

松田式「管水路計算尺」

解説書

松 田 暢 夫

日 本 水 道 新 聞 社

「管水路計算尺」解説書

1. 本計算尺の特性

本計算尺は、管水路に関する平均流速公式のうち、最も広く採用されている Hazen & Williams 公式に基づき管水路の水理計算を迅速、かつ、容易に行うために考案されたものである。

Hazen & Williams 公式は計算尺形式でも、水理計算を簡便とし、かつ、平均流速を算出するもので、計算尺形式に多くの特徴、四角、ノコギリ、半円、等しい。

目	次
1. 本計算尺の特性	(1)
2. 本計算尺の目盛構成	(1)
3. 本計算尺の基本的適用範囲	(2)
4. 目盛構成の原理	(3)
5. 使用方法及び計算例	(7)

ものが用意され、流速係数の変化に対しては他の図表または補助図表を使用しなければならない。この際、これらの図表を slide rule 化すれば反知量に対する未知量を直ちに求め得ることは自明の理である。

Hazen & Williams 公式を計算尺化するだけでも、水理計算を図表その他を用いて行うより比較にならない簡便さ、簡便化することができ、その効用は絶大なものであるが、本計算尺は更に、管路の合成分解及び水理計算量の等価換算が同時に可能となるよう特殊な目盛配置がなされており、1本の計算尺で管水路に関するあらゆる計算を迅速、かつ、確実に行い得るよう工夫されている。

2. 本計算尺の目盛構成

本計算尺の目盛はすべて対数目盛で、上部固定尺に 1 尺、下部固定尺に Q_1 尺及び Q_2 尺、滑動尺裏面に C_1 尺、 C_2 尺、 C_3 尺、 D_1 尺及び D_2 尺、滑動尺前面に 1 尺、 D_3 尺及び Q_3 尺、計11種の尺から構成されており各尺の目盛はそれぞれ次のような量を表わしている。

Q_1 尺：流量 (Q)、流速 (v)、流速係数 (C) 及び等価管径 (n) を表わし、 $Q=10v$ の目盛位置は同時に $v=0.01n$ 、 $C=1$ 及び $n=1$ を表わしている。

Q_2 尺：流量 (Q)、流速係数 (C) 及び等価管径 (n) を表わし、計算尺の単位長 (滑動尺を固定尺中に完全に収めたときの長さ) に Q_1 尺と完全に一致する。

「管水路計算尺」解説書

1. 本計算尺の特性

本計算尺は、管水路に関する平均流速 公式のうち、最も広く採用されている Hazen & Williams 公式に基づく管水路の諸水理計算を迅速、かつ、容易に行うために考案されたものである。

Hazen & Williams 公式は指数公式であるため対数計算を必要とし、かなりの手数と時間を要するので、計算の簡易化を図るために多くの数表、図表、ノモグラフ等が発表されてきている。精度及び能率の点から言つて図表が最も優れており、今日では図表が最も広く普及されている。

管水路の水理を支配するのは流量、管径、動水勾配、流速係数の4量であり、水理計算としては、これら4量のうち3量を既知として残りの1量を算定する場合が最も多く、これらの4量の関係を図表化したものが最も一般的なものであるが、変量が4つの場合には、これを単的に図表化することができないので普通特定の流速係数（たとえば $C = 100$ とする）に対する流量、管径、動水勾配の関係を図表化したものが用意され、流速係数の変化に対しては他の図表かまたは補助図表を使用しなければならない。この際、これらの関係を slide rule 化すれば既知3量に対する未知量を直ちに求め得ることは自明の理である。

Hazen & Williams 公式を計算尺化するだけでも、水理計算を図表その他を用いて行うより比較にならない程迅速、簡単化することができ、その効用は絶大なものであるが、本計算尺は更に、管路の合成分解及び水理的諸量の等値換算が同時に可能となるよう特殊な目盛配置がなされており、1本の計算尺で管水路に関するあらゆる計算を迅速、かつ、確実に行い得るよう工夫されている。

2. 本計算尺の目盛構成

本計尺の目盛はすべて対数目盛で、上部固定尺に I_1 尺、下部固定尺に Q_1 尺及び、 D_1 尺、滑走尺表面に C 尺、 C_1 尺、 C_2 尺、 D_c 尺及び D_Q 尺、滑走尺裏面に I_2 尺、 D_2 尺及び Q_2 尺、計11種の尺から構成されており各尺の目盛はそれぞれ次のような量を表わしている。

Q_1 尺：流量(Q)、流速(v)、流速係数(C)及び等値管路数(n)を表わし、 $Q=1\text{ l/sec}$ の目盛位置は同時に $v=0.01\text{ m/sec}$ 、 $C=1$ 及び $n=1$ を表わしている。

Q_2 尺：流量(Q)、流速係数(C)及び等値管路数(n)を表わし、計算尺の原位置（滑走尺を固定尺中に完全におさめたときの位置）において Q_1 尺と完全に一致する。

D_1 尺：管径 (D) を表わし，目盛単位は mm で， $D=1000\text{mm}$ の目盛位置は Q_1 尺の $Q=1000\text{l/sec}$ の目盛位置と，カーソル線上で完全に一致する。

D_2 尺：管径 (D) を表わし，計算尺の原位置において，カーソル線上で D_1 尺と完全に一致する。

D_Q 尺：管径 (D) を表わし，計算尺の原位置において，カーソル線上で D_1 尺と完全に一致する。

D_v 尺：管径 (D) を表わし，目盛単位は mm で，流速 (v) が既知量または未知量の場合に用いられる。

I_1 尺：管路の動水勾配 (I)，延長 (l) 及び損失水頭 (h) を表わし，単位はそれぞれ ‰，m 及び m で $I=1000\text{‰}$ の目盛位置は Q_1 尺の $Q=1000\text{l/sec}$ の目盛位置と，カーソル線上で完全に一致する。

I_2 尺：管路の動水勾配 (I)，延長 (l) 及び損失水頭 (h) を表わし，計算尺の原位置において I_1 尺と完全に一致する。

C 尺， C_1 尺， C_2 尺：流速係数 (C) を表わし， C_1 尺及び C_2 尺は補助目盛である。

これらの各尺の目盛比率は Q_1 尺を基準 1 とすれば次のごとくである。

$$Q_1\text{尺}=Q_2\text{尺}=C\text{尺}=C_1\text{尺}=C_2\text{尺}=1$$

$$D_1\text{尺}=D_2\text{尺}=D_Q\text{尺}=2.63$$

$$D_v\text{尺}=0.63$$

$$I_1\text{尺}=I_2\text{尺}=0.54$$

3. 本計算尺の基本的適用範囲

本計算尺の適用範囲は，筆算で解決できるあらゆる水理計算を包含するが，その基本的適用範囲は次のとおりである。

1) 管路の流量 Q (または流速 v)，管径 D ，動水勾配 I 及び流速係数 C の算定

a) C ， Q (または v)， D を与えて I を求めること。

b) C ， Q (または v)， I を与えて D を求めること。

c) C ， D ， I を与えて Q (または v) を求めること。

d) Q (または v)， D ， I を与えて C を求めること。

2) 等長管群の合成及び分解

a) 管内径の等しい場合

i) n 本の内径 d なる管路と水理的に等値な単一管路の内径 D を求めること。

ii) 内径 D なる単一管路を，内径の等しい n 本の管路に分解した場合の分解管路の等値管径 d を求めること。

iii) 内径 D なる単一管路を，内径 d なる管路に分解した場合の等値管路数

n を求めること。

b) 管内径の異なる場合

i) 内径 d_1 なる管路と内径 d_2 なる管路との合成管径 D を求めること。

ii) 内径 D なる単一管路を 2 本の管路に分解し、1 本の管路の内径を d_1 としたときの他の管路の内径 d_2 を求めること。

iii) 管径の異なる n 本 ($n \geq 3$) の管路を合成したときの合成管路の内径を求めること。

iv) 内径 D なる単一管路を n 本 ($n \geq 3$) の管路に分解し、 $(n-1)$ 本の管路の内径を与えて残りの 1 本の管路の内径を求めること。

3) 管路の流量、管径、流速係数及び動水勾配（または損失水頭及び管路延長）のうちの任意 2 量の等値換算。

a) 管路内径と管路延長との等値換算。

b) 管路内径と損失水頭または動水勾配との等値換算

c) 管路内径と流量との等値換算

d) 流量と管路延長との等値換算

e) 流量と損失水頭または動水勾配との等値換算

f) 流速係数と管路内径との等値換算

g) 流速係数と流量との等値換算

h) 流速係数と管路延長との等値換算

i) 流速係数と損失水頭または動水勾配との等値換算

4. 目盛構成の原理

Hazen & Williams 公式を m —単位に書き改めると次のようになる。

$$v = 0.84935 \cdot C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54} \quad (1)$$

ここに v : 平均流速 (m/sec)

C : 流速係数

R : 径深 (m)

I : 動水勾配 $= h/l$

h : 管路延長 l (m) に対する管内摩擦損失水頭 (m)

内径 D (m) の円形有圧管水路においては $R = D/4$ であるから、この場合には(1)式は次のようになる。

$$v = 0.35464 \cdot C \cdot D^{0.63} \cdot I^{0.54} \quad (2)$$

管内流量を Q (m^3/sec) とすれば $4Q/\pi D^2$ の関係から(2)式は

$$Q = 0.27853 \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54} \quad (3)$$

(2)式及び(3)式の係数をそれぞれ k' 及び k とおけば

$$v = k' \cdot C \cdot D^{0.63} \cdot I^{0.54} \quad (4)$$

$$Q = k \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54} \quad (5)$$

(5)式の両辺の対数をとれば

$$\log Q = \log k + \log C + 2.63 \log D + 0.54 \log I$$

$$\therefore \log Q - 2.63 \log D = (\log k + \log C) + 0.54 \log I \quad (6)$$

したがって対数目盛を用い、Q尺に対するD、I、C尺の目盛比率をそれぞれ2.63, 0.54, 1としてslide ruleの2本の滑走線に対してQ目盛とD目盛、I目盛とCの逆目盛とをそれぞれ向い合せに適当に配置すれば(6)式の関係を実算尺化することができる。この際、Q、D及びI尺の各目盛は任意の位置に目盛つても良いが、C尺の目盛はこれらの3目盛の位置に対して(3)式関係を満足させる位置に配置しなければならない。本計算尺において、 Q_1 尺、 D_0 尺、 I_1 尺及びC尺の目盛はかくして目盛られたものである。したがってこの4尺を使用することによつて、Q、D、I、Cの4量のうち任意3量を与えて残りの1量を求める計算が可能となる。

また、(4)式について両辺の対数をとれば

$$\log v - 0.63 \log D = (\log k' + \log C) + 0.54 \log I \quad (7)$$

したがってこの場合には、V目盛1に対して0.63の比率でD目盛を設ければ(7)式の計算が可能となる。本計算尺において D_0 尺はvと他の諸量との関係を求めるときに使用される管径目盛である。なお、 D_0 尺の目盛は Q_1 、 I_1 、C尺の目盛位置に対して(2)式関係を満足する位置に配置されている。V目盛はQ目盛と同一尺上にあるから、 Q_1 尺、 D_0 尺、 I_1 尺及びC尺を使用することによつて、v、D、I、Cの4量のうち、任意の3量を与えて残りの1量を求める計算が可能となる。

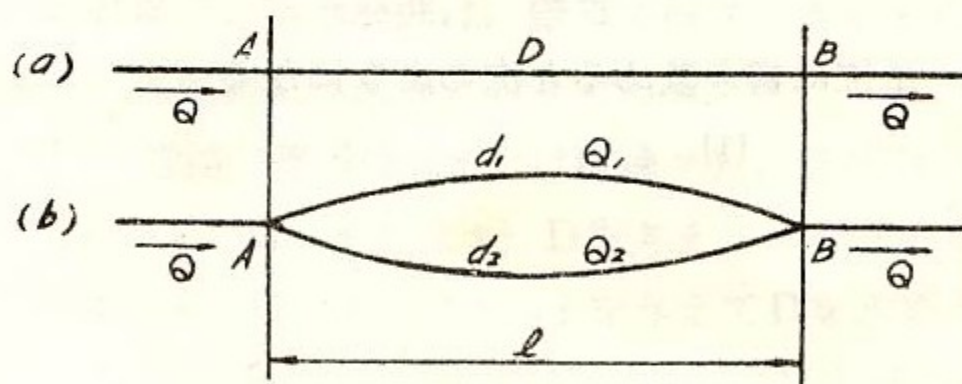


図 — 1

次に、図—1(a)に示すとき管径Dなる単一管路のAB間（延長l）を(b)に示すごとく管径が d_1 及び d_2 で延長が共にlなる2本の並列管路に分離せしめた場合、流量Q、動水勾配I及び流速係数Cが変化しないもの

とすれば(5)式から次の関係が導かれる。

(a)について

$$Q = k \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54} \quad (8)$$

(b)について

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= k \cdot C \cdot d_1^{2.63} \cdot I^{0.54} \\ Q_2 &= k \cdot C \cdot d_2^{2.63} \cdot I^{0.54} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

流量が変化しないという条件から $Q = Q_1 + Q_2$

したがって(8), (9)式から

$$k \cdot C \cdot I^{0.54} \cdot D^{2.63} = k \cdot C \cdot I^{0.54} (d_1^{2.63} + d_2^{2.63})$$

$$D^{2.63} = d_1^{2.63} + d_2^{2.63} \quad (10)$$

故に、一般に、口径 D なる単一管路を口径 $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ なる n 本の管路に等値分解した場合には

$$D^{2.63} = d_1^{2.63} + d_2^{2.63} + d_3^{2.63} + \dots + d_n^{2.63} = \sum_1^n d^{2.63} \quad (11)$$

いま、 $d_1 = d_2 = d_3 = \dots = d_n = d$ とすれば(11)式より

$$D^{2.63} = n \cdot d^{2.63} \quad (12)$$

(12)式の両辺の対数をとれば

$$2.63(\log D - \log d) = \log n \quad (13)$$

D_1 及び D_2 尺は Q_1 尺に対して 2.63 の比率で目盛られているから、 Q_1 尺上の n 目盛と D_1 及び D_2 尺を使用することによつて(13)式を満足する n を求めることができる。

この原理を応用して(10)式または(11)式の関係を決することができる。

すなわち、(10)式において、 D, d_1 を与えて d_2 を求めるには、まず、 $D^{2.63} = n_1 d_1^{2.63}$ として n_1 を算出し、 $(n_1 - 1) d_1^{2.63} = d_2^{2.63}$ の関係から d_2 を求めることができる。また d_1, d_2 を与えて D を求めるには、 $d_1^{2.63} = n_2 d_2^{2.63}$ として n_2 を算出し、 $D^{2.63} = (n_2 + 1) \times d_2^{2.63}$ の関係から D を求めることができる。この操作を繰返し行うことによつて(11)式の関係から、 $D, d_1, d_2, d_3, \dots, d_{n-1}$ を与えて d_n を求めること及び $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ を与えて D を求めることができる。

次に、 Q, D, I, C の 4 量のうち、任意の 2 量を一定とした場合の残りの 2 量の等値関係について考察する。いま、 I, C を一定とした場合、 D 及び Q を異にする 2 本の管路について流量及び管径をそれぞれ Q_1, D_1 及び Q_2, D_2 とすれば(5)式から

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= k \cdot C \cdot D_1^{2.63} \cdot I^{0.54} \\ Q_2 &= k \cdot C \cdot D_2^{2.63} \cdot I^{0.54} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

$$(14) \text{式から、} Q_1/Q_2 = (D_1/D_2)^{2.63}$$

$$\left. \begin{aligned} \therefore \log Q_1 - \log Q_2 &= 2.63(\log D_1 - \log D_2) \\ \text{または} \\ \log Q_1 - 2.36 \log D_1 &= \log Q_2 - 2.63 \log D_2 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

(15)式の関係から、 Q_1, Q_2, D_1 及び D_2 尺を用いて流量と管径の等値換算を行うことができる。

また C, Q を一定とした場合、 D 及び I を異にする 2 本の管路については

$$\left. \begin{aligned} Q &= k \cdot C \cdot D_1^{2.63} \cdot I_1^{0.54} \\ Q &= k \cdot C \cdot D_2^{2.63} \cdot I_2^{0.54} \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

$$(16) \text{式から、} (D_1/D_2)^{2.63} = (I_2/I_1)^{0.54}$$

$$\therefore 2.63(\log D_1 - \log D_2) = 0.54(\log I_2 - \log I_1) \quad (17)$$

(17)式の関係から、 D_1, D_2, I_1, I_2 尺を用いて管径と動水勾配との等値換算を行うことができる。

同様にして、他の任意2量の等値換算式を求めれば次のとおりである。

管径と管長との等値換算：

$$(D_1/D_2)^{2.63} = (l_1/l_2)^{0.54}$$
$$2.63(\log D_1 - \log D_2) = 0.54(\log l_1 - \log l_2) \quad (18)$$

管径と損失水頭との等値計算：

$$(D_1/D_2)^{2.63} = (h_2/h_1)^{0.54}$$
$$2.63(\log D_1 - \log D_2) = 0.54(\log h_2 - \log h_1) \quad (19)$$

流量と損失水頭との等値換算：

$$Q_1/Q_2 = (h_1/h_2)^{0.54}$$
$$\log Q_1 - \log Q_2 = 0.54(\log h_1 - \log h_2) \quad (20)$$

流量と動水勾配との等値換算：

$$Q_1/Q_2 = (I_1/I_2)^{0.54}$$
$$\log Q_1 - \log Q_2 = 0.54(\log I_1 - \log I_2) \quad (21)$$

流量と管長との等値換算：

$$Q_1/Q_2 = (l_2/l_1)^{0.54}$$
$$\log Q_1 - \log Q_2 = 0.54(\log l_2 - \log l_1) \quad (22)$$

流速係数と管径との等値換算：

$$C_1/C_2 = (D_2/D_1)^{2.63}$$
$$\log C_1 - \log C_2 = 2.63(\log D_2 - \log D_1) \quad (23)$$

流速係数と流量との等値換算：

$$C_1/C_2 = Q_1/Q_2$$
$$\log C_1 - \log C_2 = \log Q_1 - \log Q_2 \quad (24)$$

流速係数と管長との等値換算：

$$C_1/C_2 = (l_1/l_2)^{0.54}$$
$$\log C_1 - \log C_2 = 0.54(\log l_1 - \log l_2) \quad (25)$$

流速係数と損失水頭との等値換算：

$$C_1/C_2 = (h_2/h_1)^{0.54}$$
$$\log C_1 - \log C_2 = 0.54(\log h_2 - \log h_1) \quad (26)$$

流速係数と動水勾配との等値換算：

$$C_1/C_2 = (I_2/I_1)^{0.54}$$
$$\log C_1 - \log C_2 = 0.54(\log I_2 - \log I_1) \quad (27)$$

したがって、水理要素の任意2量の水理的等値換算は(15)~(27)式の関係から、それぞれに関係する尺を用いることによつて直ちに求めることができる。この場合、 Q

尺とC尺とは同一比率で目盛られているからC尺の代りに Q_1 及び Q_2 尺を用いればよい。

なお、 C_1 及び C_2 尺は、C尺の補助尺で、 C_1 尺は、 $D > 2000\text{mm}$ 、 $Q = 4000\text{l/sec}$ の場合に、また、 C_2 尺は $D < 50\text{mm}$ 、 $Q < 0.4\text{l/sec}$ の場合に用いられる。 C_1 尺及び C_2 尺の $C=100$ の目盛位置はそれぞれC尺の $C=100$ の目盛位置より左方及び右方に 1.63 (Q 尺の $Q=10\text{l/sec} \sim Q=100\text{l/sec}$ の目盛間隔を 1 として) の距離にある。

5. 使用方法及び計算例

1) 流量 Q (または流速 v) 管径 D 、動水勾配 I 及び流速係数 C の 4 量のうち、いずれか 3 量を与えて残りの 1 量を求めること。

A) D, I, C を与えて Q を求めること。

滑走尺を動かし、 I_1 尺上の与えられた I の目盛とC尺上の与えられた C の目盛とを合わせ、 D_Q 尺上の与えられた D の目盛位置を Q_1 尺上の Q 目盛で読めば所求の Q が得られる。

例題—1 : $D=450\text{mm}$ 、 $I=4.5\text{‰}$ 、 $C=90$ を与えて Q を求めよ。

〔求め方〕 : I_1 尺上の $I=4.5\text{‰}$ 目盛と、C尺上の $C=90$ 目盛とを合わせ、このときの D_Q 尺上の $D=450\text{mm}$ の目盛位置を Q_1 尺上の Q 目盛で読んで、 $Q=166\text{l/sec}$ が得られる。

Q_1 尺及び D_Q 尺には目盛限度があるから、与えられた D の目盛位置が Q_1 尺の外に出た場合 (scale out した場合)、または与えられた D の値が D_Q 尺の最小目盛より小さいか、最大目盛より大きい場合には次のようにして計算する。

例題—2 : $C=130$ 、 $D=1200\text{mm}$ 、 $I=30\text{‰}$ を与えて Q を求めよ。

〔求め方〕 : I_1 尺上の $I=30\text{‰}$ 目盛と、C尺上の $C=130$ 目盛とを合わせると、 D_Q 尺上の $D=1200\text{mm}$ の目盛位置は Q_1 尺の右側に scale out するから、この場合には、与えられた C の値を $1/10$ 倍し、 $C=130 \times 1/10=13$ とし、 I_1 尺上の $I=30\text{‰}$ 目盛と、C尺上の $C=13$ 目盛とを合わせ、このときの D_Q 尺上の $D=1200\text{mm}$ の目盛位置を読んで、 $Q=885\text{l/sec}$ を得る。しかして、この値を 10 倍したものが、この場合の所求の Q となる。したがって $Q=885 \times 10=8,850\text{l/sec}$ となる。

例題—3 : $C=80$ 、 $D=100\text{mm}$ 、 $I=0.1\text{‰}$ を与えて Q を求めよ。

〔求め方〕 : I_1 尺上の $I=0.1\text{‰}$ 目盛と、C尺上の $C=80$ 目盛を合わせると、 D_Q 尺上の $D=100\text{mm}$ の目盛位置は Q_1 尺の左側に scale out するから、この場合には与えられた C の値を 10 倍し、 $C=80 \times 10=800$ とし、 I_1 尺上の $I=0.1\text{‰}$ 目盛と、C尺上の $C=800$ 目盛とを合わせ、このときの D_Q 尺上の $D=100\text{mm}$ の目盛位置を読んで、 $Q=3.63\text{l/sec}$ を得る。しかして、この値を $1/10$ 倍

したものが所求の Q となる。したがって $Q=3.63 \times 1/10=0.363 \text{ l/sec}$ となる。

例題—4 : $C=100$, $D=2400\text{mm}$, $I=1\%$ を与えて Q を求めよ。

〔求め方〕 : 与えられた $D=2400\text{mm}$ の目盛は D_q 尺上にないから、この場合には与えられた D の値を $1/10$ 倍し、 $D=2400 \times 1/10=240\text{mm}$ とし、 I_1 尺上の $I=1\%$ 目盛と C_1 尺上の $C=100$ 目盛とを合わせ、このときの D_q 尺上の $D=240\text{mm}$ の目盛位置を Q_1 尺上の Q 目盛で読んで $Q=670 \text{ l/sec}$ を得る。しかして、この値を10倍したものがこの場合の所求の Q となる。したがって $Q=670 \times 10=6,700 \text{ l/sec}$ となる。

例題—5 : $C=100$, $D=30\text{mm}$, $I=6\%$ を与えて Q を求めよ。

〔求め方〕 : 与えられた $D=30\text{mm}$ の目盛は D_q 尺上にないから、この場合には与えられた D の値を10倍し、 $D=30 \times 10=300\text{mm}$ とし、 I_1 尺上の $I=6\%$ 目盛と C_2 尺上の $C=100$ 目盛とを合わせ、このときの D_q 尺上の $D=300\text{mm}$ の目盛位置を Q_1 尺上の Q 目盛で読んで、 $Q=1.74 \text{ l/sec}$ を得る。しかして、この値を $1/10$ 倍したものがこの場合の所求の Q となる。したがって、 $Q=1.74 \times 1/10=0.174 \text{ l/sec}$ となる。

B) Q, I, C を与えて D を求めること。

滑走尺を動かし、 C 尺上の与えられた C の目盛と、 I_1 尺上の与えられた I の目盛とを合わせ、このときの Q_1 尺上の与えられた Q の目盛位置を D_q 尺上で読めば所求の D が得られる。

例題—6 : $C=120$, $Q=70 \text{ l/sec}$, $I=10\%$ を与えて D を求めよ。

〔求め方〕 : I_1 尺上の $I=10\%$ 目盛と C 尺上の $C=120$ 目盛とを合わせ、このときの Q_1 尺上の $Q=70 \text{ l/sec}$ の目盛位置を D_q 尺上で読んで、 $D=246\text{mm}$ が得られる。

この場合、与えられた Q が Q_1 尺の目盛範囲外にあるとき、または、与えられた Q_1 の目盛位置が D_q 尺の目盛範囲外に出たときにはA) 例題—2～5と同様な操作によつて所求の D を求めることができる。次にその例題を示す。

例題—7 : $C=110$, $Q=4500 \text{ l/sec}$, $I=20\%$ を与えて D を求めよ。

〔求め方〕 : この場合は与えられた Q の値は Q_1 尺の目盛範囲外(右側)にあるから、 I_1 尺の $I=20\%$ 目盛と、 C_1 尺の $C=110$ 目盛とを合わせ、このときの Q_1 尺上の与えられた Q の $1/10$ 倍の目盛位置、したがって $Q=4500 \times 1/10=450 \text{ l/sec}$ の目盛位置を D_q 尺上で読んで、 $D=107.5\text{mm}$ を得る。この値を10倍したもの、すなわち、 $D=107.5 \times 10=1075\text{mm}$ が所求の D の値である。

また、この場合には所求の $D=1075\text{mm}$ の目盛は D_q 尺の目盛範囲内にあるから次の方法でも求めることができる。

〔求め方〕 : まず、与えられた C の値を $1/10$ 倍し、 $C=110 \times 1/10=11$ とし、 I_1 尺

上の $I = 20\%$ 目盛と C 尺上の $C = 11$ 目盛とを合わせ、このときの Q_1 尺上の与えられた Q の $1/10$ 倍の目盛位置、したがって $Q = 4500 \times 1/10 = 450 \text{ l/sec}$ の目盛位置を D_Q 尺上で読んで直接所求の $D = 1075 \text{ mm}$ が得られる。

例題—8 : $C = 100$, $Q = 1 \text{ l/sec}$, $I = 20\%$ を与えて D を求めよ。

[求め方] : I_1 尺上の $I = 20\%$ 目盛と、 C 尺上の $C = 100$ 目盛とを合わせると、このときの Q_1 尺上の $Q = 1 \text{ l/sec}$ の目盛位置は D_Q 尺から scale out しているから、この場合には、 I_1 尺上の $I = 20\%$ 目盛と、 C_2 尺上の $C = 100$ 目盛とを合わせ、このときの Q_1 尺上の与えられた Q の 10 倍の目盛位置、したがって $Q = 1 \times 10 = 10 \text{ l/sec}$ の目盛位置を D_Q 尺上で読んで $D = 455 \text{ mm}$ を得る。この D の値を $1/10$ 倍したもの、すなわち、 $D = 455 \times 1/10 = 45.5 \text{ mm}$ が所求の D の値である。

C) D, Q, C を与えて I を求めること。

滑走尺を動かし、 Q_1 尺上の与えられた Q の目盛と、 D_Q 尺上の与えられた D の目盛とを合わせ、このときの C 尺上の与えられた C の目盛位置を I_1 尺上の I 目盛で読めば所求の I が得られる。

例題—9 : $C = 100$, $Q = 60 \text{ l/sec}$, $D = 300 \text{ mm}$ を与えて I を求めよ。

[求め方] : Q_1 尺上の $Q = 60 \text{ l/sec}$ 目盛と、 D_Q 尺上の $D = 300 \text{ mm}$ 目盛とを合わせ、このときの C 尺上の $C = 100$ の目盛位置を I_1 尺上の I 目盛で読んで、 $I = 4.05\%$ が得られる。

この場合、与えられた Q 及び D のいずれか一方、または両方がそれぞれの目盛範囲外にある場合には、前例に従って補助尺の C_1 尺または C_2 尺を用いるか、または与えられた C の値を適当に変換することによつて解決される。次にその例題を示す。

例題—10 : $C = 80$, $Q = 0.35 \text{ l/sec}$, $D = 75 \text{ mm}$ を与えて I を求めよ。

[求め方] : 与えられた $Q = 0.35 \text{ l/sec}$ の目盛は Q_1 尺から scale out しているから、まず、与えられた Q の値を 10 倍し、 $Q = 0.35 \times 10 = 3.5 \text{ l/sec}$ とし、 Q_1 尺上の $Q = 3.5 \text{ l/sec}$ 目盛と、 D_Q 尺上の $D = 75 \text{ mm}$ 目盛とを合わせ、このときの C 尺上の与えられた C の 10 倍の目盛位置、したがって、 $C = 80 \times 10 = 800$ の目盛位置を I_1 尺上の I 目盛で読んで、 $I = 0.38\%$ が得られる。

例題—11 : $C = 90$, $Q = 4500 \text{ l/sec}$, $D = 2100 \text{ mm}$ を与えて I を求めよ。

[求め方] : 与えられた $Q = 4500 \text{ l/sec}$ 及び $D = 2100 \text{ mm}$ はいずれも Q_1 尺及び D_Q 尺から scale out しているから、この場合にはまず、与えられた Q 及び D をそれぞれ $1/10$ 倍して、 $Q = 450 \text{ l/sec}$, $D = 210 \text{ mm}$ とする。しかして、 Q_1 尺上の $Q = 450 \text{ l/sec}$ 目盛と、 D_Q 尺上の $D = 210 \text{ mm}$ 目盛とを合わせる。このときの C_1 尺の $C = 90$ の目盛位置を I_1 尺上の I 目盛で読んで、 $I = 1.12\%$ が得

られる。

D) Q, D, I を与えて C を求めること。

滑走尺を動かし、 Q_1 尺上の与えられた Q の目盛と、 D_0 尺上の与えられた D の目盛とを合わせ、このときの I_1 尺上の与えられた I の目盛位置を C 尺上で読んで所求の C が得られる。

例題—12: $Q=100\text{ l/sec}$, $D=400\text{ mm}$, $I=2\text{‰}$ を与えて C を求めよ。

〔求め方〕: Q_1 尺上の $Q=100\text{ l/sec}$ 目盛と、 D_0 尺上の $D=400\text{ mm}$ 目盛とを合わせ、このときの I_1 尺上の $I=2\text{‰}$ の目盛位置を C 尺上で読んで、 $C=114$ が得られる。

この場合、与えられた Q 及び D のいずれか一方、または両方がそれぞれの尺の目盛範囲外にあるときは、前例に従って、補助尺の C_1 尺または C_2 尺を用いるか、または与えられた C の値を適当に変換することによつて解決される。

次に、水理 4 量の Q, D, I 及び C のうち、 Q の代りに v が既知量または未知量として入つて来た場合には、 Q_1 尺の Q 目盛の代りに V 目盛を、 D_0 尺の代りに D_0 尺をそれぞれ用いることによつて、 Q が既知量または未知量の場合と全く同様の方法で解決することができる。次に v を未知量とした場合の 1 例を挙げてこの場合の操作方法の説明にかえることとする。

E) D, I, C を与えて v を求めること。

滑走尺を動かし、 I_1 尺上の与えられた I の目盛と、 C 尺上の与えられた C の目盛とを合わせ、このときの D_0 尺上の与えられた D 値の目盛位置をカーソル線上で、 Q_1 尺上の V 目盛で読むことによつて所求の v が得られる。

例題—13: $D=500\text{ mm}$, $I=2\text{‰}$, $C=90$ を与えて v を求めよ。

〔求め方〕: I_1 尺上の $I=2\text{‰}$ 目盛と、 C 尺上の $C=90$ 目盛とを合わせ、次にカーソル線を D_0 尺上の $D=500\text{ mm}$ 目盛に合わせ、このときのカーソル線的位置を Q_1 尺上の V 目盛で読んで、 $v=0.72\text{ m/sec}$ が得られる。

この場合、与えられた v の値及び求められる v の値が Q_1 尺上の目盛範囲外に出たときには、与えられた C の値を適当に変換することによつて、 Q の場合と同様に容易に解決される。しかし、実際の場合、 v の値が Q_1 尺の範囲外に出るほど極端に大きくなることも、また、小さくなることも殆んどない。また D_0 尺は $D=10\text{ mm} \sim 10\text{ m}$ の範囲に目盛つてあるから、 D_0 尺を scale out することも殆んど考えられない。

2) 等長管群の合成及び分解

A) 口径の等しい場合

i) n 本の口径 d なる並列管路と水理的に等値な合成単一管路の口径 D を求め

ること。

滑走尺の裏面を用い、滑走尺を動かし、 Q_2 尺上の $Q=1\text{ l/sec}$ の目盛線（これをこの場合の「基線」と呼ぶこととする）を Q_1 尺上の与えられた n の目盛に合わせ、次にカーソルを動かし、カーソル線を D_2 尺上の与えられた d の目盛に合わせれば、 D_1 尺上で読んだこのときのカーソル線の位置が所求の D を与える。

例題—14 : $d=300\text{mm}$, $n=4$ を与えて D を求めよ。

〔求め方〕: Q_2 尺の「基線」を Q_1 尺上の $n=4$ の目盛位置に合わせ、次にカーソル線を D_2 尺上の $D=300\text{mm}$ の目盛に合わせ、このときのカーソル線位置を D_1 尺上で読んで、 $D=508\text{mm}$ が得られる。

この問題はまた、次の方法でも解くこともできる。

〔求め方〕: Q_2 尺の「基線」($n=1$ の目盛線) をカーソル線上で D_1 尺上の $D=300\text{mm}$ の目盛に合わせ、次にカーソル線を動かし、 Q_2 尺上の $n=4$ の目盛に合わせ、このときのカーソル線下の D_1 尺の目盛を読んで、 $D=508\text{mm}$ が得られる。

管路の合成分解の問題は、いずれの方法によっても解決可能であるから場合場合によつて誤差の少なくなる方法を選んだ方がよい。本解説書においては便宜上、すべて前者の方法による求め方を記載してある。

ii) 口径 D なる単一管路を n 本の口径 d なる並列管路に分解した場合の d を求めること。

Q_2 尺の「基線」を Q_1 尺上の与えられた n の目盛に合わせ、そのときの D_1 尺上の与えられた D の目盛位置をカーソル線上で、 D_2 尺上で読めば所求の d が得られる。

例題—15 : $D=600\text{mm}$, $n=3$ を与えて d を求めよ。

〔求め方〕: Q_2 尺の「基線」を Q_1 尺上の $n=3$ 目盛に合わせ、このときの D_1 尺上の $D=600\text{mm}$ の目盛位置をカーソル線上で、 D_2 尺上で読んで、 $d=395\text{mm}$ が得られる。

iii) 口径 D なる単一管路を口径 d なる管路に分解したときの等値換算管路数 n を求めること。

D_1 尺上の与えられた D の目盛と、 D_2 尺上の与えられた d の目盛とをカーソル線上で合わせ、このときの Q_2 尺の「基線」位置を Q_1 尺上の n 目盛で読めば所求の n が得られる。

例題—16 : $D=800\text{mm}$, $d=500\text{mm}$ を与えて n を求めよ。

〔求め方〕: D_1 尺上の $D=800\text{mm}$ 目盛と、 D_2 尺上の $D=500\text{mm}$ 目盛とをカーソル線上で合わせ、このときの Q_2 尺上の「基線」位置を Q_1 尺上の n 目盛

で読んで、 $n=3.45$ が得られる。

この場合、 $D>d$ であるのが一般であるが $D<d$ の場合の $n(<1)$ を求めたい場合もある。このときは Q_2 尺上の「基線」は Q_1 尺上の $Q=1^{l/sec}$ の目盛位置より左方に移動し、 $n<0.4$ のときには Q_1 尺から scale out するから、この場合には「基線」の変換を行い、 Q_2 尺上の $Q=10^{l/sec}$ の目盛線を「基線」とし、求められた n の値を $1/10$ 倍して所求の n の値とすればよい。次にこの場合の例題を示す。

例題—17： $D=300\text{mm}$ ， $d=450\text{mm}$ を与えて n を求めよ。

〔求め方〕： D_1 尺上の $D=300\text{mm}$ 目盛と、 D_2 尺上の $d=450\text{mm}$ 目盛とをカーソル線上で合わせると、このときの Q_2 尺上の「基線」は Q_1 尺を scale out するから、 Q_2 尺上の $Q=10^{l/sec}$ の目盛線を「基線」と考え、この位置を Q_1 尺上の n 目盛で読んで、 $n=3.45$ が得られる。したがって、この場合の所求の n は、 $n=3.45\times 1/10=0.345$ となる。

B) 口径の異なる場合

i) 口径 d_1 なる管路と、口径 d_2 なる管路との合成管路口径 D を求めること。

合成せんとする2管路のうち、口径の大きな方のものの口径を D_1 尺上にとる。いま、 $d_1>d_2$ とすれば、 D_1 尺上の与えられた d_1 の目盛と、 D_2 尺上の与えられた d_2 の目盛とをカーソル線上で合わせ、そのときの Q_2 尺上の「基線」位置を Q_1 尺上の n 目盛で読み、この n の値に1を加えた値、すなわち $(n+1)$ を Q_1 尺上にとり、これに Q_2 尺上の「基線」を合わせる。このときの D_2 尺上の与えられた d_2 の目盛位置をカーソル線上で、 D_1 尺上で読めば、これが所求の D を与える。

例題—18： $d_1=400\text{mm}$ ， $d_2=300\text{mm}$ を与えて D を求めよ。

〔求め方〕： D_1 尺上の $D=400\text{mm}$ 目盛と、 D_2 尺上の $D=300\text{mm}$ 目盛とをカーソル線上で合わせ、そのときの Q_2 尺上の「基線」位置を Q_1 尺上の n 目盛で読んで、 $n=2.14$ を得る。次に Q_2 尺上の「基線」を Q_1 尺上の $(n+1)=2.14+1=3.14$ の目盛に合わせ、このときの D_2 尺上の $D=300\text{mm}$ の目盛位置を D_1 尺上で読んで、 $D=463\text{mm}$ が得られる。

この場合、最初に口径の小さな方を D_2 尺上にとつても同様な方法で計算出来るが、 Q_2 尺上の「基線」が Q_1 尺を scale out することがあり、「基線」の変換を行わなければならないと間違いを起す公算が大きくなるから、なるべく、大きな管径の方を D_1 尺にとる方がよい。

本例題につき参考のため、他の求め方を用いた場合について述べておく。

〔求め方〕： D_1 尺上の $D=300\text{mm}$ の目盛に Q_2 尺の「基線」をカーソル線を用いて合わせ、次にカーソル線を移動し、 D_1 尺上の $D=400\text{mm}$ の目盛位置

を Q_2 尺上の n 目盛で読んで $n=2.14$ を得る。次にカーソル線を Q_2 尺上の $n=2.14+1=3.14$ の目盛に合わせ、このときのカーソル線の位置を D_1 尺上で読んで、 $D=463\text{mm}$ が得られる。

ii) 口径 D なる単一管路を2本の管路に分解し、1本の管路の口径を d_1 とした場合、他の管路の口径 d_2 を求めること。

D_1 尺上の与えられた D の目盛と、 D_2 尺上の与えられた d_1 の目盛とをカーソル線上で合わせ、このときの Q_2 尺上の「基線」位置を Q_1 尺上の n 目盛で読み、この n の値から1を差引いた値、すなわち $(n-1)$ を Q_1 尺上にとり、これに Q_2 尺上の「基線」を合わせる。このときの D_2 尺上の与えられた d_1 の目盛位置をカーソル線上で、 D_1 尺上で読めば、これが所求の d_2 を与える。

例題—19： $D=600\text{mm}$ 、 $d_1=400\text{mm}$ を与えて d_2 を求めよ。

〔求め方〕： D_1 尺上の $D=600\text{mm}$ 目盛と、 D_2 尺上の $D=400\text{mm}$ 目盛とをカーソル線上で合わせ、このときの Q_2 尺上の「基線」位置を Q_1 尺上の n 目盛で読んで $n=2.91$ を得る。次に Q_2 尺上の「基線」を Q_1 尺上の $(n-1)=2.91-1=1.91$ の目盛に合わせ、このときの D_2 尺上の $D=400\text{mm}$ の目盛位置をカーソル線上で、 D_1 尺上で読んで、 $d_2=511\text{mm}$ が得られる。

この場合 $(n-1)$ の値が Q_1 尺の目盛範囲外になつたときには、 Q_2 尺の「基線」の変換を行えばよい。次にその場合の例題を示す。

例題—20： $D=500\text{mm}$ 、 $d_1=450\text{mm}$ を与えて d_2 を求めよ。

〔求め方〕： D_1 尺上の $D=500\text{mm}$ 目盛と、 D_2 尺上の $D=450\text{mm}$ 目盛とをカーソル線上で合わせ、このときの Q_2 尺上の「基線」位置を Q_1 尺上の n 目盛で読んで $n=1.32$ を得る。この場合には $(n-1)=1.32-1=0.32$ となり、 Q_1 尺上の n 目盛の範囲外に出るから $(n-1)$ の値を10倍して3.2とし、 Q_1 尺上の $n=3.2$ の目盛位置に Q_2 尺上の $Q=10^4/\text{sec}$ の目盛（変換基線）を合わせ、このときの D_2 尺上の $D=450\text{mm}$ の目盛位置をカーソル線上で、 D_1 尺上で読んで、 $d_2=292\text{mm}$ が得られる。

iii) 異口径の m 本 ($m \geq 3$) の管路を単一管路に合成すること。

与えられた口径 $d_1, d_2, d_3, \dots, d_m$ の m 本の管路を合成した単一管路の口径 D を求めることは、まず、管路 d_1 と管路 d_2 とを合成し、その結果に更に d_3 を合成する操作を順次繰返して行うことによつて容易に解決できる。

例題—21： $d_1=300\text{mm}$ 、 $d_2=400\text{mm}$ 、 $d_3=500\text{mm}$ を与えて合成管径 D を求めよ。

〔求め方〕：i)の場合と同様な操作で、まず、 $d_1=300\text{mm}$ と $d_2=400\text{mm}$ とを合成して、その合成管径として $D_1=463\text{mm}$ が得られる。次に $D_1=463\text{mm}$ と $d_3=500\text{mm}$ とを合成して所求の合成管径 $D=627\text{mm}$ が得られる。

iv) 口径 D なる単一管路を m 本 ($m \geq 3$) の管路に分解し, $(m-1)$ 本の管路の口径を与えて残りの1本の管路口径を求めること。

与えられた $(m-1)$ 本の管路の口径を $d_1, d_2, d_3, \dots, d_{m-1}$ とし, まず与えられた口径 D なる単一管路を2本の管路に分解し, その1本の分解管路の口径を d_1 としたときの他の分解管路の口径 d_{m+1} を求める。次に口径 $d_{m+1} + 1$ なる管路を更に2本の管路に分解し, その1本の分解管路の口径を d_2 としたときの他の分解管路の口径 d_{m+2} を求める。この分解操作を繰り返してゆけば m 本目の分解管路の所要口径 d_m を求めることができる。

例題—22: $m=3$ として, $D=600\text{mm}$, $d_1=300\text{mm}$, $d_2=450\text{mm}$ を与えて d_3 を求めよ。

[求め方]: ii) の場合と同様な操作で, まず, 与えられた単一管路の $D=600\text{mm}$ を $d_1=300\text{mm}$ と d_4 の2本の管路に分解して, $d_4=561\text{mm}$ を得る。次に $d_4=561\text{mm}$ を $d_2=450\text{mm}$ と d_3 の2本の管路に分解して, $d_3=411\text{mm}$ が得られる。

また, iii), iv) のごとき, 異口径管路の合成分解は次のような考え方によつても解くことができ, 場合によつて, この方法によつた方がよいことがある。すなわち, 合成する場合には, 与えられた被合成管路 $d_1, d_2, d_3, \dots, d_m$ のうち, いづれか一つの管路 d_i を任意に選び (この場合, 最大口径, 最小口径のものを避け, なるべく中間口径のものを選ぶと計算誤差が少くなる) 残りの管路 $d_1, d_2, d_3, \dots, d_{i-1}, d_{i+1}, \dots, d_m$ の d_i に対する等値管数 $n_1, n_2, n_3, \dots, n_{i-1}, n_{i+1}, \dots, n_m$ を求め, $N = (n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{i-1} + n_{i+1} + \dots + n_m) + 1$ を計算する。かくして求められた N の値を Q_1 尺上の n 目盛にとり, これに Q_2 尺上の「基線」を合わせ, このときの D_2 尺上の $D=d_i$ の目盛位置をカーソル線上で, D_1 尺上で読めば所求の D を求めることができる。

例題—23: $d_1=300\text{mm}$, $d_2=400\text{mm}$, $d_3=500\text{mm}$ を与えて合成管径 D を求めよ (例題—21と同じ)。

[求め方]: d_2 を基準として, d_2 に対する d_1 及び d_3 の等値管数 n_1 及び n_3 を求める。まず, D_1 尺上の $D=300\text{mm}$ 目盛と D_2 尺上の $D=400\text{mm}$ 目盛とをカーソル線上で合せ, このときの Q_2 尺上の「基線」位置を Q_1 尺上の n 目盛で読んで, $n_1=0.47$ を得る。次に D_1 尺上の $D=500\text{mm}$ 目盛と D_2 尺上の $D=400\text{mm}$ 目盛とを合せ, このときの Q_2 尺上の「基線」位置を Q_1 尺上の n 目盛で読んで, $n_3=1.80$ を得る。したがって,

$$N = (n_1 + n_3) + 1 = (0.47 + 1.80) + 1 = 3.27$$

Q_1 尺上の n 目盛の $n=3.27$ に Q_2 尺上の「基線」を合わせ, このときの D_2

尺上の $D=400\text{mm}$ の目盛位置をカーソル線上で D_1 尺上で読んで $D=627\text{mm}$ が得られる。

同様な方法により、分解する場合には、与えられた $(m-1)$ 本の分解管路中より適当な基準管径 d_i を選び、分解管路 $d_1, d_2, d_3, \dots, d_{i-1}, d_{i+1}, \dots, d_{m-1}$ 及び被分解管路 D の d_i に対する等値管数 $n_1, n_2, n_3, \dots, n_{i-1}, n_{i+1}, \dots, n_{m-1}$ 及び n_D を求め、 $N=n_D - \{(n_1+n_2+n_3+\dots+n_{i-1}+n_{i+1}+\dots+n_{m-1})+1\}$ を計算する。かくして求められた N の値を Q_1 尺上の n 目盛にとり、これに Q_2 尺上の「基線」を合わせ、このときの D_2 尺上の $D=d_i$ の目盛位置をカーソル線上で、 D_1 尺上で読めば所求の d_m を求めることができる。

例題—24： $m=3$ として、 $D=600\text{mm}$, $d_1=300\text{mm}$, $d_2=450\text{mm}$ を与えて d_3 を求めよ（例題—22と同じ）。

〔求め方〕： d_2 を基準として、 d_2 に対する d_1 及び D の等値管数 n_1 及び n_D を求めれば $n_1=0.34$, $n_D=2.13$ が得られる。したがって、

$$N=2.13-(0.34+1)=0.79$$

Q_1 尺上の n 目盛の $n=0.79$ に Q_2 尺上の「基線」を合わせ、このときの D_2 尺上の $D=d_2=450\text{mm}$ の目盛位置をカーソル線上で、 D_1 尺上で読んで、 $d_3=411\text{mm}$ が得られる。

3) 管路口径と管路延長との等値換算

A) 口径 d_1 , 延長 l_1 なる管路の口径を d_2 にした場合の等値換算管路延長 l_2 を求めること。

D_1 尺上の与えられた d_1 の目盛と、 D_2 尺上の与えられた d_2 の目盛とをカーソル線上で合わせ、このときの I_1 尺上の与えられた l_1 の目盛位置を I_2 尺上の l 目盛で読めば所求の l_2 を求めることができる。

例題—25： $d_1=400\text{mm}$, $l_1=100\text{m}$ の管路の口径を $d_2=300\text{mm}$ とした場合の等値換算管路延長 l_2 を求めよ。

〔求め方〕： D_1 尺上の $D=400\text{mm}$ 目盛と、 D_2 尺上の $D=300\text{mm}$ 目盛とをカーソル線上で合わせ、このときの I_1 尺上の $l=100\text{m}$ の目盛位置を I_2 尺上の l 目盛で読んで $l_2=24.5\text{m}$ が得られる。

B) 口径 d_1 , 延長 l_1 なる管路の延長を l_2 にした場合の等値換算管径 d_2 を求めること。

I_1 尺上の与えられた l_1 の目盛と、 I_2 尺上の与えられた l_2 の目盛とを合わせ、このときの D_1 尺上の与えられた d_1 の目盛位置をカーソル線上で、 D_2 尺上で読めば所求の d_2 を求めることができる。

例題—26： $d_1=500\text{mm}$, $l_1=120\text{m}$ の管路延長を $l_2=200\text{m}$ とした場合の等値換

算管径 d_2 を求めよ。

[求め方]: I_1 尺上の $l=120\text{m}$ 目盛と I_2 尺上の $l=200\text{m}$ 目盛とを合わせ、このときの D_1 尺上の $D=500\text{mm}$ の目盛位置をカーソル線上で、 D_2 尺上で読んで、 $d_2=556\text{mm}$ が得られる。

4) 管路口径と損失水頭（または動水勾配）との等値換算

A) 口径 d_1 、損失水頭 h_1 （または動水勾配 I_1 ）の管路の口径を d_2 にした場合の等値換算損失水頭 h_2 （または等値換算動水勾配 I_2 ）を求めること。

D_1 尺上の与えられた d_1 の目盛と、 D_2 尺上の与えられた d_2 の目盛とをカーソル線上で合わせ、このときの I_2 尺上の与えられた h_1 （または I_1 ）の目盛位置をカーソル線上で、 I_1 尺上の h 目盛（または I 目盛）で読めば所求の等値換算損失水頭 h_2 （または等値換算動水勾配 I_2 ）を求めることができる。

例題—27: $d_1=500\text{mm}$ 、 $h_1=15.0\text{m}$ の管路の口径を $d_2=350\text{mm}$ にした場合の等値換算損失水頭 h_2 を求めよ。

[求め方]: D_1 尺上の $D=500\text{mm}$ 目盛と、 D_2 尺上の $D=350\text{mm}$ 目盛とをカーソル線上で合わせ、このときの I_2 尺上の $h=15.0\text{m}$ の目盛位置を I_1 尺上の h 目盛で読んで、 $h_2=85\text{m}$ が得られる。

例題—28: $d_1=600\text{mm}$ 、 $I_1=5.2\text{‰}$ の管路の口径を $d_2=700\text{mm}$ にした場合の等値換算動水勾配 I_2 を求めよ。

[求め方]: D_1 尺上の $D=600\text{mm}$ 目盛と D_2 尺上の $D=700\text{mm}$ 目盛とをカーソル線上で合わせ、このときの I_2 尺上の $I=5.2\text{‰}$ の目盛位置を I_1 尺上の I 目盛で読んで、 $I_2=2.47\text{‰}$ が得られる。

B) 口径 d_1 、損失水頭 h_1 （または動水勾配 I_1 ）の管路の損失水頭を h_2 （または動水勾配を I_2 ）にした場合の等値換算管径 d_2 を求めること。

I_1 尺上の与えられた h_1 （または I_1 ）の目盛と、 I_2 尺上の与えられた h_2 （または I_2 ）の目盛とを合わせ、このときの D_2 尺上の与えられた d_1 の目盛位置をカーソル線上で、 D_1 尺上で読めば所求の等値換算管径 d_2 を求めることができる。

例題—29: $d_1=400\text{mm}$ 、 $h_1=5.3\text{m}$ の管路の損失水頭を $h_2=7.5\text{m}$ にした場合の等値換算管径 d_2 を求めよ。

[求め方]: I_1 尺上の $h=5.3\text{m}$ 目盛と、 I_2 尺上の $h=7.5\text{m}$ 目盛とを合わせ、このときの D_2 尺上の $d=400\text{mm}$ の目盛位置をカーソル線上で、 D_1 尺上で読んで、 $d_2=372\text{mm}$ が得られる。

例題—30: $d_1=400\text{mm}$ 、 $I_1=5.5\text{‰}$ の管路の動水勾配を $I_2=4.5\text{‰}$ にした場合の等値換算管径 d_2 を求めよ。

[求め方]: I_1 尺上の $I=5.5\text{‰}$ 目盛と I_2 尺上の $I=4.5\text{‰}$ 目盛とを合わせ、このときの D_2 尺上の $d=400\text{mm}$ の目盛位置をカーソル線上で、 D_1 尺上で読

んで、 $d=416\text{mm}$ が得られる。

5) 管路口径と流量との等値換算

A) 口径 d_1 、流量 Q_1 の管路の口径を d_2 にした場合の等値換算流量 Q_2 を求めること。

D_1 尺上の与えられた d_1 目盛と、 D_2 尺上の与えられた d_2 目盛とをカーソル線上で合わせ、このときの Q_1 尺上の与えられた Q_1 の目盛位置を Q_2 尺上の Q 目盛で読めば所求の等値換算流量 Q_2 を求めることができる。

例題—31: $d_1=800\text{mm}$ 、 $Q_1=500\text{l/sec}$ の管路の口径を $d_2=700\text{mm}$ にした場合の等値換算流量 Q_2 を求めよ。

[求め方]: D_1 尺上の $d=800\text{mm}$ 目盛と、 D_2 尺上の $d=700\text{mm}$ 目盛とをカーソル線上で合わせ、このときの Q_1 尺上の $Q=500\text{l/sec}$ の目盛位置を Q_2 尺上の Q 目盛で読んで $Q_2=351\text{l/sec}$ が得られる。

また、この場合は、動水勾配及び流速係数を一定とするという条件から滑走尺表面を用いて、次のようにして Q_2 を求めることもできる。

[求め方]: Q_1 尺上の $Q=500\text{l/sec}$ 目盛と、 D_Q 尺上の $D=800\text{mm}$ 目盛とを合わせ、このときの D_Q 尺上の $D=700\text{mm}$ の目盛位置を Q_1 尺上の Q 目盛で読んで所求の $Q_2=351\text{l/sec}$ が得られる。

B) 口径 d_1 、流量 Q_1 の管路の流量を Q_2 にした場合の等値換算管径 d_2 を求めること。

Q_1 尺上の与えられた Q_1 の目盛と、 Q_2 尺上の与えられた Q_2 の目盛とを合わせ、このときの D_1 尺上の与えられた d_1 の目盛位置を D_2 尺上で読めば所求の等値換算管径 d_2 を求めることができる。

例題—32: $d_1=450\text{mm}$ 、 $Q_1=150\text{l/sec}$ の管路の流量を $Q_2=200\text{l/sec}$ にした場合の等値換算管径 d_2 を求めよ。

[求め方]: Q_1 尺上の $Q=150\text{l/sec}$ 目盛と、 Q_2 尺上の $Q=200\text{l/sec}$ 目盛とを合わせ、このときの D_1 尺上の $D=450\text{mm}$ の目盛位置をカーソル線上で、 D_2 尺上で読んで、 $d_2=502\text{mm}$ が得られる。

また例題—31の場合と同様に、滑走尺表面を用いて次のようにして求めることもできる。

[求め方]: Q_1 尺上の $Q=150\text{l/sec}$ 目盛と、 D_Q 尺上の $D=450\text{mm}$ 目盛とを合わせ、このときの Q_1 尺上の $Q=200\text{l/sec}$ の目盛位置を D_Q 尺上で読んで $d_2=502\text{mm}$ が得られる。

6) 流量と管路延長との等値換算

A) 流量 Q_1 、管路延長 l_1 なる管路の流量を Q_2 にした場合の等値換算管路延長 l_2 を求めること。

Q_1 尺上の与えられた Q_1 の目盛と、 Q_2 尺上の与えられた Q_2 の目盛とを合わせ、このときの I_2 尺上の与えられた l_1 の目盛位置を I_1 尺上の l 目盛で読めば所求の等値換算管路延長 l_2 を求めることができる。

例題—33 : $Q_1=300\text{l/sec}$, $l_1=300\text{m}$ の管路の流量を $Q_2=450\text{l/sec}$ とした場合の等値換算管路延長 l_2 を求めよ。

[求め方] : Q_1 尺上の $Q=300\text{l/sec}$ 目盛と、 Q_2 尺上の $Q=450\text{l/sec}$ 目盛とを合わせ、このときの I_2 尺上の $l=300\text{m}$ の目盛位置を I_1 尺上の l 目盛で読んで $l_2=142\text{m}$ が得られる。

B) 流量 Q_1 、管路延長 l_1 なる管路の延長を l_2 にした場合の等値換算流量 Q_2 を求めること。

I_1 尺上の与えられた l_1 の目盛と、 I_2 尺上の与えられた l_2 の目盛とを合わせ、このときの Q_2 尺上の与えられた Q_1 の目盛位置を Q_1 尺上の Q 目盛で読めば所求の等値換算流量 Q_2 を求めることができる。

例題—34 : $Q_1=250\text{l/sec}$, $l_1=150\text{m}$ の管路の延長を $l_2=200\text{m}$ にした場合の等値換算流量 Q_2 を求めよ。

[求め方] : I_1 尺上の $l=150\text{m}$ 目盛と、 I_2 尺上の $l=200\text{m}$ 目盛とを合わせ、このときの Q_2 尺上の $Q=250\text{l/sec}$ の目盛位置を Q_1 尺上の Q 目盛で読んで、 $Q_2=214\text{l/sec}$ が得られる。

7) 流量と損失水頭（または動水勾配）との等値換算

A) 流量 Q_1 、損失水頭 h_1 （または動水勾配 I_1 ）の管路の流量を Q_2 にした場合の等値換算損失水頭 h_2 （または等値換算動水勾配 I_2 ）を求めること。

Q_1 尺上の与えられた Q_1 の目盛と、 Q_2 尺上の与えられた Q_2 の目盛とを合わせ、このときの I_1 尺上の与えられた h_1 （または I_1 ）の目盛位置を I_2 尺上の h 目盛（または I 目盛）で読めば所求の等値換算損失水頭 h_2 （または等値換算動水勾配 I_2 ）を求めることができる。

例題—35 : $Q_1=50\text{l/sec}$, $h_1=2.5\text{m}$ の管路の流量を $Q_2=80\text{l/sec}$ にした場合の等値換算損失水頭 h_2 を求めよ。

[求め方] : Q_1 尺上の $Q=50\text{l/sec}$ 目盛と、 Q_2 尺上の $Q=80\text{l/sec}$ 目盛とを合わせ、このときの I_1 尺上の $h=2.5\text{m}$ の目盛位置を I_2 尺上の h 目盛で読んで、 $h_2=5.95\text{m}$ が得られる。

例題—36 : $Q_1=60\text{l/sec}$, $I_1=8.0\text{‰}$ の管路の流量を $Q_2=50\text{l/sec}$ にした場合の等値換算動水勾配 I_2 を求めよ。

[求め方] : Q_1 尺上の $Q=60\text{l/sec}$ 目盛と、 Q_2 尺上の $Q=50\text{l/sec}$ 目盛とを合わせ、このときの I_1 尺上の $I=8.0\text{‰}$ の目盛位置を I_2 尺上の I 目盛で読んで $I_2=5.7\text{‰}$ が得られる。

B) 流量 Q_1 , 損失水頭 h_1 (または動水勾配 I_1) の管路の損失水頭を h_2 (または動水勾配を I_2) にした場合の等値換算流量 Q_2 を求めること。

I_1 尺上の与えられた h_1 (または I_1) の目盛と, I_2 尺上の与えられた h_2 (または I_2) の目盛とを合わせ, このときの Q_1 尺上の与えられた Q_1 の目盛位置を Q_2 尺上の Q 目盛で読めば所求の等値換算流量 Q_2 を求めることができる。

例題—37: $Q_1=30\text{l/sec}$, $h_1=1.8\text{m}$ の管路の損失水頭を $h_2=1.0\text{m}$ にした場合の等値換算流量 Q_2 を求めよ。

[求め方]: I_1 尺上の $h=1.8\text{m}$ 目盛と, I_2 尺上の $h=1.0\text{m}$ 目盛とを合わせ, このときの Q_1 尺上の $Q=30\text{l/sec}$ の目盛位置を Q_2 尺上の Q 目盛で読んで, $Q_2=21.8\text{l/sec}$ が得られる。

例題—38: $Q_1=100\text{l/sec}$, $I_1=5.5\text{‰}$ の管路の動水勾配を $I_2=8.0\text{‰}$ にした場合の等値換算流量 Q_2 を求めよ。

[求め方]: I_1 尺上の $I=5.5\text{‰}$ 目盛と, I_2 尺上の $I=8.0\text{‰}$ 目盛とを合わせ, このときの Q_1 尺上の 100l/sec の目盛位置を Q_2 尺上の Q 目盛で読んで, $Q_2=122\text{l/sec}$ が得られる。

8) 流速係数と管路口径との等値換算

A) 口径 d_1 , 流速係数 C_1 の管路の流速係数を C_2 にした場合の等値換算管径 d_2 を求めること。

Q_1 尺上の与えられた C_1 の目盛と, Q_2 尺上の与えられた C_2 の目盛とを合わせ, このときの D_2 尺上の与えられた d_1 の目盛位置をカーソル線上で D_1 尺上で読めば所求の等値換算管径 d_2 を求めることができる。

例題—39: $C_1=90$, $d_1=500\text{mm}$ の管路の流速係数を $C_2=110$ にした場合の等値換算管径 d_2 を求めよ。

[求め方]: Q_1 尺上の $C=90$ 目盛と, Q_2 尺上の $C=110$ 目盛とを合わせ, このときの D_2 尺上の $D=500\text{mm}$ の目盛位置をカーソル線上で, D_1 尺上で読んで, $d_2=463\text{mm}$ が得られる。

B) 口径 d_1 , 流速係数 C_1 の管路の口径を d_2 とした場合の等値換算流速係数 C_2 を求めること。

D_1 尺上の与えられた d_1 の目盛と, D_2 尺上の与えられた d_2 の目盛とをカーソル線上で合わせ, このときの Q_2 尺上の与えられた C_1 の目盛位置を Q_1 尺上の C 目盛で読めば所求の等値換算流速係数 C_2 を求めることができる。

例題—40: $d_1=600\text{mm}$, $C_1=100$ の管路の口径を $d_2=700\text{mm}$ にした場合の等値換算流速係数 C_2 を求めよ。

[求め方]: D_1 尺上の $d=600\text{mm}$ 目盛と, D_2 尺上の $d=700\text{mm}$ 目盛とをカーソル線上で合わせ, このときの Q_2 尺上の $C=100$ の目盛位置を Q_1 尺上

のC目盛で読んで $C_2=67$ が得られる。

9) 流速係数と流量との等値換算

A) 流速係数 C_1 、流量 Q_1 の管路の流速係数を C_2 にした場合の等値換算流量 Q_2 を求めること。

Q_1 尺上の与えられた C_1 の目盛と、 Q_2 尺上の与えられた C_2 の目盛とを合わせ、このときの Q_1 尺上の与えられた Q_1 の目盛位置を Q_2 尺上の Q 目盛で読めば所求の等値換算流量 Q_2 を求めることができる。

例題—41: $C_1=100$, $Q_1=30\text{ l/sec}$ の管路の流速係数を $C_2=80$ にした場合の等値換算流量 Q_2 を求めよ。

[求め方]: Q_1 尺上の $C=100$ 目盛と Q_2 尺上の $C=80$ 目盛とを合わせ、このときの Q_1 尺上の $Q=30\text{ l/sec}$ の目盛位置を Q_2 尺上の Q 目盛で読んで、 $Q_2=24\text{ l/sec}$ が得られる。

B) 流速係数 C_1 、流量 Q_1 の管路の流量を Q_2 にした場合の等値換算流速係数 C_2 を求めること。

Q_1 尺上の与えられた Q_1 の目盛と、 Q_2 尺上の与えられた Q_2 の目盛とを合わせ、このときの Q_1 尺上の与えられた C_1 の目盛位置を Q_2 尺上の C 目盛で読めば所求の等値換算流速係数 C_2 を求めることができる。

例題—42: $C_1=110$, $Q_1=120\text{ l/sec}$ の管路の流量を $Q_2=80\text{ l/sec}$ にした場合の等値換算流速係数 C_2 を求めよ。

[求め方]: Q_1 尺上の $Q=120\text{ l/sec}$ 目盛と、 Q_2 尺上の $Q=80\text{ l/sec}$ 目盛とを合わせ、このときの Q_1 尺上の $C=110$ の目盛位置を Q_2 尺上の C 目盛で読んで $C_2=73$ が得られる。

流量公式から明かなとおり、 Q と C とは正比例し、 $C_1/C_2=Q_1/Q_2$ の関係にあるから、9) の場合は、単なる比例計算方法で解決される。

10) 流速係数と管路延長との等値換算

A) 流速係数 C_1 、管路延長 l_1 の管路の流速係数を C_2 にした場合の等値換算管路延長 l_2 を求めること。

Q_1 尺上の与えられた C_1 の目盛と、 Q_2 尺上の与えられた C_2 の目盛とを合わせ、このときの l_1 尺上の与えられた l_1 の目盛位置を l_2 尺上の l 目盛で読めば所求の等値換算管路延長 l_2 を求めることができる。

例題—43: $l_1=100\text{ m}$, $C_1=90$ の管路の流速係数を $C_2=110$ にした場合の等値換算管路延長 l_2 を求めよ。

[求め方]: Q_1 尺上の $C=90$ 目盛と、 Q_2 尺上の $C=110$ 目盛とを合わせ、このときの l_1 尺上の $l=100\text{ m}$ の目盛位置を l_2 尺上の l 目盛で読んで $l_2=146\text{ m}$ が得られる。

B) 流速係数 C_1 、管路延長 l_1 の管路の延長を l_2 とした場合の等値換算流速係数 C_2 を求めること。

I_1 尺上の与えられた l_1 の目盛と、 I_2 尺上の与えられた l_2 の目盛とを合わせ、このときの Q_1 尺上の与えられた C_1 の目盛位置を Q_2 尺上の C 目盛で読めば所求の等値換算流速係数 C_2 を求めることができる。

例題—44 : $l_1=150\text{m}$, $C_1=100$ の管路の延長を $l_2=200\text{m}$ とした場合の等値換算流速係数 C_2 を求めよ。

[求め方] : I_1 尺上の $l=150\text{m}$ 目盛と、 I_2 尺上の $l=200\text{m}$ 目盛とを合わせ、このときの Q_1 尺上の $C=100$ の目盛位置を Q_2 尺上の C 目盛で読んで、 $C_2=117$ が得られる。

11) 流速係数と損失水頭（または動水勾配）との等値換算

A) 流速係数 C_1 、損失水頭 h_1 （または動水勾配 I_1 ）の管路の流速係数を C_2 にした場合の等値換算損失水頭 h_2 （または等値換算動水勾配 I_2 ）を求めること。

Q_1 尺上の与えられた C_1 の目盛と、 Q_2 尺上の与えられた C_2 の目盛とを合わせ、このときの I_2 尺上の与えられた h_1 （または I_1 ）の目盛位置を I_1 尺上の h 目盛（または I 目盛）で読めば所求の等値換算損失水頭 h_2 （または等値換算動水勾配 I_2 ）を求めることができる。

例題—45 : $C_1=100$, $h_1=25\text{m}$ の管路の流速係数を $C_2=90$ にした場合の等値換算損失水頭 h_2 を求めよ。

[求め方] : Q_1 尺上の $C=100$ 目盛と、 Q_2 尺上の $C=90$ 目盛とを合わせ、このときの I_2 尺上の $h=25\text{m}$ の目盛位置を I_1 尺上の h 目盛で読んで、 $h_2=30.5\text{m}$ が得られる。

例題—46 : $C_1=120$, $I_1=6.0\%$ の管路の流速係数を $C_2=90$ にした場合の等値換算動水勾配 I_2 を求めよ。

[求め方] : Q_1 尺上の $C=120$ 目盛と、 Q_2 尺上の $C=90$ 目盛とを合わせ、このときの I_2 尺上の $I=6.0\%$ の目盛位置を I_1 尺上の I 目盛で読んで、 $I_2=10.3\%$ が得られる。

B) 流速係数 C_1 、損失水頭 h_1 （または動水勾配 I_1 ）の管路の損失水頭を h_2 （または動水勾配を I_2 ）にした場合の等値換算流速係数 C_2 を求めること。

I_1 尺上の与えられた h_1 （または I_1 ）の目盛と、 I_2 尺上の与えられた h_2 （または I_2 ）の目盛とを合わせ、このときの Q_2 尺上の与えられた C_1 の目盛位置を Q_1 尺上の C 目盛で読めば所求の等値換算流速係数 C_2 を求めることができる。

例題—47 : $h_1=15\text{m}$, $C_1=80$ の管路の損失水頭を $h_2=12\text{m}$ にした場合の等値換算流速係数 C_2 を求めよ。

[求め方] : I_1 尺上の $h=15\text{m}$ 目盛と, I_2 尺上の $h=12\text{m}$ 目盛とを合わせ, このときの Q_2 尺上の $C=80$ の目盛位置を Q_1 尺上の C 目盛で読んで, $C_2=90.2$ が得られる。

例題—48 : $I_1=8.0\text{‰}$, $C_1=110$ の管路の動水勾配を $I_2=12.0\text{‰}$ にした場合の等値換算流速係数 C_2 を求めよ。

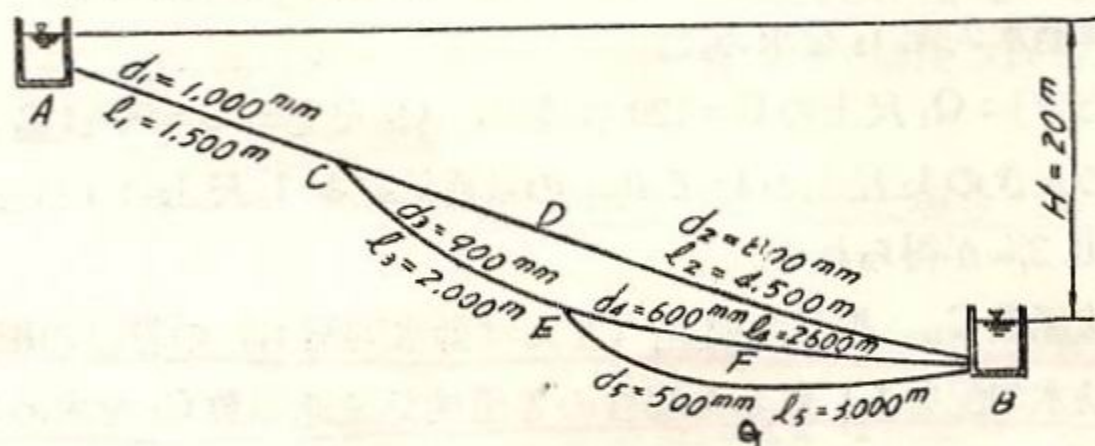
[求め方] : I_1 尺上の $I=8.0\text{‰}$ 目盛と, I_2 尺上の $I=12.0\text{‰}$ 目盛とを合わせ, このときの Q_2 尺上の $C=110$ の目盛位置を Q_1 尺上の C 目盛で読んで, $C_2=88.7$ が得られる。

以上, 本計算尺の各目盛の基本的使用法を例題をあげて説明して来たが, これらの基本的使用方法を綜合適用することによつて, 管水路に関するあらゆる問題を極めて簡単に解くことができる。なお, 計算例に示した計算方法は, その代表的なものを示したもので, 本計算尺の目盛構成を充分理解することによつて, 他の種々な方法で解くことができるようになる。

一般計算尺でもそうであるが, 計算尺を有効に利用するには, 計算尺が有する各目盛の意義及び基本的使用方法を充分理解することが肝要であり, 本計算尺においても, 以上の基本的使用方法に精通することによつて, 今日まで, 理論的には解決可能であつても, 取扱い, 計算が複雑であるため, とかく理論的解明が敬遠され勝ちであつた管水路水理に関する諸問題を極めて容易に解決することができるようになる。

次に, 幾分複雑な 2, 3 の例題について計算例を示すこととする。

例題—49 : A, B 2 水槽が図—2 のごとき管路で連絡されている。A, B 両水槽の水位差を 20m としたときの送水量 Q を求めよ。ただし, 各管路の流速係数 C の値はいずれも 100 とする。



[求め方] : 本例は次の 7 段階の計算によつて容易に解決することができる。

第 1 段階 : $d_5=500\text{mm}$, $l_5=l_5 3,000\text{mm}$ の管路 EGB の管路延長を $l_e=2600\text{m}$ にした場合の等値換算管径 d_e を求める。

I_1 尺上の $l=300\text{m}$ 目盛 (実延長の $1/10$) と I_2 尺上の $l=260\text{m}$ (実延長の $1/10$) とを合わせ, このときの D_1 尺上の $d=500\text{mm}$ の目盛位置をカーソル線上で, D_2 尺上で読んで, $d_e=486\text{mm}$ を得る。

したがって、管路 EGB は、 $d_6=486\text{mm}$ 、 $l_6=2,600\text{m}$ の管路と等値となる。

第2段階：管路延長が共に $2,600\text{m}$ 、管径が $d_4=600\text{mm}$ と $d_6=486\text{mm}$ の管路を $l_7=2,600\text{m}$ なる単一管路に合成した場合の等値管径 d_7 を求める。

D_1 尺上の $D=600\text{mm}$ 目盛と、 D_2 尺上の $D=486\text{mm}$ 目盛とを合わせ、このときの Q_2 尺上の「基線」位置を Q_1 尺上の n 目盛で読んで、 $n=1.75$ を得る。次に Q_2 尺上の「基線」を Q_1 尺上の n 目盛の $(n+1)=1.75+1=2.75$ に合わせ、このときの D_2 尺上の $D=486\text{mm}$ の目盛位置をカーソル線上で、 D_1 尺上で読んで、 $d_7=712\text{mm}$ が得られる。

したがって EFB 及び EGB の2並列管路は、 $d_7=712\text{mm}$ 、 $l_7=2,600\text{m}$ の単一管路に等値換算される。

第3段階： $d_7=712\text{mm}$ 、 $l_7=2,600\text{m}$ の管路の口径を $d_8=900\text{mm}$ とした場合の等値換算管路延長 l_8 を求める。

D_1 尺上の $D=712\text{mm}$ 目盛と、 D_2 尺上の $D=900\text{mm}$ 目盛とを合わせ、このときの I_1 尺上の $l=260\text{m}$ の目盛位置を I_2 尺上の l 目盛で読めば、 $l_8=810\text{m}$ 、したがって $l_8=8,100\text{m}$ が得られる。

したがって、CEB の管路は $d_9=900\text{mm}$ 、 $l_9=l_7+l_8=2,000+8,100=10,100\text{m}$ の等値単一管路におきかえられる。

第4段階： $d_9=900\text{mm}$ 、 $l_9=10,100\text{m}$ の管路の延長を $l_{10}=4,500\text{m}$ とした場合の等値管径 d_{10} を求める。

I_1 尺上の $l=101\text{m}$ (実延長の $1/100$) 目盛と、 I_2 尺上の $l=45\text{m}$ (実延長の $1/100$) 目盛とを合わせ、このときの D_1 尺上の $d=900\text{mm}$ の目盛位置を、カーソル線上で、 D_2 尺上で読んで、 $d_{10}=762\text{mm}$ が得られる。したがって、CEB の管路は更に、 $d_{10}=762\text{mm}$ 、 $l_{10}=4,500\text{m}$ の管路におきかえられる。

第5段階：管路延長が共に $4,500\text{m}$ で管径が $d_2=800\text{mm}$ 及び $d_{10}=762\text{mm}$ の並列管路を単一管路に合成する。

D_1 尺上の $d=800\text{mm}$ 目盛と、 D_2 尺上の $d=762\text{mm}$ 目盛とをカーソル線上で合わせ、このときの D_2 尺上の「基線」位置を Q_1 尺上の n 目盛で読んで、 $n=1.14$ を得る。次に、 Q_2 尺上の「基線」を Q_1 尺上の n 目盛の $(n+1)=2.14$ に合わせ、このときの D_2 尺上の $D=762\text{mm}$ の目盛位置をカーソル線上で、 D_1 尺上で読んで、 $d_{11}=1,020\text{mm}$ が得られる。

したがって、CB 間の管路は $d_{11}=1,020\text{mm}$ 、 $l_{11}=4,500\text{m}$ の単一管路におきかえられる。

第6段階： $d_{11}=1,020\text{mm}$ 、 $l_{11}=4,500\text{m}$ の管路の口径を $d_{12}=1,000\text{mm}$ とした場合の等値換算延長 l_{12} を求める。

D_1 尺上の $d=1,020\text{mm}$ 目盛と、 D_2 尺上の $d=1,000\text{mm}$ 目盛とをカーソル線上で合わせ、このときの I_1 尺上の $l=450\text{m}$ (実延長の $1/10$) の目盛位置を I_2 尺上で読んで $l'_{12}=410\text{m}$ 。したがって $l_{12}=4,100\text{m}$ が得られる。したがって、A; B 両水槽を結ぶ管路は次の単一管路に置換される。

$$d=1,000\text{mm}, l=l_1+l_{12}=1,500+4,100=5,600\text{m}$$

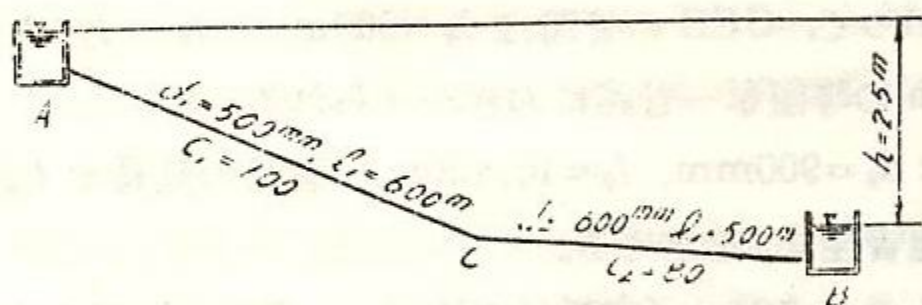
最終段階： $d=1,000\text{mm}$, $l=5,600\text{m}$ なる管路に対して、 $h=20\text{m}$ の有効落差を与えた場合の流量 Q を求める。

$$I=h/l=20/5600=3.57\text{‰}$$

I_1 尺上の $I=3.57\text{‰}$ 目盛に C 尺上の $C=100$ 目盛を合わせ、このときの D_Q 尺上の $d=1,000\text{mm}$ の目盛位置を Q_1 尺上の Q 目盛で読んで、 $Q=1,340\text{l/sec}$ を得る。これが所求の Q である。

使用法に熟練すれば Q_1 尺と Q_2 尺、 D_1 尺と D_2 尺、 I_1 尺と I_2 尺は区別なく同様に使用出来るようになるから連続計算が可能となり、それだけ計算誤差を少なくすることができる。

例題—50：A, B 2 水槽が図—3 のごとき管路で連絡されている。A, B 両水槽の水位差が 2.5m であるときの送水量を求めよ。



〔求め方〕：

第1段階： $d_2=600\text{mm}$, $l_2=500\text{m}$, $C_2=80$ の管路 C B の流速係数を $C_3=100$ にした場合の等値管路長 l_3 を求める。

Q_1 尺上の $C=80$ 目盛と、 Q_2 尺上の $C=100$ 目盛とを合わせ、このときの I_1 尺上の $l=500\text{m}$ の目盛位置を I_2 尺上の l 目盛で読んで、 $l_3=750\text{m}$ が得られる。したがって管路 C B は、 $d_3=600\text{mm}$, $l_3=750\text{m}$, $C_3=100$ の管路に置換される。

第2段階： $d_3=600\text{mm}$, $l_3=750\text{m}$, $C_3=100$ の管路の口径を $d_4=500\text{mm}$ にした場合の等値換算延長 l_4 を求める。

D_1 尺上の $d=600\text{mm}$ 目盛と、 D_2 尺上の $d=500\text{mm}$ 目盛とをカーソル線上で合わせ、このときの I_1 尺上の $l=750\text{m}$ の目盛位置を I_2 尺上の l 目盛で読んで、 $l_4=307\text{m}$ が得られる。したがって管路 C B は更に、 $d_4=500\text{mm}$, $l_4=307\text{m}$, $C_4=100$ の管路に置換される。

故に A C B の管路は、これと等値な次の単一管路におきかえられる。

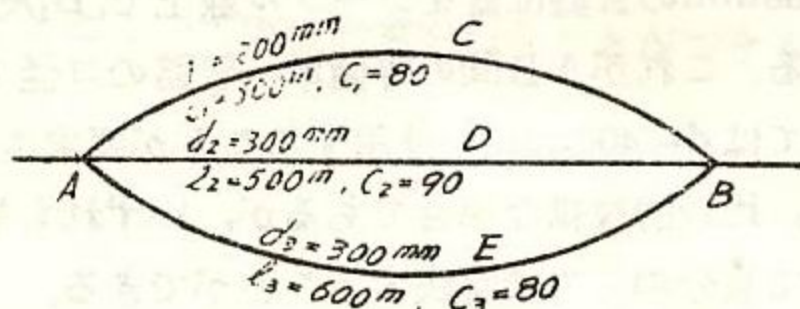
$$d=500\text{mm}, l=l_1+l_4=600+307=907\text{m}, C=100$$

最終段階： $d=500\text{mm}$, $l=907\text{m}$, $C=100$ の管路に $h=2.5\text{m}$ の有効落差を与えた場合の流量 Q を求める。

$$I=h/l=2.5/907=2.76\text{‰}$$

I_1 尺上の $I=2.76\text{‰}$ 目盛と, C 尺上の $C=100$ 目盛とを合わせ, このときの D_Q 尺上の $d=500\text{mm}$ の目盛位置を Q_1 尺上の Q 目盛で, 読んで $Q=188\text{l/sec}$ が得られる。これが所求の Q である。

例題—51：図—4のごとく, AB 間において3本の並列管路に分かれている管路を, $l=500\text{m}$, $C=100$ の1本の管路に置きかえ, しかも, AB 間の損失水頭を現在以下にとどめんとする場合に採用すべき最小規格管径 d を求めよ。



〔求め方〕：

第1段階：求める合成単一管路の C は 100 と与えられているから, 各管路の C の値を 100 とした場合の等値管路長を求める。

まず, 管路 ACB の流速係数を 100 とした場合の等値換算管路長 l_4 を求めるに, Q_1 尺上の $C=80$ 目盛と, Q_2 尺上の $C=100$ 目盛とを合わせ, このときの I_1 尺上の $l=500\text{m}$ の目盛位置を I_2 尺上の l 目盛で読んで, $l_4=760\text{m}$ が得られる。

同様な換算計算から, AB 間の各管路は $C=100$ とする次のごとき管路と等値となる。

管路 ACB : $d_4=200\text{mm}$, $l_4=760\text{m}$

管路 ADB : $d_5=300\text{mm}$, $l_5=610\text{m}$

管路 AEB : $d_6=300\text{mm}$, $l_6=910\text{m}$

第2段階：求める合成単一管路の延長は 500m であるから, 上記各管路の延長を 500m とした場合の各管路の等値管路延長を求める。

I_1 尺上の $l=500\text{m}$ の目盛にカーソル線を合わせ, 滑走尺を動かし, I_2 尺上の $l=760\text{m}$, 610m 及び 910m の各目盛を順次このカーソル線に合わせ, 各場合における D_2 尺上の $d=200\text{mm}$, 300mm 及び 300mm の目盛位置をカーソル線を用いて D_1 尺上で読むことによつて各管路の等値管径が, それぞれ 184mm , 288mm 及び 266mm として求められる。」

したがつて, AB 間の各管路は次のごとき管路と等値となる。

管路 A C B : $d_7=184\text{mm}$, $l_7=500\text{m}$, $C_7=100$

管路 A D B : $d_8=288\text{mm}$, $l_8=500\text{m}$, $C_8=100$

管路 A E B : $d_9=266\text{mm}$, $l_9=500\text{m}$, $C_9=100$

第3段階 : $d_7=184\text{mm}$, $d_8=288\text{mm}$, $d_9=266\text{mm}$ の3本の並列管路を単一管路に合成した場合の管路を求める。

$d_9=266\text{mm}$ に対する $d_7=184\text{mm}$ 及び $d_8=288\text{mm}$ の等値管路数 n_1 及び n_2 を求めれば, $n_1=0.38$, $n_2=1.23$

故に, 所求管径 $d_9=266\text{mm}$ に対する等値換算管路数 N は,

$$N=(n_1+n_2)+1=0.38+1.23+1=2.61$$

故に, Q_2 尺上の「基線」を Q_1 尺上の $n=2.61$ に合わせ, このときの D_2 尺上の $d=266\text{mm}$ の目盛位置をカーソル線上で, D_1 尺上で読んで, $d=383\text{mm}$ が得られる。これが A B 間の等値単一管路の口径である。したがって, 規格管としては $d=400\text{mm}$ を使用することが要求される。

以上の3例は, 比較的複雑な場合であるが, いずれも等値管法を用いることにより, 本計算尺で数分の労力で解決することができる。一般に遭遇するのは, もつと簡単な場合が多く極めて短時間に解決できる。

なお, Q_1 尺と Q_2 尺, D_1 尺と D_2 尺はそれぞれ同一の目盛であるから, このいずれを用いても一般計算尺のごとく乗除計算が可能である。目盛単位の関係から Q 尺よりも D 尺を用いた方が精度が高くなるがカーソルを使用しなければならない不便がある。乗除計算のために特に一般用の計算尺を用意しなくてもよいことは本計算の一つの特長である。

本計算尺の流量単位は l/sec となつていますが, 流量が1日量 (単位 m^3/day) で与えられる場合, または, 1日量で求めたい場合がある。この場合の取扱いを簡単ならしめるため, カーソルに補助カーソル線 (青線) が設けられている。これを使用することによつて流量単位を m^3/day として直接取扱うことができる。なお, 補助カーソル線 (青線) に対して赤線を本カーソル線と呼ぶこととする。

流量を表わす Q_1 尺及び Q_2 尺について, 補助カーソル線は本カーソル線の0.864倍の値を示す位置に設けられているから, 補助カーソル線を1日量に合わせれば本カーソル線は毎秒量を示し, 逆に, 本カーソル線を毎秒量に合わせれば補助カーソル線は1日量を示すことになる。したがって, 流量単位を m^3/day とすれば, 単位関係から, 補助カーソル線下の読みは m^3/day 量の $1/100$ 量を与えることになる。以下, 補助カーソル線の使用例を若干挙げることにする。

例題-52 : $50,000\text{m}^3/\text{day}$ の流量を l/sec 単位に換算せよ。

〔求め方〕 : $50,000 \times 1/100 = 500$

Q_1 尺上の $Q=500 l/\text{sec}$ 目盛を補助カーソル線を合わせ, このときの本カー

ソル線下の目盛を読めば 579 l/sec が得られる。

例題—53: 60 l/sec の流量を m^3/day 単位に換算せよ。

〔求め方〕: Q_1 尺上の $Q=60 \text{ l/sec}$ 目盛に本カーソル線を合わせ、このときの補助カーソル線下の目盛を読んで 51.8 l/sec が得られる。したがって求める換算量は $51.8 \times 100 = 5,180 \text{ m}^3/\text{day}$ となる。

例題—54: $Q=100,000 \text{ m}^3/\text{day}$, $I=2\text{‰}$, $C=100$ を与えて d を求めよ。

〔求め方〕: $100,000 \times 1/100 = 1,000$

Q_1 尺上の $Q=1,000 \text{ l/sec}$ 目盛に補助カーソル線を合わせておき、滑走尺を動かし I_1 尺上の $I=2\text{‰}$ 目盛と C 尺上の $C=100$ 目盛とを合わせ、このときの D_Q 尺の本カーソル線下の目盛を読んで、 $d=1,067 \text{ mm}$ が得られる。

以上のごとく、流量が m^3/day で与えられた場合でも補助カーソル線と本カーソル線とを使用することによつて直接計算を行うことができる。

「以上」

松田式「管水路計算尺」解説書

印刷 昭和40年6月15日

発行 昭和40年6月20日

東京都水道局利根川水道建設本部建設部長

著 者 松 田 暢 夫

発行所 日本水道新聞社

東京都文京区本郷1丁目4番1号

電 話 8 1 3 - 6 7 2 1 ~ 5

振 替 東京 9 5 3 8 2

印刷 吉田次作商店亀戸工場