

II-41

大規模下水道による雨水排除システム分析

(株)日水コン 正員 藤田行人
(株)日水コン 正員 蔵重俊夫
(株)日水コン 正員 高橋正人
(株)日水コン 正員 田中成尚

1. はじめに

近年合流式下水道が整備されている都市域において、急速な市街化による慢性的な浸水の抜本的な解決策として大規模な下水道施設が計画されてきている。このような施設を計画する場合、浸水防除という目的に加え、年間頻繁に発生する小降雨時の汚濁のファーストフラッシュ時の越流水をカットする、すなわち滞水池としての利用目的を併せ持たせれば費用、効果、即効性の面において合理的と考えられる。本稿はこうした下水道施設を多目的に使用する場合の計画について分析を行なったものである。このような施設においては、本来的に、浸水対策の目的が汚濁負荷削減目的に対し、絶対的に優先されるべきといえる。従って目標とする浸水対策機能を確保した上で、雨天時操作に支障を及ぼさない汚濁対策容量を運転の操作性と汚濁削減効果とのトレードオフ関係に着目して、計画する方法論を提案するものである。¹⁾

2. 多目的問題としての問題の明確化

本稿で取り扱う雨水排除システムの概要は図1に示すものである。すなわち浸水対策としての施設機能（管渠施設諸元、ポンプ能力、浸水防除用ピークカット流量）を決定されたものとして考え、同施設の運用計画を策定するものである。このような2つの目的を兼ねる施設運用計画は以下のように分類される。

運用方法 { 適応制御方式 { ON-LINE制御方式 - 時々刻々ポンプ制御を行なう方法
事前放流方式 - 浸水可能性のある降雨を予知したときに全量放流
容量分割方式 { 可変分割方式 - 例えば季節別に汚濁対策用貯留量を設定する方法
固定分割方式 - 一定の汚濁対策用貯留量を設定する方法

これらの運用方法の中で現在の技術レベル及びメンテナンスの実用性を考慮すれば、固定分割方式の採用が最も合理的と考えられよう。さらに同運用方法を採用する上では、計画変数として汚濁対策用分水量（ Q_p ）および汚濁対策用貯留量（ S_p ）を上げることができる。両変数の最適値の算定方法として、本稿では図2に示す方法を提案する。すなわち①決定すべき計画変数を明確にする。②目標とする浸水対策機能を実現するピークカット流量を決定する。③汚濁負荷流出解析を行なうことにより、ファーストフラッシュの効率的な捕捉という観点から分水量（ Q_p ）の代替案をいくつか設定する。④計画変数として決定すべき貯留量（ S_p ）の代替案をいくつか設定する。⑤ Q_p 、 S_p の代替案に対して、目標とする運転の容易性が確保できるかどうか評価する。⑥ Q_p 、 S_p の代替案に対してそれが許容可能であれば汚濁対策評価の分析を行なう。⑦両目的間のトレードオフ関係を

定量的に把握し、これを運転の容易性（ E_f ）および汚濁負荷削減効果（ E_p ）の目的空間への写像を行い、両

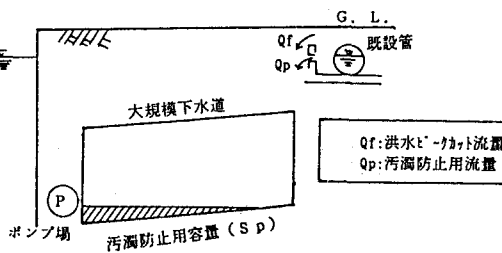


図1. 大規模下水道を用いた雨水排除システム

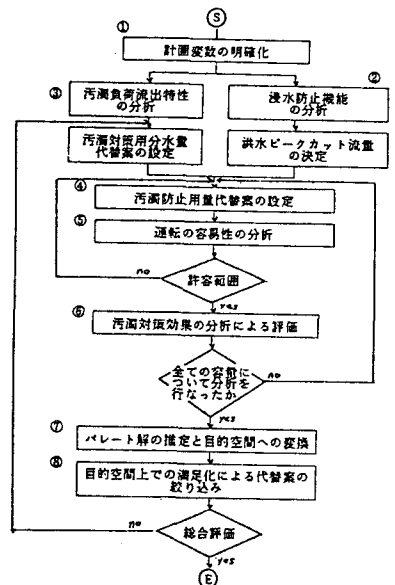


図2 計画プロセスの概要

目的間の関係を明らかにする。⑧目的空間上で、意志決定者の許容性あるいは選考性を考慮し、意志決定者が満足する代替案を絞り込む。⑨絞り込みを行なった代替案に対して、経済性、施行性、操作性などの観点より総合評価を行い最適解を求める。上記分析方法に対して、運転操作の容易性及び汚濁負荷削減効果を把握する分析モデルとして、それぞれ、不定流解析モデルおよび土研モデルを用いることとする。²⁾³⁾

3. ケーススタディ

ケーススタディとして図3に示すモデル排水区を取り上げる。

(1) 汚濁負荷削減効果の分析: 検討対象とする降雨は5分、30分、1時間降雨強度を調べ、これらが平均的な値を示す年の降雨1年分を対象とすることとした。さらに汚濁対策用分水量は年間の累積負荷量曲線の作成を行い、効率的な負荷の捕捉という観点から3から6 Q s hとして設定することとした⁴⁾。

(2) 運転操作の容易性の分析: 運転操作の容易性の分析を5, 7, 9, 11年の確率降雨を用いて行なうこととする。ここで浸水危険度の評価は以下の事項を考慮して満管とならない限界の確率年として設定した①. 満管状態になると流速の増加にともない負圧の生じる可能性があり、これにより2次覆工をはがれる可能性がある。②. 圧力状態におけるポンプのオンオフは水位変動に大きく影響を与えられ、ポンプの運転上問題が生じる可能性が考えられる。

(3). パレート解の分析: 図4は運転の容易性 (E_f) と汚濁負荷削減効果 (E_p) の2つの目的から構成されるパレート解を表わす。同図ではさらに満足解を得るために E_f , E_p の微分値 $\partial E_f / \partial E_p$, $\partial E_p / \partial E_f$ を併せて表示している。これはどちらか一方の目的を1単位増加させるためには、相対する目的がどれくらい減少するのかを示すものである。本検討結果のばあい E_f を1単位増加させようとするとき $\partial E_p / \partial E_f$ の値が直線的であるため E_p の効果は確実に減少していくことがわかる。逆に E_p を1単位増加させるためには $\partial E_f / \partial E_p \sim E_p$ の関係より $E_p = 200$ 以上の削減を達成しようとするとき急激に E_f の値が減少することがわかる。すなわち E_f の急激な減少傾向を考慮すれば $E_f = 7$ 年, $E_p = 200$ t 程度が両目的間の調整点としとらえることができると考えられる。

4. おわりに

本稿では施設運用計画策定上お互いにトレードオフの関係にある汚濁負荷削減効果と、運転操作の容易性の両目的の調整問題を図4に示す限界効果の分析を行なうことによりアプローチする方法を提案した。意志決定者がこのような情報を用いて意志決定を行なう場合、こうした情報の他に意志決定者の目的値に対する許容性あるいは選考性を加え、満足解を求める必要がある。こうした満足解を得るための方法は現在のところ色々な研究がなされているが、本稿ではこうした問題に対して、コンピューター機器を援用したマン・マシンの方法の開発を行ないたいと考える。さらに、本稿では汚濁削減効果と運転操作の容易性をトレードオフ関係としてとらえてきたが、確率的にこれらがどの程度の競合関係にあるのかを把握し、両目的のレベルが減少した場合の被害の強さについて分析し、競合関係の度合を定量的に把握する必要があると考えられる。付して今後の課題としたい。

【参考文献】1) 日本下水道協会:合流式下水道越流水対策と暫定指針, 1982, 2) 酒井, 蔵重, 田中:合流式下水道における水質汚濁防止計画のための計画降雨, 第43回年次学術講演会, 1988, 3) 岩佐義郎:開水路流れのモデル法, 水工学シリーズ 80-A-3, 1980, 4) 井上和也:開水路流れの数値解析, 水工学シリーズ 80-A-6, 1980, 5) Haim, Y. Y.: Hierarchical Analysis of Water Resources Systems, Mc Graw-Hill, 1977

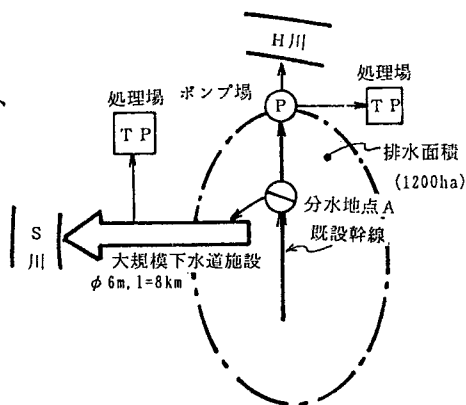


図3. モデル排水区

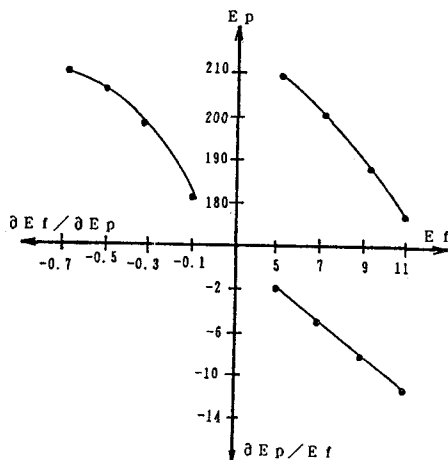


図4. 境界効果