

I-A118 GAによる最適雨水管路網設計法における離散値データの影響

九州共立大学工学部 正会員 三原徹治
九州共立大学工学部 正会員 荒尾慎司
九州大学工学部 正会員 楠田哲也

1. 緒言 これまで著者らは、円管および円形マンホールで構成される雨水管路網を対象に、全損失(管摩擦損失+マンホール損失)を最小化するような管径 d およびマンホール径 D を解特性法と名付けた一種の最適性規準法によって決定しながら、費用関数を最小化する管勾配 S を求める方法について基礎的に検討してきた¹⁾。ただし、解法としての適用性の検討に重点をおいたため、個々の管勾配 S_i (i は後述する要素番号)の離散値データを 1, 2, ..., 8‰ と粗く設定した場合しか検討していない。

一般に組合せ最適化問題における離散値データの精粗に関しては、なるべく細かい設定を要求する問題提起者と解の収束や精度の観点からできるだけ粗い設定ですませたい問題解決者との綱引きが見られる。本研究では、このような問題の解消にまでは直接的には踏み込めないが、管勾配 S_i の離散値データを 0.5, 1.0, ..., 8.0‰ と従来より細かく設定した場合の数値実験により、離散値データの精粗が得られる解に与える影響を調べるとともに、解法に用いる交配個体選択GA(scsGA)の最適化ツールとしての有用性をも検討する。

2. 最適雨水管路網設計法の概要¹⁾

(1) 解特性法による管径 d 、マンホール径 D の決定: 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、最上流に位置するマンホールを起点マンホール(無条件に内径90cmの1号マンホールが配置)、起点マンホールを含む要素を起点要素と呼ぶ(なお、本研究では雨水はすべてこの起点マンホールからのみ流入し、その流入量を Q_{in} とする場合を想定する)。このとき、ある管勾配 S が与えられると全損失を最小にする d_i 、 D_i を次式により決定できる。

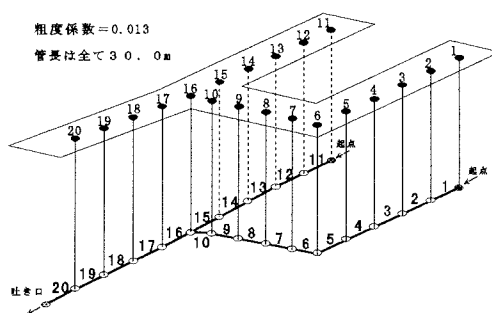


図-1 対象管路網の概況

- i) 起点要素の場合: $d_i = \max_k [d_k \in \max(V^L, V_{mi}) \leq V_i \leq V^U]$, $D_i = 90\text{cm}$, ----- (1a, b)
ii) その他の場合: $d_i = \max_k [d_k \in \max(V^L, V_{mi}, V^U_i) \leq V_i \leq V^U]$, $D_i = \min_j [D_j \in \text{配置可能}]$ (1c, 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、 V_i = 要素 i の管流速、 V^U_i = 要素 i の直上流要素の管流速、 V^U 、 V^L = 設計規準による管流速の上下限值、 V_{mi} = 要素 i の管の満管流れを保証する流速である。

(2) 管勾配 S の決定問題: したがって、 H_i = 要素 i のマンホール直上の地表面標高、 Z_i = 要素 i のマンホール底面の標高、 H_a = 許容土被り厚(本研究では1.2mに固定)、 Q_i = 要素 i の流量とすると、費用関数 C を最小化する管勾配 S を決定する問題は次のように定式化される。

- 目的関数: $C = \sum D_i^2 \Delta_i \rightarrow \min$, ----- (2a)
制約条件: 管路網 $\in$ 適合管路網, $\Delta_i \geq H_a + d_{\max}$, $\{d, D\}$ = 式(1)による値. ----- (2b, c, d)
ただし、 $\Delta_i = H_i - Z_i$, $d_{\max} = \min_k [d_k \geq \{(4/\pi)(Q_{\max}/V^U)\}^{0.5}]$, $Q_{\max} = \max[Q_i]$.

ここで、管勾配 S の解候補を離散的に与えると式(2)は組合せ最適化問題となるので、その解法に交配個体選択GA(scsGA)を適用する。

キーワード: 雨水管路網, 最適設計, 管勾配, 遺伝的アルゴリズム

〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8 Tel:093-693-3230 Fax:093-693-3225

3. 数値実験例

(1) 数値実験概要: 管流速の制限値(V^L, V^U) = (0.8, 3.0) m/secとし, 流入量 Q_{in} (m^3/sec)および地表標高 H (m)によって表-1に示す3ケースを設定し, それぞれのCase I ~ IIIに対して管勾配 S_i の離散値データを1 ~ 8%とした(以下, Case I-1などと表記)および0.5 ~ 8.0‰(同様にCase III-2などと表記)を設定した場合の数値計算を行った. なお, GAオペレーションの直接対象となる線列には単純に各 S_i を要素番号順に並べたbinary線列全体をgray線列に変換して用い, 解探索に用いたGA的パラメータには人口数=1,000, 突然変異発生確率=0.3, 計算世代数=300, 交配個体数=100, 110, ..., 200(計11試行)を用いた. なお, 一般にGAでは最適解が得られる保証がないので, ここではSpread Sheet上に最適解探索システム(試行錯誤的に管勾配 S を入力→式(2c)の制約条件値と式(2a)のC値の出力→解の改良の判断・さらに良好な解の探索)を別途準備し, 計11試行のうち最も良好な解をベースに種々の管勾配 S についての検討・最適解探索を行った.

表-1 計算ケース

	Q_{in}	H	ただし, $H_1 = \{3.95, 3.80, 3.65, 3.50, 3.35, 3.20, 3.20, 3.20, 3.20, 3.20, 3.95, 3.80, 3.65, 3.50, 3.35, 3.20, 3.10, 3.00, 2.90, 2.80\}$
Case I	0.35	H_1	
Case II	0.45	H_1	$H_2 = \{3.70, 3.60, 3.50, 3.40, 3.30, 3.20, 3.20, 3.20, 3.20, 3.70, 3.60, 3.50, 3.40, 3.30, 3.20, 3.10, 3.00, 2.90, 2.80\}$
Case III	0.35	H_2	

表-2 最適管勾配 S_i (%)とC値(m^3)

要素番号	上流部(1)					水平部					上流部(2)					下流部					C値
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Case I-1	5	5	5	5	5	1	1	1	1	3	5	5	6	8	8	7	8	8	8	8	34.1613
Case I-2	5.5	4.5	5.5	4.5	5.0	1.0	1.0	0.5	0.5	5.0	5.0	5.0	7.5	7.5	8.0	8.0	7.5	7.5	7.5	8.0	34.1127
Case II-1	5	5	5	5	5	1	1	1	1	2	5	5	5	8	8	5	8	8	8	8	41.2713
Case II-2	5.5	5.0	5.5	5.0	5.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5.5	5.5	5.0	7.5	8.0	8.0	5.5	8.0	8.0	8.0	8.0	40.2399
Case III-1	4	3	3	4	3	1	1	1	1	2	4	4	6	2	7	8	8	8	8	8	34.1667
Case III-2	3.5	3.0	3.5	3.0	3.5	0.5	0.5	0.5	0.5	6.0	3.5	3.0	5.5	5.0	7.5	6.5	8.0	8.0	8.0	8.0	33.9183

(2) 数値実験結果および観察:

表2に各実験ケースごとの最適管勾配とC値を示す. これらのイメージを明確にするためCase I-2の最適解の模式図を図-2に示す.

Case II-2およびIII-2ではGAで得られた最良解が最適解探索システムによって若干改良されたが, それ以外ではGAで得られた解より良好な解は見出せなかった. この種の問題に対してもscsGAが最適化ツールとして有効に機能することが確認できた.

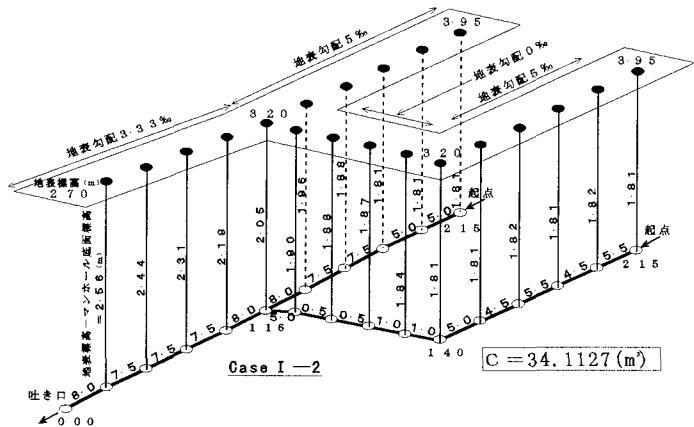


図-2 Case I-2の最適解の模式図

Case I ~ IIIのいずれにおいても離

散値データを細かく設定した方が小さなC値が得られており, 設定された問題に対してより良い解であることがわかる. しかし, その差はかなり小さく, 本研究で設定した範囲では離散値データの精粗が目的関数値に及ぼす影響はさほど大きくないことが認められる. しかし得られた最適管勾配に注目すると, 1%以上異なる値の要素がCase I ~ IIIの順に3, 2, 5要素もあり, 細かい離散値データの方の上流部掘削深が比較的浅くなっている. これは下流部の掘削深を犠牲にしても上流部掘削深をできるだけ小さくするように管勾配が決定されることへの離散値データの精粗の影響であり, 特に要素10, 15, 16の幾何的適合のために要素10の勾配がかなり大きな値として得られていることに顕著である.

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設計の最適化に関する一研究, 土木学会論文集, 1999. 2.