

電子計算機を用いた下水管渠設計の一手法

北海道開発コンサルタント(株) 正 須田 勲

//

// ○ 塩崎 安功

1. 現状と目的

下水道の基本計画業務は大別して、管路と処理場に分けられるが、業務の大半が前者の作業に費やされているのが現状である。またこの作業の内、区域内排水ルートを選定が最も重要なポイントである。何案か考えられるルートと比較検討し、最も経済的な案を選定する事が作業の大要であると思われる。この作業の内、特に管路の縦断設定には、豊富な経験と莫大な時間と労力を要する。現状作業状況の難点を個条書にする。

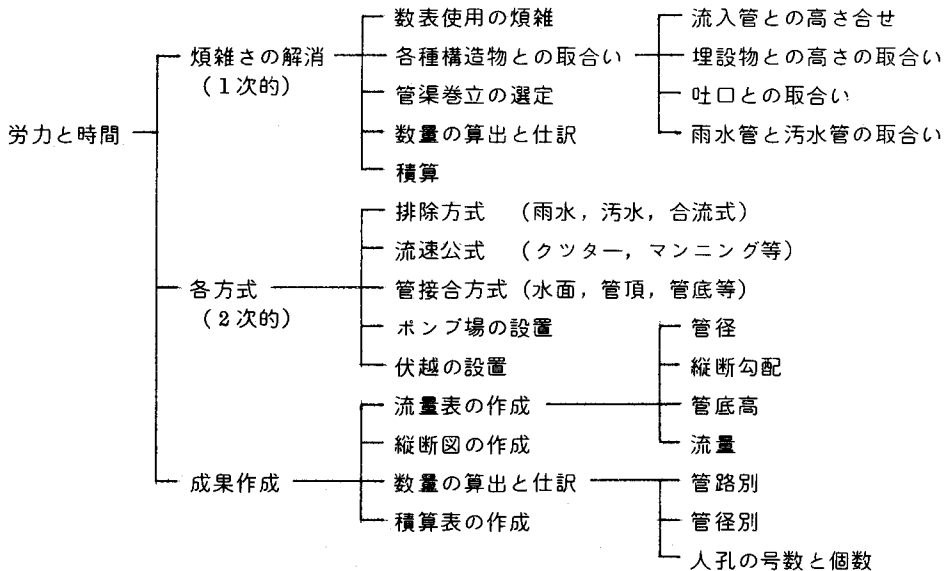
- 1 案出の際には、豊富な経験と総合判断力を必要とする。
- 2 案出そのものが確実性に乏しい。
- 3 莫大な時間と労力を要する。

以上の難点を電子計算機を導入する事によって、一挙に解消しようとするのがこの手法の目的である。

2. 利 点

電子計算機を用いた場合、色々の利点を、前出の他にまとめ分類してみる。(表-1)

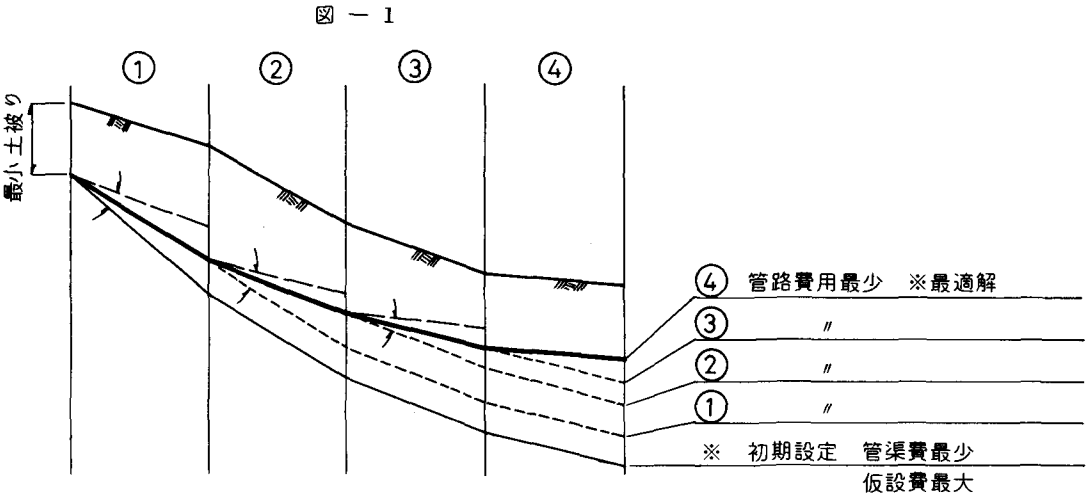
表 - 1



3. 縦断勾配設定の考え方

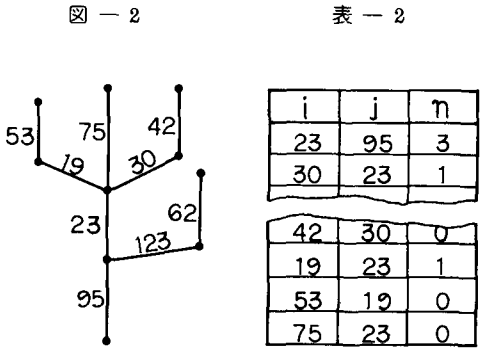
あるルートの中で、最も経済的な縦断線形を求めるためには、管渠費(管本体に要する費用)と仮設費(管を布設するために要する費用)の合計が最小になればよい。しかし、その各々の増減の要因となるのは、主に、管渠の埋設深さである。埋設深さの深浅により各々の費用は、次のように変化する。すなわち、深い〔管渠費 小, 仮設費 大〕, 浅い〔管渠費 大, 仮設費 小〕。仮設費は容易に判断出来るが、ここで管渠費について述べてみると、管渠は水理上の理由により、下流管は上流管よりも、流速は速く、管径は大きく、勾配は緩く、及び流下能力は大きくする事が前提条件である。この事は、管渠費を少なくするために、小径管を使用した場合、流下能力が小さいため必然的に勾配が急になり、管路が地中深くもぐりこむ事になって、仮設費が増大する。これは上流管の、管径, 勾配, 及び流速の設定が、下流管に与える影響が非常に大きいためである。この相反する特性を利用して次の方式を仮定した。まず、管路網全体に初期設定として、

最大流速を与えその流速で流れる、能力いつぱいの、管径と勾配を決め、管渠費を最少、仮設費を最大、として各々の極限を求め、(図-1)に示すとおり1, 2, 3, 及び4点で順次上流管の勾配を、上下して下流吐口迄の各々の費用を追求すれば、最も経済的な縦断線形を求められる。



4. 管路網の組立ての一方法

(図-2), (表-2)を参考にして、今注目する管渠をj、その直上流管渠をiとして、jに流入する管渠数をnとすれば、nの値が+, 0, - によってその管渠が計算するに必要な条件が、上流管渠より引渡されるかどうか判別出来る。j23に注目すれば、n23=3
その内訳はi19, i30, i75, である。各々は下流渠j23を持ち、その実行の順は、次のとおり行われる。



- 1回目 j19実行 n23=3-1 = 2
2回目 j75 " " = 3-1-1 = 1
3回目 j30 " " = 3-1-1-1 = 0
4回目 j23 " " = 3-1-1-1-1 = -1
n23が、0になった時、j23の実行が可能になり実行後n23は一値となり、再度実行されない。これを手計算用に(表-3)に示す。

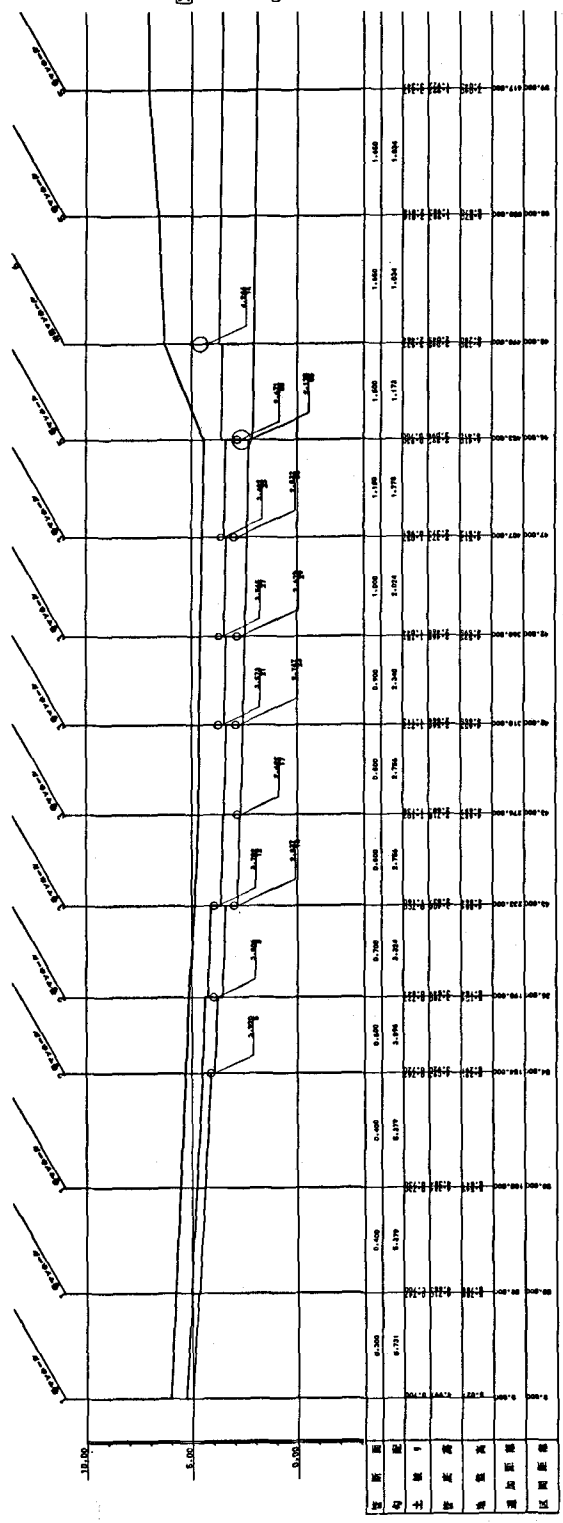
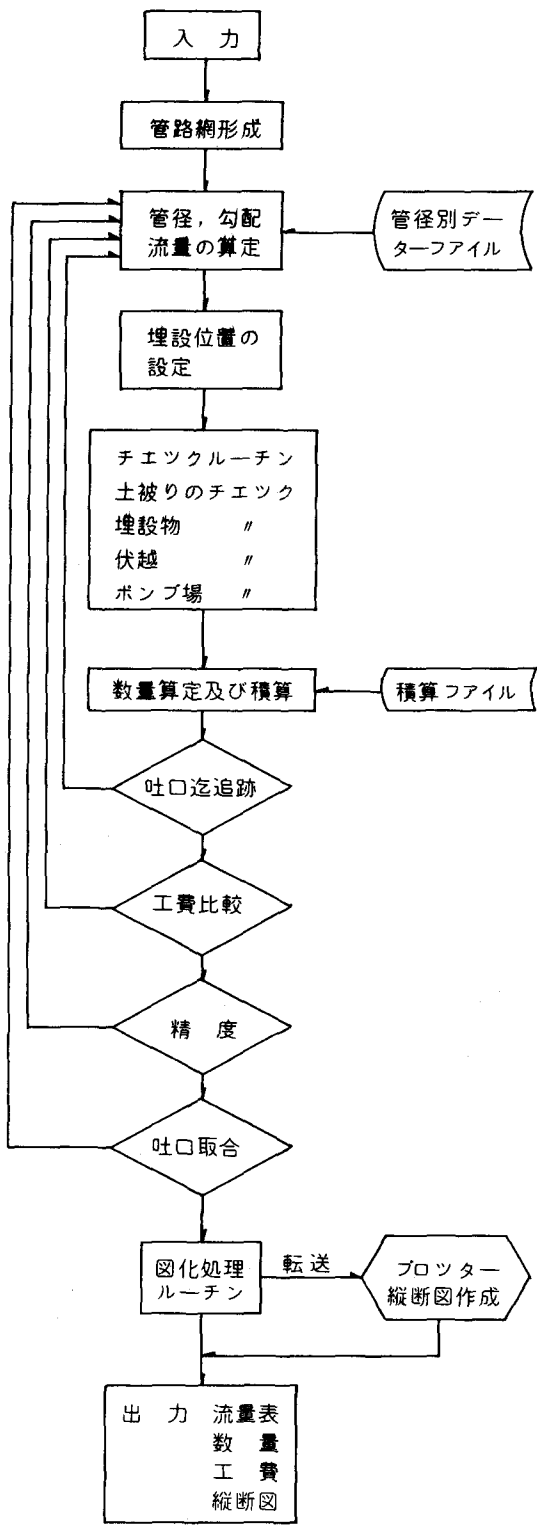
表 - 3

流入管調表										計算順序表										
123	95	23	75	53	19	30	42	62	n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	n	
123								○	1		2	3	4	5	6	7	8	9	n	
95	○		○						2						1		0	-1	-1	
23				○		○	○		3	2		1				0	-1		-1	
75									0	-1									-1	
53									0		-1								-1	
19					○				1		0	-1							-1	
30							○		1				0			-1			-1	
42									0				-1						-1	
62									0					-1					-1	

5. 最少費用を求めるためのブロックチャート

プロッターによる作図

図 - 8



6. 計算例

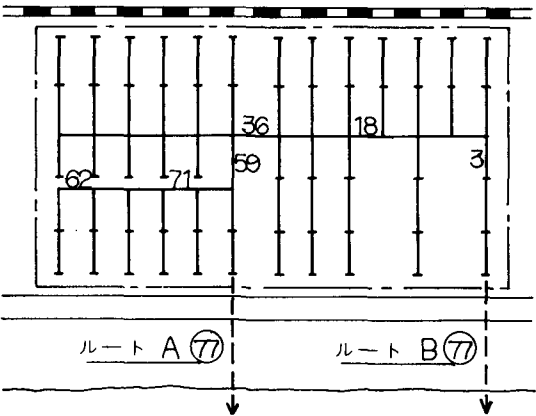
1) 排水ルートモデルの概要

排水計画区域は白老町に属し、国鉄室蘭本線と国道36号線にはさまれた温泉旅館街地域である。排水面積は(長さ0.15K、巾0.1K)約15haで、地形的には標高3.8m～5.8mでほぼ平坦ではあるが、(図-8)に示すとおり、長手方向には中央部がやや低く、横手方向には鉄道と道路が高い、全体的には浅いすり鉢状の地形である。今想定した比較ルートA、B、ともに659管渠付近を堺にして排水ルートは、地形的に逆勾配に向って計画される。

排水ルートモデル 図-4

2) 設計条件

- a. 計画雨水量 $Q=1/360 \ C \cdot I \cdot A$
- b. 降雨強度式 $I=115/(t+7160)$
- c. 流入時間 9.0分
- d. 流出係数 $C=0.45$
- e. 流速公式 クッター、 $n=0.13$
- f. 最小使用管径 $D=0.25\ m$
- g. 最小流速 $V_{min}=0.8\ m/sec$
- h. 最小土被り 0.7m
- i. 吐口高 $\pm 0.0\ m$ 以上
- j. 埋設物、ポンプ場、及び伏越なし



3) 影響を与える条件として次のケースの組合せを考える。

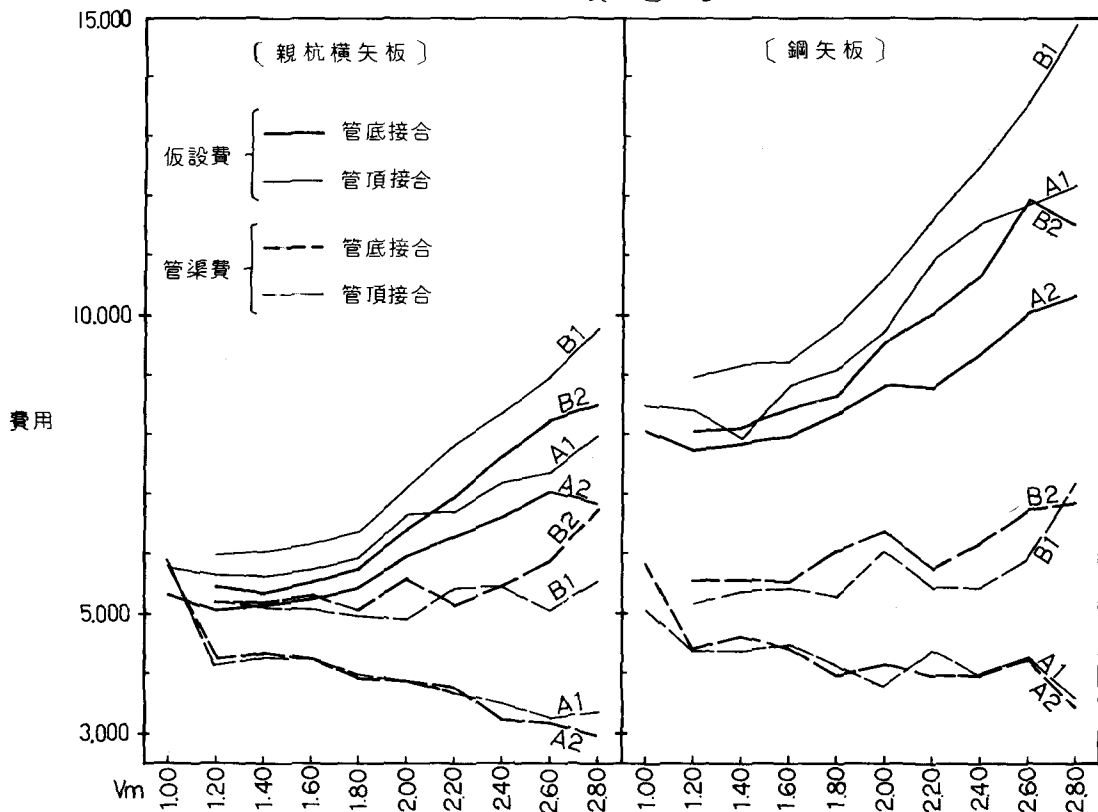
- a. 管接合方式 管頂接合、管底接合
- b. 仮設工法 鋼矢板工法、親杭横矢板工法
- c. 最大流速の制限 $V_m \ 2.8\ m/sec \sim 1.0\ m/sec \quad etc \ 0.2\ m/sec$

吐口高 表-4

ルート	工法	親杭横矢板										鋼矢板														
		管頂 A1	管底 A2	管頂 B1	管底 B2	接合 Vm	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
A			1.47				0.34										0.75									
			1.98				0.29										0.90									
			1.76				0.60										0.56									
			1.67				0.42										0.30									
			1.17				-0.12										-0.11									
			0.19				-1.11										-1.84									
			-0.70				-1.84										-2.90									
			-2.95				-3.32										-4.41									
B																	1.47									
																	0.90									
																	0.56									
																	0.30									
																	-0.11									
																	1.22									
																	0.52									
																	-1.45									
																	-1.65									
																	-2.16									
																	-1.42									
																	-3.00									

万円

工 費 図 - 5



管 径 表 - 5

ル ー ト	接 合 方 式	工法	親杭横矢板										鋼矢板									
		▽m	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
		No.																				
A	管頂	3	45	45	40	40	35	35	35	35	35	40	45	45	40	45	35	35	40	40	35	35
		18	90	90	90	90	80	80	70	70	60	70	80	100	100	90	80	70	90	90	80	70
		36	110	110	110	110	90	90	90	90	80	90	110	110	120	110	90	90	110	100	110	100
		59	200	120	120	135	120	120	120	100	100	100	165	120	150	135	120	120	135	120	135	110
		77	220	135	150	150	150	150	150	135	135	120	180	135	150	165	165	165	180	165	180	150
	管底	3	45	45	40	40	35	35	35	35	35	35	45	45	40	45	35	35	40	40	35	35
		18	80	90	90	80	80	80	70	60	60	60	80	90	100	100	80	70	90	90	80	70
		36	110	110	120	110	90	90	90	90	80	70	110	110	120	110	90	90	110	110	110	100
		18	200	120	150	135	120	120	120	100	100	90	100	120	150	135	110	120	120	120	135	110
		77	220	135	150	150	150	150	165	135	135	120	220	150	165	165	165	80	165	165	80	150
B	管頂	62		30	35	35	35	30	30	30	25	25		35	35	35	35	30	30	30	25	25
		71		60	70	70	60	50	40	40	70	40		60	60	70	60	45	45	45	45	40
		59		90	80	90	80	70	60	50	80	45		90	80	90	80	60	60	60	60	50
		18		135	135	135	135	150	135	135	120	150		135	135	135	135	165	135	135	135	150
		77		150	150	150	150	165	180	180	200	240		150	165	165	165	180	180	180	200	240
	管底	62		30	35	35	30	30	30	30	25	25		30	35	35	30	30	30	30	25	25
		71		60	60	60	60	45	40	40	40	45		45	50	70	50	45	45	45	45	45
		59		80	80	80	80	60	50	50	50	50		60	70	90	70	60	60	60	60	70
		18		135	135	135	135	165	135	135	135	150		150	150	135	165	165	150	150	150	135
		77		150	150	165	165	165	180	180	200	220		165	165	180	180	200	180	200	220	260

7. 計算結果と考案

計算結果として、工費（図－5）、縦断線形は吐口高とて換える（表－4）、管径（表－5）に示す。最大流速の制限を変化させて計算した結果、各条件の中で流速 1.2 m/sec 付近の工費が安く地形的に、この流速が一番適していると考えられる。その内、A ルート管底接合〔A－2〕の工費が安く、その内訳として次のとおりである。

親杭横矢板工法	仮設費	5,000万円	管渠費	4,100万円	合計	9,100万円
鋼矢板工法	"	7,700 "	"	4,400 "	"	12,100 "

いずれも、鋼矢板工法が工費的に高い値を示し、仮設費で1.54、管渠費で1.07、合計で1.33の比を示す。これは仮設工法の土留単価の違いによるものである。また仮設費については、ほとんど差はないが、仮設費と管渠費のバランスにより仮設費が高くなれば管渠費も増加する事が、その他の流速の場合に言える。接合方式については、管渠費そのものは差があまり認められないが、仮設費は各条件とも、平均300万～500万の開きで、バランス 状に平行曲線を示し管頂接合の方が高い。これはこのモデルルートの地表勾配が吐口付近で逆勾配になっているのと、管頂接合方式の特性により生じたと考えられる。次にA、B ルートの比較であるが、A ルートはほぼ比例曲線状態を示しているが、B ルートは管渠費の変動が特に大きい値を示している。これについて、色々と調べてみた結果、管路長 3.8 kmの内逆勾配区間がA ルート 1.2 km、B ルート 2.2 kmで、しかも、管渠幅 59を堺にして単価の高い管径 1.0 m以上の管路がB ルートに 150 mも余計にありこれが、管渠費と仮設費の系統的なアンバランスをまねき、このような結果になったと解釈される。また流下能力いつぱいにして最小管径を使用した場合、吐口の管径は 0.8 mであつた。これが（表－4）との値と大きく違つた事は、小径管を使用して管渠費を低くおさえても、仮設費と管渠費のバランスで考えれば必ずしもよい結果にならないと考えられる。

8. おわりに

この手法を用いた場合と、人力により行なつた場合とを、比較した結果、ほぼ同様な値を示し、この手法は確実性があると判断された。しかし、工事費に与える影響の大きい仮設工法が現地に合致するかどうか、及び積算の困難さがあり今後の課題である。

また、現時点では、縦断的な考え方だけであるが、今後、平面的にも考慮し立体的に組立て、案出からルート選定迄の自動設計を試みたい。