

エネルギーロス最小化規準に基づく解特性法による雨水管路網の最適化

九州共立大学工学部 学生会員 加見忠史, 西田周司
九州共立大学工学部 正 会 員 三原徹治, 荒尾慎司
九州大学工学部 正 会 員 楠田哲也

1. 緒 言 雨水管路網の設計に際しては、多種多様な考慮条件が存在するため現在でも合理的な設計が得られにくい状況にある。同時にマンホールにおける損失が設計基準に考慮されていないという問題点も指摘される。これら難点の克服を目的として著者らは、円管および円形マンホールで構成される管路網を対象に管勾配 S を既知として管径 d およびマンホール径 D を決定する全損失(管摩擦損失+マンホール損失)最小化問題を提示し、遺伝的アルゴリズムによる解法、さらには最適解の特性を活用した解特性法を示した¹⁾。

しかし、その検討対象は、雨水管路網の水理計算において最上流に位置するマンホール(起点マンホール、無条件に内径90cmの1号マンホールが配置)からのみ流入する場合に限定されていた。そこで本研究では、流入パターンの変化が全損失を最小にする最適管路網に及ぼす影響を検討することを目的として、3種類の流入パターンによる最適設計結果を示す。

2. 設計基本式と解法¹⁾

(1)原設計問題 : 本研究で対象とする管路網の概況を図-1に示す。ここに、あるマンホールとその直下流管を要素と呼び、各要素には要素番号 i を与える。また、起点マンホールを含む要素を起点要素と呼ぶ。このとき、管径 d には全15種、マンホール径 D には全4種の規格値が準備されているが、ある管路のとりうる管径は、その上・下流マンホール号数と下流マンホール接合形態との関連とから限定される。したがって、管径 d 、マンホール径 D を設計変数とし、全損失 E' の最小化を図る最適設計問題は式(1)のような組合せ最適化問題として定式化できる。

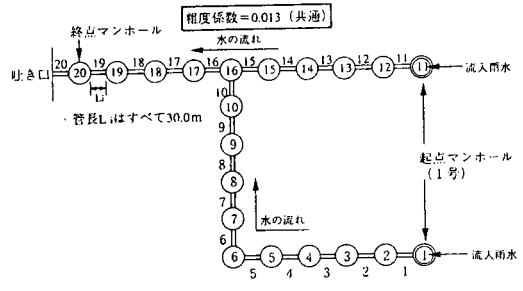


図-1 対象管路網の概況

目的関数: $E' = E'_P + E'_M \rightarrow \min.$, ----- (1a)
制約条件: $V^L \leq V_i \leq V^U$, $V_{mi} \leq V_i$, $V^u_i \leq V_i$, 管路網 $\in$ 適管路網, $d_i \in$ 管径の規格値,
 $D_i \in$ マンホール径の規格値, ----- (1b~g)

ここに、 E'_P 、 E'_M =それぞれ管路網全体の管摩擦損失水頭、マンホール損失水頭、 d_i 、 D_i 、 V_i 、 V_{mi} =それぞれ要素 i の管径、マンホール径、管流速、満管流れを保证する流速であり、 V^u_i =要素 i の直上流要素の管流速、 V^U 、 V^L =管流速の上・下限値である。

(2)解特性法による解法 : 式(1)の解法に遺伝的アルゴリズムを用いて種々の条件下で最適解を求め、その後最適解の解特性を検討することにより、 d_i 、 D_i を次のように決定できることが判明した。

i) 起点要素の場合: $d_i = \max_k [d_k \in \max(V^L, V_{mi}) \leq V_i \leq V^U]$, $D_i = 90\text{cm}$, ----- (2a, b)
ii) その他の場合: $d_i = \max_k [d_k \in \max(V^L, V_{mi}, V^u_i) \leq V_i \leq V^U]$, $D_i = \min_j [D_j \in \text{配置可能}]$ (2c, d)

ここに、 d_k =全15種の管径規格の k 番目データ、 D_j =全4種のマンホール規格の j 番目データである。

3. 数値計算例

(1)流入パターンの設定 : ここでは表-1に示すような3種類の流入パターンを設定した。パターンIは起点マンホールからのみの流入量を変化させて最適管路網を探るもので、文献1)で採用した流入方法で

流入 パターン	マンホール番号		
	①, ⑪	⑥, ⑯	その他
I	0.05~0.84		0.00
II	0.13~0.84	0.05	0.00
III	0.05~0.84		0.01

ある。パターンⅡは起点マンホール以外に結節的なマンホールとして選定したマンホール⑥、⑩に常に0.05 m³/sの流入を設定したものである。パターンⅢは起点マンホールに0.05～0.84m³/sの変化流入を、その他すべてのマンホールに常に0.01m³/sの固定流入を設定したものである。なお、管路勾配は要素16～20では5.00‰、その他の要素では5.88‰に固定した。

(2) 計算結果：いずれの流入パターンにおいても起点マンホールからの流入量を変化させて最適管路網を探索した。吐き口における流量、すなわち総流出量Q_{out}をパラメータとして整理した結果を表-2および図-2に示す。Q_{out}値の変化に伴い、パターンⅠ、Ⅱではそれぞれ9種類の、そしてパターンⅢでは7種類の管路網タイプが出現している。ここに管路網タイプの種別を示すアルファベット記号には、複数の流入パターンで出現したものには大文字を、ある特定の流入パターンのみに出現したものには小文字(斜体)を用いている。

いずれの流入パターンでもQ_{out}値が大きくなると当然のことながら大きな管径およびマンホール径の組合せに段階的に移行しており、Q_{out}値が比較的小さいときに管路網タイプ変化の頻度が高いことがわかる。パターンⅠとⅡでは、解が得られるQ_{out}値の範囲が若干異なるが、Q_{out}値に対して連続的に解が得られ、その管路網タイプも全般に似通っていることがわかる。Q_{out}値が小さいときに管路網タイプが異なるのは、マンホール⑥、⑩からの固定流入量0.05m³/sの影響が大きいためと考えられる。一方、パターンⅢでは適合管路網が形成されないことによって解が得られない場合もあることが他のパターンにない特徴であり、流入パターンの設定が得られる管路網タイプに及ぼす影響が決して小さくないことが認められた。

参考文献 1) 荒尾, 三原, 楠田:マンホール損失を考慮した雨水管路網設計の最適化に関する一研究, 土木学会論文集, 1999. 2.

表-2 解特性法による計算結果(管径(cm), マンホール径(cm)と管路網タイプ)

流入 パターン	Q _{out} (m ³ /s)	管路番号				マンホール番号								管 路 網 タ イ プ
		1-5	6-10	11-15	16-20	(1),(1)	(2)-(5)	(6)	(7)-(10)	(12)-(15)	(16)	(17)-(20)		
Ⅰ	0.10-0.16	25				30	90	90	90	90	90	90	90	a
	0.18-0.22	30				40	90	90	90	90	90	90	90	B
	0.24-0.30	35				45	90	90	90	90	90	90	90	C
	0.32-0.42	40				50	90	90	90	90	90	90	90	D
	0.44-0.56	45				60	90	90	90	90	90	90	90	E
	0.58-0.64	50				60	90	90	120	90	90	120	90	F
	0.66-0.94	50				70	90	90	120	90	90	120	120	G
	0.96-1.40	60				80	90	90	120	90	90	120	120	H
	1.42-1.68	70				90	90	120	150	120	120	150	120	I
Ⅱ	0.20-0.24	25	30	25	40	90	90	90	90	90	90	90	j	
	0.26-0.32	30	35	30	45	90	90	90	90	90	90	90	k	
	0.34-0.40	35	40	35	50	90	90	90	90	90	90	90	l	
	0.42-0.46	40	45	40	60	90	90	90	90	90	90	90	m	
	0.48-0.52	40	40	40	50	90	90	90	90	90	90	90	D	
	0.54-0.66	45	45	45	60	90	90	90	90	90	90	90	E	
	0.68-1.04	50	50	50	70	90	90	120	90	90	120	120	G	
	1.06-1.50	60	60	60	80	90	90	120	90	90	120	120	H	
	1.52-1.78	70	70	70	90	90	120	150	120	120	150	120	I	
Ⅲ	0.36	30				40	90	90	90	90	90	90	B	
	0.42-0.46	35				45	90	90	90	90	90	90	C	
	0.50-0.58	40				50	90	90	90	90	90	90	D	
	0.62-0.74	45				60	90	90	90	90	90	90	E	
	0.76-0.82	50				60	90	90	120	90	90	120	90	F
	1.14-1.48	60				80	90	90	120	90	90	120	120	H
	1.60-1.86	70				90	90	120	120	120	120	120	120	n

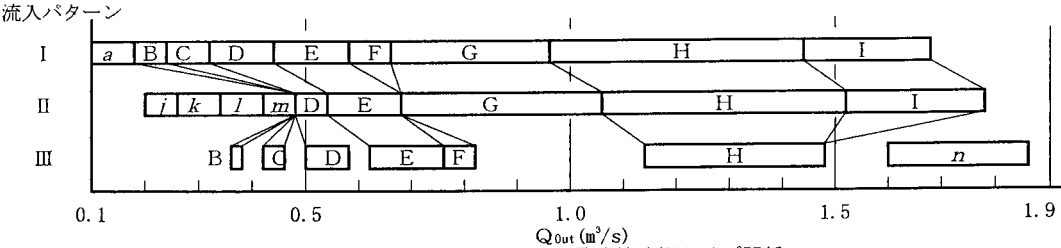


図-2 流入パターン別のQ_{out}～最適管路網タイプ関係