

分布型都市雨水モデルによるCSO対策に関する考察

鳥取大学工学部 正会員 増田貴則, 細井由彦, 史承煥

鳥取大学大学院 学生会員 ○下牧史靖

1 背景と目的

現在、合流式下水道から発生する越流水(Combined Sewer Overflows:以下「CSO」という)が、深刻な問題となっている。CSOとは、雨天時に、下水の一部が未処理のまま放流先に流出することである。そのため、多くの都市では、様々なCSO対策を取り組もうとしている。CSO対策の例としては、遮集管の貯留量の増加や雨水吐き室の改善などが挙げられる。しかし、ほとんどの都市では、CSO対策を講じていないのが現状である。その一因として、管網の数や、下水管網の構造が複雑であるため、その都市にどの対策がどのような効果をもたらすかを解析することに、多大な時間と労力を有することが考えられる。

そこで、本研究では、既存の下水管網の更新にあたり、CSO対策を同時に実施することを考える。具体的には、更新費の制約下で、下水の貯留量を増加させて、CSO負荷量を最小にするような遮集管の管径の組合せを求める。

2 最適な下水管網の探索方法

探索方法を用いることによって、下水管網に降雨を与え、水文・水理過程をシミュレーションして、CSOを算出しながら、それを最小化する管径の組合せを見つけ出す。この本手法を簡略化したものを図1に示す。

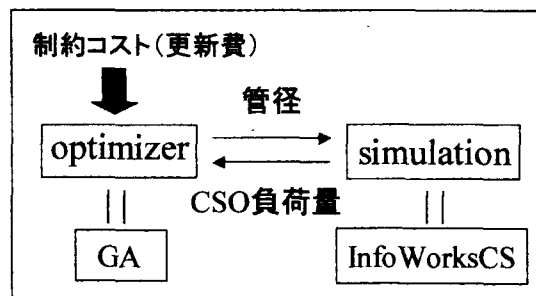


図1 InfoWorksCSとGAの関係

まず、下水管網の管径データが、制約コストを満たしているか調べる。制約コストを満たしていれば、その管径データを用いて、シミュレーションする。simulationの結果であるCSO負荷量を再度、optimizerに受け渡す。

本研究では、simulationにInfoWorksCSを用いる。これは、都市型下水道ネットワークのシミュレーションができるモデルである。この探索方法は、InfoWorksCSの基幹ファイルとなるdsdファイル(Drainage System Data file)

のデータを変化させることによって実現できるようになる。

dsdファイルとは、マンホール、管渠、及び、ポンプやオリフィスなどの制御構造物の諸元を定義するファイルである。また、optimizerにGAを用いる。これは、最適値を探すためのアルゴリズムの一つであり、生物の進化過程に習い最適値を求める手法である。これらの二つを用いて、本研究では、このような操作を繰り返すことにより、最適な下水管網の探索を行う。

3 研究対象とした下水管網

本研究では、図2の下水管網を作成した。下水の主な流れは、ID1002から始まり、LASTOUTF(下水処理場)で処理されことにする。そして、ID1006とID1009の下水は、それぞれID1004とID1013に流れる。また、堰を越えた下水は、OUTOFF1、又は2から排出される。本論で述べているCSO負荷量とは、下水管網の2ヶ所のOUTOFF1、又は2から排出された合計CSO負荷量のことである。

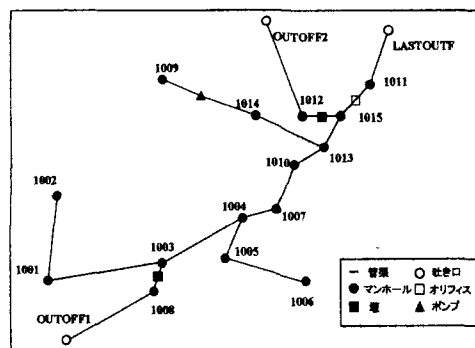


図2 下水管網の構造

表1に、図2の下水管網の管径と、GAで用いるために、遺伝コードに変換した結果を示す。

200mmを最小とし、これを0として、大きくなるに従い、1ずつ増加させて、4桁の2進数で表記した。

その遺伝コードをつないだものが、1つの下水管網を示

表1 管径と遺伝子

No.	nodeID	管径(mm)	遺伝子
1	ID 1001→ID1003	250	0001
2	ID 1002→ID 1001	200	0000
3	ID 1003→ID 1004	250	0001
4	ID 1004→ID 1007	400	0100
5	ID 1005→ID 1004	400	0100
6	ID 1006→ID 1005	450	0101
7	ID 1007→ID 1010	400	0100
8	ID 1008→ID outoff1	700	1000
9	ID 1010→ID 1013	500	0110
10	ID 1012→ID outoff2	700	1000
11	ID 1013→ID 1015	900	1010
12	ID 1014→ID 1013	200	0000
13	ID 1011→ID lastoutf	500	0110

す。もし、 n 本の管渠があるとする、1遺伝子の長さは、 $4 \times n$ ビットになる。

本研究で作成した下水管網は、13本の管渠があるために、図3のように、遺伝子は、52ビットになる。また、遺伝子数は10とした。

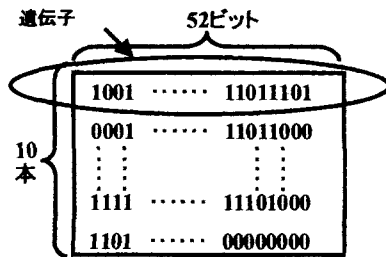


図3 遺伝子

4 最適な下水管網の決定

図2で示した現状の管網では、対象降雨時に、浸水が発生する。そこで、この管網を更新することにした。まず、すべての管渠の管径を300mm太くする案を考える。この案を実行するためには、3億6千万円を必要とする。そこで、提案した手法を用いて、同じ費用で、CSO 負荷量を最小化する管渠構成を検討した。

その結果、当初案では、CSO 負荷量が0.0762kgであったが、本研究で提案した手法を用いたことにより、0.0383kgに減らすことができた。

表2に、当初案と本手法を用いた案の管径を示す。

表2 両案の管径

nodeID	当初案 (一律300mm 太くする案)	本手法を 用いた案
ID 1001→ID1003	600	450
ID 1002→ID 1001	500	350
ID 1003→ID 1004	600	800
ID 1004→ID 1007	700	1500
ID 1005→ID 1004	700	900
ID 1006→ID 1005	800	400
ID 1007→ID 1010	700	1000
ID 1008→ID outoff1	1000	500
ID 1010→ID 1013	800	200
ID 1011→ID lastoutf	800	1100
ID 1012→ID outoff2	1000	1000
ID 1013→ID 1015	1200	1200
ID 1014→ID 1013	500	1200
CSO負荷量 (kg)	0.0762	0.0383

本手法を用いることで、CSO 負荷量を削減することができた。このように、ただ単に管径を太くするのではなく、構造物や下水の量など様々なことを考慮した管径の決定が必要であると考えられる。

5 最適な下水管網の探索方法の応用

以上のように、dsdファイルデータの一つである管径を変化させることによって、最適な下水管網を探索することができた。しかし、この探索方法は、管径だけではなく、他のCSO 対策にも用いることができ、幅広い活用が可能であると考えられる。

5	1001.1	1003	250	CIRC	250	...
5	1002.1	1001	250	CIRC	200	...
5	1003.1	1004	250	CIRC	250	...
13	1015.2	1012	WEIR	4.000	3.200	
13	1003.2	1008	WEIR	7.500	3.500	

図4 dsdファイルの一部

図4に、本研究で用いたdsdファイルの一部を示す。例えば、他の CSO 対策として、雨水吐き室の改善が取り上げられる。多くの研究では、堰の堤頂レベルを変化させることによって、CSO を抑制している。また、本手法は、管径と堰の堤頂レベルというように、複数の要素を組み合わせ、CSO 対策を検討することも可能であると思われる。

このように、種々、検討課題は残されているが、本手法を用いることで、様々な CSO 対策を検討することができるようになると考えられる。

6 まとめと課題

本研究の考案した InfoWorksCS と GA を組み合わせた方法を用いることによって、時間と労力を削減しながら、既存の下水管網の CSO 負荷量を減少させることが検討できた。しかし、この本手法を、より実践的に適用するために、以下の課題点が挙げられる。

- ① 本研究では、本手法を用いて、CSO 対策に遮集管の貯留量の増加を取り上げ、CSO 負荷量の減少を検討したが、それ以外にも、様々な対策に取組み、対象とする下水管網に最も良い対策を探索することが重要であると考えられる。
- ② 本手法は、繰り返しをすることによって、最適な下水管網を探索することができる。そのため、繰り返しの回数を増やせば、最適な下水管網を探索する可能性が大きくなる。
- ③ InfoWorksCS と GA の両者間の結合が現時点では、手動であるという問題がある。したがって、これらの結合部分の機能を自動化することができれば、本手法は実用的で有効な方法となると考えられる。
- ④ GA パラメータに交叉率や突然変異率がある。両者は、どのGAの応用分野でも良い値を示すものはない。したがって、各々の応用分野において、繰り返しを重ねることにより、両者の値を決定する必要がある。