及び場合