

配水幹線の経済的配置について

北海道大学工学部 正員 高桑 哲男

1. はじめに

配水管網の水量輸送能力と経済性は、幹線管路の配置および管径いかんによって大きく左右される。管路配置の与えられた場合の経済的管径決定には、線形計画法を利用した方法^{1), 2)}あるいは節点エネルギー位を未知数として微分法によって解く方法^{2), 3)}を適用すればよい。しかしながら、経済的管径は管路内流量、管路長および所要節点エネルギー位の関数であって、これらは管路配置の設定段階で決まってしまう。したがって、まず適正な管路配置を求める問題を先行させるべきであり^{4), 5), 6)}、その場合の経済的管径決定法は、経済的配置の検討ならびに応急性などの機能を経済性から見て評価するために利用されることになる。

管路配置に関する従来の研究としては、日型、田型の管路埋設可能路線に関する扇田^{7), 8)}および田型の網目状管網に関する松田⁹⁾の研究がある。これらの研究では、想定しうるあらゆる管路配置に対して損失水頭の面から優劣が比較されている。とくに扇田の研究は、配水効果指数という定量的比較のための示標を導入している点で注目される。

現在では、経済的管径決定法が利用しうるので、水量要求節点を通過するあらゆる管路配置について計算をおこなえば、経済性のうえで最適な管路配置を求めることができるはずである。しかしながら、実際問題に対しては、計算回数がばう大になるので不可能であろう。ここでは、計算回数を減少させる目的で①直交表を利用した方法を示すとともに、②モデル管網をスケールアップすることによって大規模管網の問題をも解きうる可能性のあることを示すことにする。

2. モデル管網とその経済性

図-1に示す管路埋設可能路線をモデルにとり、想定しうるあらゆる組合わせの樹枝状管網の経済性を比較してみる。図中の○印は水量取り出し節点であり、管網への流入点（配水基地）がA, B, C, Dにあるときを、分類の便宜上からそれぞれA型、B型、C型、D型とよぶことにする。図-1の形状は日型、田型よりも一層複雑であり、これに流入点として4とおりをとるあげれば、かなり広範な管路配置を包括しうると思われる。モデル管網について経済性を比較する目的は、①管路配置の図形的特徴と経済性との関連を把握するとともに、応用として②大規模管網へのスケールアップの可能性の検討（オ3-3節）および③直交表を利用した方法の有効性の検討（オ2章）のためである。

計算条件は

地盤高：平坦であり、いずれも0 m。

節点取り出し水量：いずれも0.1 m³/sec。

路線長：いずれも1000 m。

ポンプ井水位：0 m。

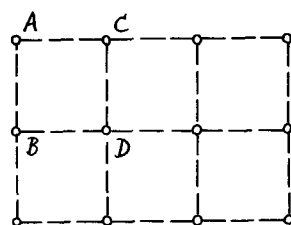


図-1 管路埋設可能路線と配水基地の位置

所要残存水頭：いずれも 20 m.

$$\text{費用式：総費用} = 6 \times 10^6 \cdot H_p + \sum (8 \times 10^4 \cdot D_i^2 + 1.2 \times 10^4) \cdot L_i$$

ただし、 H_p = 揚程 (m), D_i = 管路 i の直径 (m), L_i = 管長 (m) であり、経済的管径決定法としては、節点エネルギー位を未知数とした方法を用い、修正計算打ち切り誤差は、総費用差で 1 万円とした。

A ~ D 型いずれの場合も、図-2 に太線で示す路線に管路が配置され、●印節点に水量輸送がなされることは明きらかである。○印節点については、縦方向、横方向のいずれかから輸送されるから、いずれの場合も $2^6 = 64$ とおりの組合わせができる。

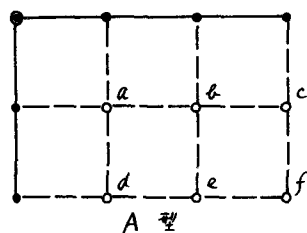
計算結果は図-3 ~ 6 のごとくであり、管路配置図に付した番号は、経済性の順位に対応している。ただし、紙数の都合上、64 とおりのすべてを示すことができないので、各順位に対応するいく組かのうちのひとつで代表させてある。一例をあげれば、A 型の最適解は、図-7 に示すような 4 とおりとなる。

配置図の特徴を示す指標として、ここでは管路流量の総和 $\sum Q^2$ [$0.01 \text{ m}^6/\text{sec}$] と端点数をとりあげてみる。図-8 は端点数および $\sum Q^2$ と総費用の関係を示すものであって、いずれの型についても $\sum Q^2$ が大きいほど、また端点数が多いほど総費用が減少傾向にあることが認められよう。

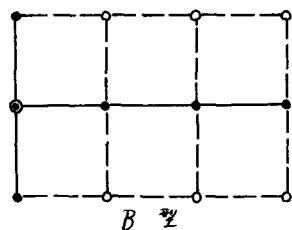
各型の総費用を比較すれば、D - C - B - A の順となり、これは配



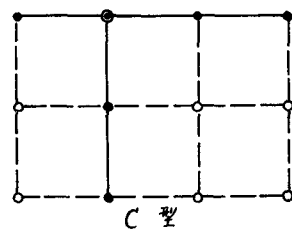
図-7 A 型における経済的最適配置



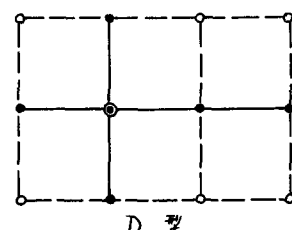
A 型



B 型



C 型



D 型

図-2 各型における路線図

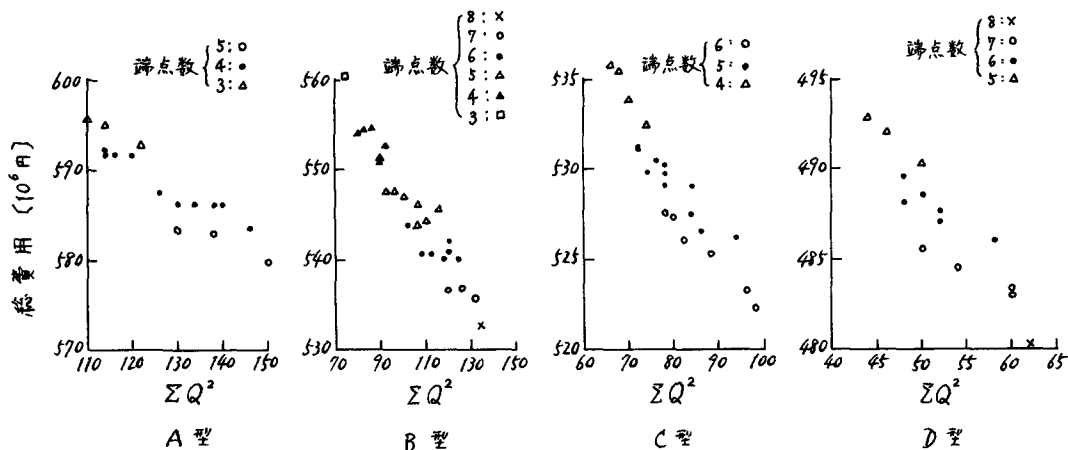


図-8 端点数および $\sum Q^2$ と総費用の関係

図-3 管路配置と経済性(A型)

No.	組数	端点	ΣQ^2	揚程 (m)	総費用 (10 ⁶ 円)	
1	4	5	150	35.895	579.6	(1)
2	4	5	138	36.044	582.7	(2)
3	4	5	130	36.077	583.4	(3)
4	4	4	146	36.088	583.5	(4)
5	4	4	140	36.215	586.2	(5)
6	4	4	138	36.229	586.4	(6)
7	4	4	130	36.234	586.6	(7)
8	4	4	134	36.236	586.6	(8)
9	4	4	126	36.269	587.3	(9)
10	4	4	120	36.464	591.5	(10)
11	4	4	116	36.478	591.7	(11)
12	4	4	114	36.497	591.8	(12)
13	4	4	114	36.503	592.1	(13)
14	4	3	122	36.540	592.8	(14)
15	4	3	114	36.641	594.9	(15)
16	4	3	110	36.664	595.5	(16)

図-4 管路配置と経済性(B型)

No.	組数	端点	ΣQ^2	揚程 (m)	総費用 (10 ⁶ 円)	
1	1	8	134	33.605	532.6	(1)
2	3	7	132	33.770	535.9	(2)
3	2	7	120	33.807	536.5	(3)
4	2	7	126	33.815	536.8	(4)
5	6	6	118	33.970	540.0	(5)
6	2	6	124	33.978	540.0	(6)
7	1	6	108	34.000	540.6	(7)
8	2	6	112	34.011	540.8	(8)
9	1	6	120	34.017	540.8	(9)
10	4	6	120	34.077	542.2	(10)
11	2	6	102	34.160	543.9	(11)
12	3	5	106	34.162	543.9	(12)
13	2	5	110	34.177	544.2	(13)
14	3	5	116	34.252	545.6	(14)
15	4	5	106	34.276	546.2	(15)
16	2	5	100	34.322	547.1	(16)
17	2	5	92	34.343	547.6	(17)
18	2	5	96	34.353	547.7	(18)
19	2	4	90	34.497	550.8	(19)
20	4	5	90	34.503	550.8	(20)
21	2	4	92	34.594	552.7	(21)
22	1	4	80	34.659	554.1	(22)
23	4	4	82	34.671	554.4	(23)
24	4	4	86	34.673	554.4	(24)
25	3	3	74	34.952	560.3	(25)

図-5 管路配置と経済性（C型）

No.	組数	端点	ΣQ^2	揚程 [m]	総費用 [10 ⁶ 円]	
1	5	6	98	33.118	522.3	(1)
2	1	6	96	33.160	523.2	(2)
3	1	6	88	33.260	525.2	(3)
4	6	6	82	33.296	526.0	(4)
5	2	5	94	33.301	526.2	(5)
6	3	5	86	33.317	526.6	(6)
7	1	6	80	33.355	527.3	(7)
8	1	5	84	33.360	527.4	(8)
9	2	6	78	33.369	527.5	(9)
10	3	5	84	33.443	529.1	(10)
11	7	5	78	33.451	529.2	(11)
12	6	5	78	33.476	529.7	(12)
13	2	5	74	33.478	529.8	(13)
14	3	5	78	33.499	530.2	(14)
15	2	5	76	33.512	530.5	(15)
16	2	5	72	33.538	531.0	(16)
17	1	5	72	33.540	531.1	(17)
18	7	4	74	33.633	533.0	(18)
19	1	4	70	33.680	533.9	(19)
20	4	4	68	33.754	535.4	(20)
21	4	4	66	33.767	535.8	(21)

水基地の位置に依存している。すなわち、配水基地が中央部にあるほど経済性がよくなることは、図-9のごとく配水基地・節点間の管路長の総和に対して総費用をプロットしてみれば明かしくなる。ただし、一般には管網外から配水基地へ水量供給がなされるから、そのときは上記の順序が同一とはならないであろう（※4-1節参照）。

3. 直交表を利用した経済的配置の選定

3-1 選定の手順

節点に連結する管路埋設路線が n_i 本考えられるとすると、対象節点数が N 個のときには総計で $\prod_{i=1}^N n_i$ 組みというほう大な組合わせの樹枝状管網について経済的管径決定を行なったうえでなければ、経済的な最適解は得られない。 $n_i = 2$ とし、せいぜい $N = 4$ または5程度がデータ作製からいって限度であろう。そこで問題を、 n_i 水準の N 個の因子の影響を受ける系の最適条件を求める問題におきかえてみれば、直交表の利用が考えられる。ただし、直交表本来の利用法すなわち分散分析にもとづき因子間の交互作用の効果をも含めた最適条件を見出そうとするのではなく、ここでの利用は既に網目状管網の経済的管径決定法に利用した場合⁹⁾と同じく、管路配置のランダムな組合わせを効率的につくり出し、水準間の差を見出すことを目的としている。本法の特長は、計算回数の減少とともに、傾斜法の一つである univariate 法と異なって、同時に2本以上の路線を変更した場合の効果を含みうることである。

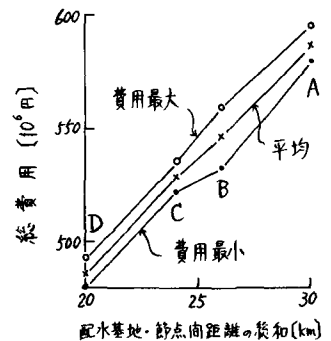


図-9 配水基地の位置と総費用の関係

図-6 管路配置と経済性(D型)

No.	組数	端点	ΣQ^2	揚程 (m)	総費用 (10^6 円)	
1	1	8	62	31.079	480.2	(1)
2	3	7	60	31.207	482.9	(2)
3	3	7	60	31.234	483.4	(3)
4	6	7	54	31.277	484.4	(4)
5	1	7	50	31.333	485.5	(5)
6	9	6	58	31.361	486.1	(6)
7	2	6	52	31.403	487.0	(7)
8	6	6	52	31.430	487.7	(8)
9	3	6	48	31.460	488.2	(9)
10	9	6	50	31.484	488.6	(10)
11	6	6	48	31.524	489.6	(11)
12	2	5	50	31.556	490.2	(12)
13	8	5	46	31.649	492.0	(13)
14	5	5	44	31.689	492.8	(14)

表-1 利用すべき直交表と計算回数

節点への 連結 管路数		対象節点数	1~3	4~7	8~11	12~15	16~31	32~63	64~127
		直交表	$L_4(2^3)$	$L_8(2^7)$	$L_{12}(2^{11})$	$L_{16}(2^{15})$	$L_{32}(2^{31})$	$L_{64}(2^{63})$	$L_{128}(2^{127})$
		計算回数	4	8	12	16	32	64	128
		対象節点数	1~4	5~7	8~13	14~25	26~40	41~79	80~121
3		直交表	$L_9(3^4)$	$L_{18}(2^1 \times 3^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{54}(2^1 \times 3^{25})$	$L_{81}(3^{40})$	$L_{162}(2^1 \times 3^{77})$	$L_{243}(3^{121})$
		計算回数	9	18	27	54	81	162	243

図-2に示したモデル路線A型に対して、経済的配置の選定手順を以下に示す。

1) O印の6個の節点について、連結する管路の方向は縦、横の2水準であるから、 $L_8(2^7)$ 型直交表を利用する。なお、節点への連結管路数、対象節点数に応じて利用すべき直交表¹⁰⁾および必要な計算回数を一括して表-1に揚げておく。

2) 表-2のごとき直交表の数字1, 2に対し、各列(各対象節点)について、ランダムに縦方向、横方向の管路連結方向を割りつける。いまの場合、その結果が表-3のごとくであったとしよう。

3) 表-3の各行が示す管路配置にしたがって経済的管径決定をおこなない、総費用を求める。たとえば1回目の計算は、図-10の管網に対しておこなわれる。いまの場合、その結果は表-3の最右欄のごとくであった。ただし、これらの費用は 580×10^6 円を差し引いてある。

表-2 $L_8(2^7)$ 型直交表

行列	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

表-3 連結管路方向の割りつけ

回	節点	a	b	c	d	e	f	費用(10^6 円)
1	1	—	1	1	1	1	1	7.307
2	2	—	1	1	—	—	—	12.122
3	3	—	—	—	1	1	—	2.655
4	4	—	—	—	—	—	1	12.829
5	5	1	1	—	1	—	1	6.218
6	6	1	1	—	—	1	—	2.655
7	7	1	—	1	1	—	—	6.218
8	8	1	—	1	—	1	1	12.829

4) 各列について、1, - に対応する総費用和を調べ、その小さいほうを採用する。この例については、表-3の費用結果から表-4の結果が得られ、判定が最右欄のようになる。いまの場合、この判定結果にもとづく管路配置は図-3の(1)すなわちA型の最適解に一致している。

3-2 モデル路線への適用結果

前節に示した手順例では、たまたま最適解に到達したけれども、その有効性が明らかとなるためには、手順中2)の段階で起こりうるランダムなあらゆる場合についての結果が検討されねばならない。モデル路線A~D型について起こりうる64回のうち、本方法によって得られる順位をまとめた結果が表-5に示されている。これによると、C型の場合にすべて最適解が得られているのはもとより、他の場合についても良好な結果であるといえよう。

表-4 経済的連結管路方向の判定

節 点	連結管路による費用和		判 定
		—	
a	27.920	34.913	
b	28.302	34.531	
c	38.476	24.357	—
d	32.398	40.435	
e	25.446	37.387	
f	39.183	23.650	—

3-3 大規模管網への適用

上掲のモデル路線よりも大規模(対象節点数の多い)場合に対して適用してみよう。図-11の路線図に対し、各対象節点にランダムに連結管路方向を割りつけた表-6の場合について、経済的管径決定結果

表-5 モデル路線への適用結果

型	総順位	直交表の利用		単なる期待順位	直交表の利用による期待順位
		順 位	回 数		
A	61	9 1	16 48	31	3
B	62	2 1	16 48	31.44	1.25
C	57	1	64	30.41	1
D	60	1 2 8 24	8 40 8 8	29.91	5.38
G	16	1	16	8.5	1
G'	16	1 2	8 8	8.5	1.5

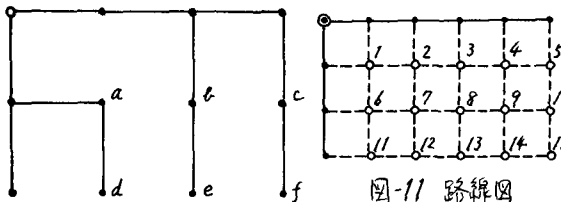


図-11 路線図

図-10 管路配置図

表-6 連結管路方向の割りつけと総費用

回 \ 節点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	費用〔10 ⁵ 円〕
1	—		—	—		—					—			—	—	8512
2	—		—	—		—		—	—	—		—	—			9470
3	—		—		—		—				—	—	—			9573
4	—		—		—		—	—	—	—				—	—	8729
5	—	—		—			—			—						8021
6	—	—		—			—	—	—		—	—	—	—	—	11660
7	—	—			—	—				—		—			—	10081
8	—	—			—	—		—	—		—					9833
9				—	—	—	—		—				—	—		9390
10				—	—	—	—	—		—	—	—			—	8904
11									—			—			—	7862
12								—		—	—		—	—		8345
13		—	—	—	—				—	—	—		—		—	7945
14		—	—	—	—							—		—		8442
15		—	—			—	—		—	—	—	—		—		9943
16		—	—			—	—	—					—		—	9557

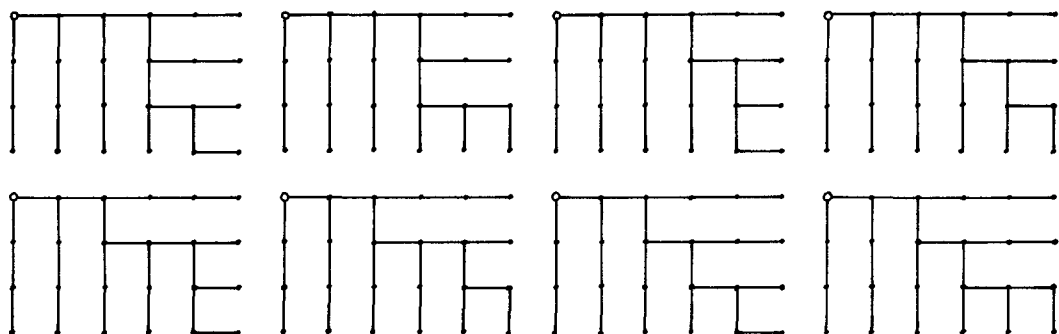


図-12 直交表による最適解(総費用: 1164.9×10^6 円, $\sum Q^2 = 992$)

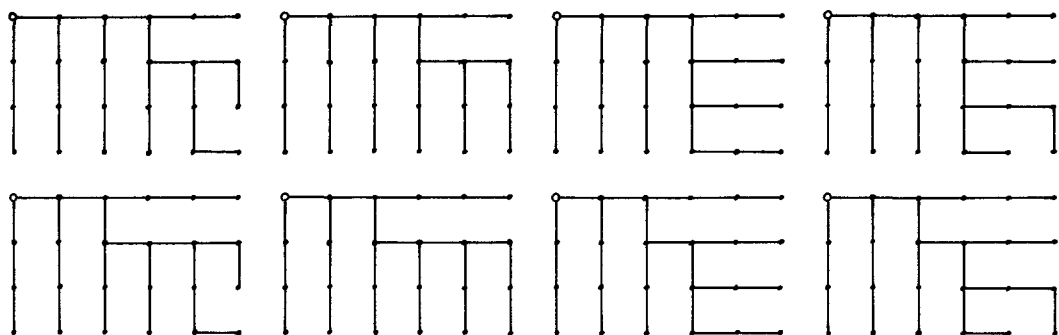
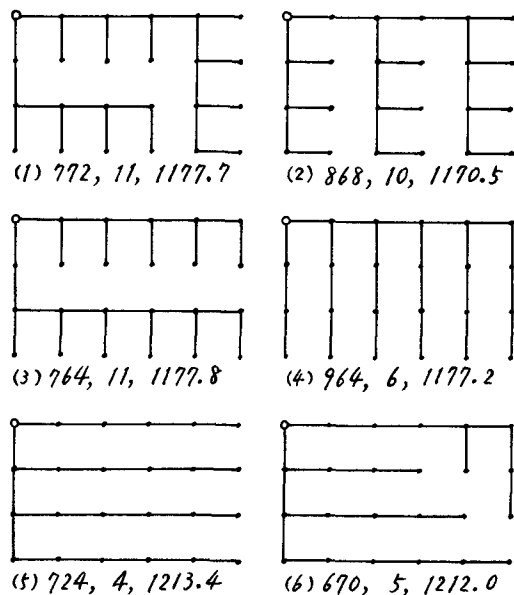


図-13 $\sum Q^2 = 988$ の管路配置(総費用: 1168.6×10^6 円)

の総費用は表-6の最右欄のごとくであった。この結果得らる最適解は図-12の上段右から2番目の管路配置であり、同図の残り7種類はこれと等価である。これが真の経済的配置であるかどうかを調べるためには、 2^{15} というほう大な計算をしなければならぬことになる、実際上不可能である。そこで、ここでは第2章のモデル路線について費用と $\sum Q^2$ の間に関連性(負の相関)の高かったことを利用し、逆に $\sum Q^2$ の値がどうなっているかを調べてみる。 2^{15} とおりの組合せについて $\sum Q^2$ を求めた結果、その最大値は992であり、ちょうど図-12に示す配置図に一致していたので、この直交表を利用して得られた結果を最適解とみなしてよいであろう。たとえ最適解でなかったとしても、配置図形上および総費用上の差はわずかと考えらる。なお $\sum Q^2 = 988$ で2番目に大きかった場合の管路配置は図-13の8種類であった。さらに端点数の効果も大きかったことを考慮し、図-14の(1)、(2)、(3)について計算したところ、やはり総費用の小さい結果が得られている。参考までに、単純な配置である図-14の



(注) 配置図の下の数字は、 $\sum Q^2$, 端点数, 総費用(10^6 円)の順。

図-14 管路配置図

算したところ、やはり総費用の小さい結果が得られている。参考までに、単純な配置である図-14の

(4), (5) についての結果も示してある。図-14 の (6) は、直交表による最悪解である。

図-12, 13, 14 の結果と図-3の結果を比較してみると、注目すべきことは配管図の形状と総費用の間の関連が深いことである。たとえば、モデル路線A型の最適解である図-3の(1)あるいは図-7と図-12, 13の形状はきわめて似ており、また図-3の(3), (4), (7), (14), (15)とそれと似た形状である図-14の(2), (4), (3), (5), (6)は、両路線における総費用の相対的順位についてもほぼ同じ位置づけとなっている。このことは、大規模管網に対しては小規模モデルを考へ、その小規模モデルについての検討結果を大規模管網に適用するという方法を示唆している。小規模管網なら経済性のみならず、応急性、配水基地の位置などに関する広範な代替案計算が可能となるという点で、この方法が可能ならば有用性を発揮するであろう。ただし、地盤高、管路内流量、管路長などに関する相似性についての検討が今後の課題として残される。

3-4 路線長、取り出し水量ならびに地盤高が異なる場合への適用例

以上では直交表を利用した方法をモデル路線およびより大規模な路線に対して適用し、その有効性を示し得たけれども、これらの例では路線長、取り出し水量および地盤高(所要エネルギー位)を同一としていた。そこで今度は、これらの値が異なった場合に対して適用してみる。

対象とした路線図は図-15のごとくである。配水池水位が30mの自然流下系とする。分類上、地盤高がいずれも0mのときをG型、管網中央部の節点Aの地盤高が8mのときをG'型としておく。

16とおりのあらゆる組合わせについての費用計算結果は図-16のごとくであり、また直交表を利用したときの結果は表-5のごとくである。直交表を利用した方法は、この

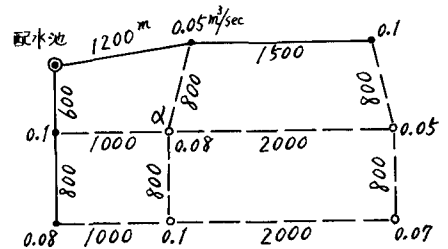
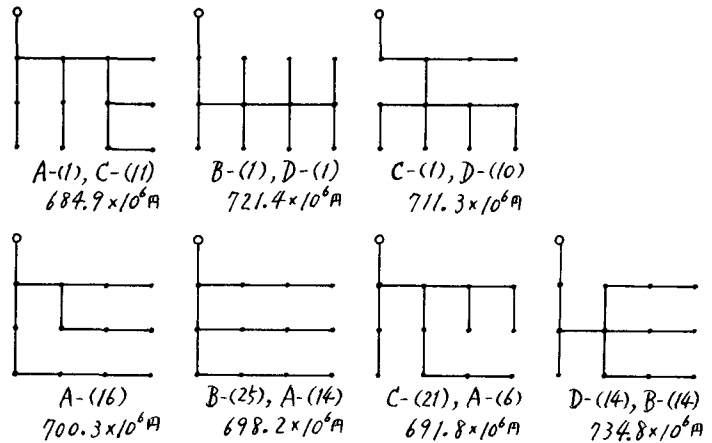


図-15 路線図

図-16 管路配置と経済性(G, G'型)

No.	総管路長 (km)	G	G'	
		総費用 (10 ⁶ 円)	総費用 (10 ⁶ 円)	順位
1	7.5	406.0	424.5	2
2	7.3	407.3	432.9	4
3	7.5	409.0	428.9	3
4	7.7	409.2	424.5	1
5	8.7	425.0	438.9	5
6	8.7	429.7	443.0	7
7	8.9	430.8	441.5	6
8	8.9	432.6	445.8	8
9	8.7	432.8	453.7	9
10	8.5	433.6	456.7	12
11	8.5	434.7	456.8	13
12	8.7	437.8	455.2	10
13	9.9	444.4	456.0	11
14	10.1	451.6	462.1	14
15	9.7	453.2	475.4	16
16	9.9	455.6	474.0	15

場合もきわめて有効であると認めらる。なお、図-16に見らるように、総管路長と総費用の間に高い関連性があることから、この場合の補助的目安としては総管路長が有用ではなかろうか。ただし、 $\sum(Q^2/L)$ という値ではよい関連づけが見出せなかった。



4. 取水点の位置および地盤高の效果について

図-17 管路配置と経済性

4-1 取水点の位置の效果

第2章のモデル管網では、流入点（配水基地）が中央部に近いほど経済的であり、順位はD-C-B-A型の順であった。しかしながら、取水点-浄水場-配水基地-各節点という水量輸送経路を考えると、管網内部に取水点があることは例外であり、一般には管網外部に取水点があるから、上記の順位がそのまま一般の場合に適用できることにはならない。そこで、管網外部に配水基地をおき、取水点から配水基地にいたる条件は同一として、モデル路線における最適解と最悪解について計算してみた結果が図-17である。順位は、最適解ではA-C-B、Dであり、この例ではB、C型の内部順位にも逆転が生じている。このことは取水点の位置をも考慮して管路配置を決定すべきことを示しているとともに、複式配水管網における本管網から支管網への流入点位置についての検討の必要性を示唆しているといえる。

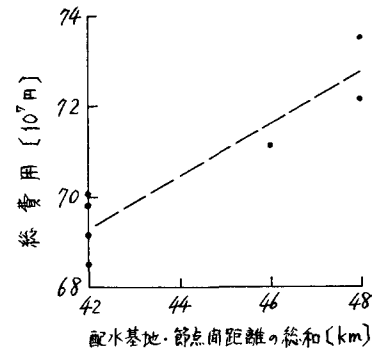


図-18 配水基地・節点間距離の総和と総費用の関係

配水基地から見て逆向きに流れる管路のあるときは経済性が悪化し、図-18に示すごとく、配水基地と各節点間管路長の総和が大きいほど総費用が大となる傾向にある。

4-2 地盤高の效果

モデル管網のうちから、末端節点の並びかたが特徴的な4種類を選び、地盤高が経済性におよぼす効果を調べてみる。

配水基地ポンプ井水位(0m)を基準面とし、①平坦のときと、②配水基地から見て横方向に1/1000の下り勾配のときと、③縦方向に同じく1/1000の上り勾配のときの計算結果が表-8である。当然ながら、a型は横勾配に弱い反面縦勾配

表-8 経済性におよぼす地盤高の效果

分類		a	b	c	d
配置図					
総費用 (10 ⁶ 円)	平坦	688.9	698.2	684.9	721.4
	横勾配	676.0	680.2	670.7	707.0
	縦勾配	670.9	684.4	669.0	710.3
減少費用 (10 ⁶ 円)	横勾配	12.9	18.0	14.2	14.4
	縦勾配	18.0	13.8	15.9	11.1

に強く、長型ではその逆となっている。また、cおよびd型に見られるように、端点数の多いほど地盤高の影響を受けやすい傾向にあるといえよう。端点数の多い場合は一般に複雑な配置形状となるから、スケールアップの点から問題があろう。

5. まとめ

1) 田型モデル路線に対し、流入点および管路配置のあらゆる組合わせについて経済的順位づけをした。

2) 経済的管路配置を求める方法として直交表を利用した方法を提示し、モデル路線の最適解ないしはそれに近い結果が得られることを示した。さらに、より大規模な場合、路線長と取り出し水量の異なる場合、地盤高が平坦でない場合に対しても有効であることを示した。

3) 大規模管網に対しては真の経済的最適解を見出せない。そこで、規則的の管網については $\sum Q^2$ および端点数を、路線長、取り出し水量が異なる場合には総管路長を、また取水点あるいは配水基地の位置を問題にするときは配水基地・各節点間の管路長の総和といった量を補助的に利用するのと同方法であらう。

4) データ作製上から直交表による方法の適用が困難であるような大規模管網に対しては、小規模管網についての結果をスケールアップするという方法が可能かもしれない。

5) 本研究では経済的管路配置を求めることに重点をおいたけれども、必ずしも得られた最適解をそのまま用いるべきことを意味してはいない。たとえば、図-3～6における最適解と最悪解の差は連絡管路を1本布設することによって逆転するだけの大きさしかないことに注目すべきであって、むしろ応急性あるいは配水コントロールの観点から管路配置を考えるほうが妥当といえよう。経済的設計が最適設計における骨組みを与えるように、経済的管路配置もまた最適管路配置における骨組みとしての役割りを果たすべきものと考える。

本研究に際しご指導いただいた丹保憲仁教授ならびに計算を援助された植田 豊氏(現函館市水道局)に謝意を表す。なお計算には、北大大型計算機センターのFACOM230-60を利用した。

参考文献

- 1) Karmeli, David, et al.: Proceedings of the ASCE, No. PL 1, pp. 1~10 (1968.10)
- 2) 高桑哲男: 水道協会雑誌(投稿中)
- 3) 高桑哲男: 第26回年次学術講演会講演集, 第2部, pp. 509~510 (1971.11)
- 4) 松田暢夫: 水道協会雑誌, 第328号, pp. 31~43 (1962.1)
- 5) 末石富太郎: 第7回衛生工学研究討論会講演論文集, p. 61 (1971.11)
- 6) 高桑哲男: 水道協会雑誌, 第443号, pp. 2~16 (1971.8)
- 7) 角田彦一: 水道協会雑誌, 第265号, pp. 24~31 (1956.11)
- 8) 角田彦一: 水道協会雑誌, 第267号, pp. 40~49 (1957.1)
- 9) 高桑哲男: 第7回衛生工学研究討論会講演論文集, pp. 47~57 (1971.1)
- 10) 田口玄一: 直交表と線点図, 丸善 (1962.4)