

# 論 說 報 告

第 21 卷 第 9 號 昭和 10 年 9 月

## 再び鑄鐵管に於ける流量に就て

會員 工學博士 池 田 篤 三 郎\*

On the Discharge in Cast Iron Pipes

By Tokusaburô Ikeda, Dr. Eng., Member.

### 要 旨

本誌第 21 卷第 2 號に於て鑄鐵管流量の新公式に就て述べたが更に今回多數の實驗結果を加へて公式の係數及び指數の數値を確め又此の公式による鑄鐵管の現在價値、管徑決定の方法等に就て述べる。

### 目 次

第 1 節 緒 言	頁 1
第 2 節 著者公式と小口徑管の流量	1
第 3 節 銹蝕の成因と銹蝕係數	8
第 4 節 流量と管の現在價値	9
第 5 節 流量減少と水道管徑の選定	10
第 6 節 下水汚泥の流量	17
第 7 節 鑄鐵管の流量表	18
第 8 節 結 言	24

### 第 1 節 緒 言

本誌第 21 卷第 2 號に於て鑄鐵管の流量は新舊大小管を通じ池田公式  $Q = C \sqrt{P} / K$  を以て表はし得る事を論じ、 $C, P, m, n$  等の諸常數値は今後更に多數の實驗を包含する事に依り多少變化を來すも一層實際的に近づくものであると述べて置いた。而して前回は比較的大口徑管の實驗が多かつたので之を補足する意味で其の後名古屋では専ら小口徑管に就て實驗を行つたので其の結果と其の後に得た中口徑管に就ての宇都宮市の實驗及び同市の實驗結果とを合し實驗公式の指數及び係數を定め且つ銹蝕係數  $K$  に就ても吟味した。

更に本公式を使用し通水能力から見た水道鑄鐵管の現在價値算出方法、年數に依る流量減少を考慮した水管徑決定方法に就て特に下水汚泥輸送の場合の係數  $n$  の値並に鑄鐵管の流量表を併記した。

### 第 2 節 著者公式と小口徑管の流量

其の後名古屋に於て行つた實驗は市内配水管中の口径 200 mm, 150 mm, 100 mm 及び 75 mm の鐵管に就てあり測定場所の選擇、流量の測定始點終點に於ける損失水頭を觀測等の方法は全く前報其の結果より管内流速並に動水勾配を算出すると第 1 表乃至第 8 表の通りである。

又宇都宮市に於て口径 14 吋及び 18 吋の舊管に就て行つた實驗結果は第 9 表乃至第 11 表の通り。

\* 名古屋市役所水道課長



第 7 表 第 22 實驗

本實驗は西區田式町地内敷設水管の一部を利用して施行せり  
 觀測年月：昭和 10 年 1 月、施行箇所：西區中規程町地内  
 管種管径：低張力鋼管 75 mm (管内径 70 mm、斷面積 0.0045 m<sup>2</sup>)  
 測定距離：624 m  
 流速測定方法：75 mm 管内管に適用型式規程型 75 mm 量水器を設  
 置し流量を測定しより流速を算定す  
 流速測定方法：管口流速を取外し之に取付けたる動水側面を以て  
 流速に依る  
 始點及終點の位置測定方法：目盛板を附したる「J」字型水銀壓力計を依  
 用し水銀柱兩端の高さを同時に觀測す  
 鋼管路線中水管の種類及數：直管 22 個、曲管 2 個  
 通水後の經過年數：昭和 10 年 1 月の通水より通水後 7 年 10 月  
 月の經過す

ΔL	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)
1	0.93	0.0022	0.93	0.0022	0.93	0.0022	0.93	0.0022
2	0.97	0.0023	0.97	0.0023	0.97	0.0023	0.97	0.0023
3	1.01	0.0024	1.01	0.0024	1.01	0.0024	1.01	0.0024
4	1.05	0.0025	1.05	0.0025	1.05	0.0025	1.05	0.0025
5	1.09	0.0026	1.09	0.0026	1.09	0.0026	1.09	0.0026
6	1.13	0.0027	1.13	0.0027	1.13	0.0027	1.13	0.0027
7	1.17	0.0028	1.17	0.0028	1.17	0.0028	1.17	0.0028
8	1.21	0.0029	1.21	0.0029	1.21	0.0029	1.21	0.0029
9	1.25	0.0030	1.25	0.0030	1.25	0.0030	1.25	0.0030
10	1.29	0.0031	1.29	0.0031	1.29	0.0031	1.29	0.0031
11	1.33	0.0032	1.33	0.0032	1.33	0.0032	1.33	0.0032
12	1.37	0.0033	1.37	0.0033	1.37	0.0033	1.37	0.0033

第 9 表 宇都宮市第 1 實驗

本實驗は宇都宮市水道第 1 号水管に於て施行せり  
 觀測年月：大正 15 年 5 月及 6 月の 2 回  
 施行箇所：第 1 号水管より第 1 号水管に於ける水管  
 管種管径：普通鋼管 100 mm (管内径 95 mm、斷面積 0.0071 m<sup>2</sup>)  
 測定距離：215.1 m  
 流速測定方法：管内通水後 1 日以後、動水側面を以て流速を測定す  
 流速測定方法：動水側面を以て流速を測定す  
 始點水頭測定方法：直管に接合する水位を觀測す  
 終點水頭測定方法：直管に接合する水位を觀測す  
 鋼管路線中水管の種類及數：直管 10 個、曲管 1 個、1 号 2 個  
 通水後の經過年數：大正 15 年 5 月の通水より通水後 7 年 0 月  
 (第 1 回) 及 6 年 0 月の通水に於て經過す

ΔL	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)
1	0.93	0.0066	0.93	0.0066	0.93	0.0066
2	0.97	0.0069	0.97	0.0069	0.97	0.0069
3	1.01	0.0072	1.01	0.0072	1.01	0.0072
4	1.05	0.0075	1.05	0.0075	1.05	0.0075
5	1.09	0.0078	1.09	0.0078	1.09	0.0078
6	1.13	0.0081	1.13	0.0081	1.13	0.0081
7	1.17	0.0084	1.17	0.0084	1.17	0.0084
8	1.21	0.0087	1.21	0.0087	1.21	0.0087
9	1.25	0.0090	1.25	0.0090	1.25	0.0090
10	1.29	0.0093	1.29	0.0093	1.29	0.0093

ΔL	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)
1	0.93	0.0066	0.93	0.0066	0.93	0.0066
2	0.97	0.0069	0.97	0.0069	0.97	0.0069
3	1.01	0.0072	1.01	0.0072	1.01	0.0072
4	1.05	0.0075	1.05	0.0075	1.05	0.0075
5	1.09	0.0078	1.09	0.0078	1.09	0.0078
6	1.13	0.0081	1.13	0.0081	1.13	0.0081
7	1.17	0.0084	1.17	0.0084	1.17	0.0084
8	1.21	0.0087	1.21	0.0087	1.21	0.0087
9	1.25	0.0090	1.25	0.0090	1.25	0.0090
10	1.29	0.0093	1.29	0.0093	1.29	0.0093

第 8 表 第 23 實驗

本實驗は西區田式町地内敷設水管の一部を利用して施行せり  
 觀測年月：昭和 10 年 1 月、施行箇所：西區田式町地内  
 管種管径：低張力鋼管 75 mm (管内径 70 mm、斷面積 0.0045 m<sup>2</sup>)  
 測定距離：624 m  
 流速測定方法：75 mm 管内管に適用型式規程型 75 mm 量水器を設  
 置し流量を測定しより流速を算定す  
 流速測定方法：管口流速を取外し之に取付けたる動水側面を以て  
 流速に依る  
 始點及終點の位置測定方法：目盛板を附したる「J」字型水銀壓力計を依  
 用し水銀柱兩端の高さを同時に觀測す  
 鋼管路線中水管の種類及數：直管 22 個、曲管 2 個  
 通水後の經過年數：昭和 10 年 1 月の通水より通水後 7 年 4 月  
 月の經過す

ΔL	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)
1	0.93	0.0022	0.93	0.0022	0.93	0.0022
2	0.97	0.0023	0.97	0.0023	0.97	0.0023
3	1.01	0.0024	1.01	0.0024	1.01	0.0024
4	1.05	0.0025	1.05	0.0025	1.05	0.0025
5	1.09	0.0026	1.09	0.0026	1.09	0.0026
6	1.13	0.0027	1.13	0.0027	1.13	0.0027
7	1.17	0.0028	1.17	0.0028	1.17	0.0028
8	1.21	0.0029	1.21	0.0029	1.21	0.0029
9	1.25	0.0030	1.25	0.0030	1.25	0.0030
10	1.29	0.0031	1.29	0.0031	1.29	0.0031
11	1.33	0.0032	1.33	0.0032	1.33	0.0032
12	1.37	0.0033	1.37	0.0033	1.37	0.0033

第 10 表 宇都宮市第 2 實驗

本實驗は宇都宮市水道第 2 号水管に於て施行せり  
 觀測年月：大正 15 年 5 月  
 施行箇所：第 2 号水管より第 2 号水管に於ける水管  
 管種管径：普通鋼管 100 mm (管内径 95 mm、斷面積 0.0071 m<sup>2</sup>)  
 測定距離：115.1 m  
 流速測定方法：管内通水後 1 日以後、動水側面を以て流速を測定す  
 流速測定方法：動水側面を以て流速を測定す  
 始點水頭測定方法：直管に接合する水位を觀測す  
 終點水頭測定方法：直管に接合する水位を觀測す  
 鋼管路線中水管の種類及數：直管 10 個、曲管 1 個、1 号 2 個  
 通水後の經過年數：大正 15 年 5 月の通水より通水後 7 年 0 月  
 月の經過す

ΔL	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)
1	0.93	0.0066	0.93	0.0066	0.93	0.0066
2	0.97	0.0069	0.97	0.0069	0.97	0.0069
3	1.01	0.0072	1.01	0.0072	1.01	0.0072
4	1.05	0.0075	1.05	0.0075	1.05	0.0075
5	1.09	0.0078	1.09	0.0078	1.09	0.0078
6	1.13	0.0081	1.13	0.0081	1.13	0.0081
7	1.17	0.0084	1.17	0.0084	1.17	0.0084
8	1.21	0.0087	1.21	0.0087	1.21	0.0087
9	1.25	0.0090	1.25	0.0090	1.25	0.0090
10	1.29	0.0093	1.29	0.0093	1.29	0.0093

第 11 表 宇都宮市第 3 實驗

本實驗は宇都宮市水道第 3 号水管に於て施行せり  
 觀測年月：大正 15 年 5 月  
 施行箇所：第 3 号水管より第 3 号水管に於ける水管  
 管種管径：普通鋼管 100 mm (管内径 95 mm、斷面積 0.0071 m<sup>2</sup>)  
 測定距離：425.1 m  
 流速測定方法：管内通水後 1 日以後、動水側面を以て流速を測定す  
 流速測定方法：動水側面を以て流速を測定す  
 始點水頭測定方法：直管に接合する水位を觀測す  
 終點水頭測定方法：直管に接合する水位を觀測す  
 鋼管路線中水管の種類及數：直管 10 個、曲管 1 個、1 号 2 個  
 通水後の經過年數：大正 15 年 5 月の通水より通水後 7 年 0 月  
 月の經過す

ΔL	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)
1	0.93	0.0066	0.93	0.0066	0.93	0.0066
2	0.97	0.0069	0.97	0.0069	0.97	0.0069
3	1.01	0.0072	1.01	0.0072	1.01	0.0072
4	1.05	0.0075	1.05	0.0075	1.05	0.0075
5	1.09	0.0078	1.09	0.0078	1.09	0.0078
6	1.13	0.0081	1.13	0.0081	1.13	0.0081
7	1.17	0.0084	1.17	0.0084	1.17	0.0084
8	1.21	0.0087	1.21	0.0087	1.21	0.0087
9	1.25	0.0090	1.25	0.0090	1.25	0.0090
10	1.29	0.0093	1.29	0.0093	1.29	0.0093

等の實驗結果と前同報告の實驗結果より公式の係數並に指數を求むる爲前同報告實驗公式の對數式を

$$aX + bY + cZ + dW + e = 0 \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{故に } X = \log U, Y = \log P, Z = m, W = n$$

$$a = 1, b = \frac{q}{R}, c = \log R, d = \log S, e = -\log r$$

と置き各實驗に於ける測定流量と動水勾配との關係より (1) 式を作り之等々凡そを満足する X, Y, Z, W の most probable value を最小自乘法により求むると其の正等式は次の如くなる。

$$221.5 + 26734.48415Y - 2594.17000Z + 57.78091W + 41.32183 = 0$$

$$26734.48415X + 468.075717012Y - 32.10264125Z + 15.30006717W + 4.856375492 = 0$$

$$-294.17960X - 32102.64125Y + 331.89674Z - 120.47856W - 46.73006 = 0$$

$$57.78091X + 15209.05717Y - 120.47858Z + 142.97030W - 10.89711 = 0$$

此の聯立方程式を解き

$$X = 0.39073, \quad Y = -0.00004, \quad Z = 0.58132, \quad W = 0.50699$$

を得。之等の値を第 1 式に代入すると

$$\log v = 0.39073 + \frac{v}{R} (1.09906) + 0.58132 \log R + 0.50699 (\log S + \log 1000)$$

なる式が得られる。故に實驗公式は次の如くなる。

$$v = 81.30(0.9973)^{\frac{v}{R}} R^{0.58132} S^{0.507} \dots \dots \dots (2)$$

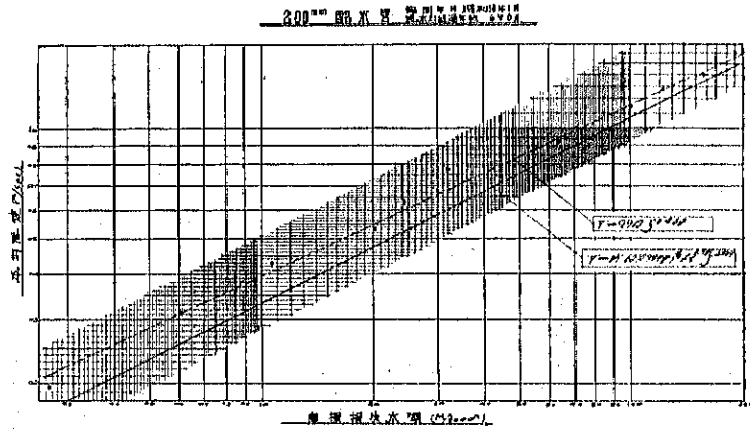
(2) 式を前回に求めたものと比較すると鋪積係数  $p$  には何等變化なく係数  $C$  及び指数  $m, n$  に僅少な變化はあつたが、此の變化も之等より算出せる流速には殆んど影響して居ない。

此の實驗公式と今回の實測値とを比較するに第 1 圖乃至第 9 圖の如く大體一致し、又前回報告の實驗の一部と比較すると第 10 圖乃至第 15 圖の如く實測値とよく一致し且つ前回發表の實驗公式の數値とも殆んど一致した。

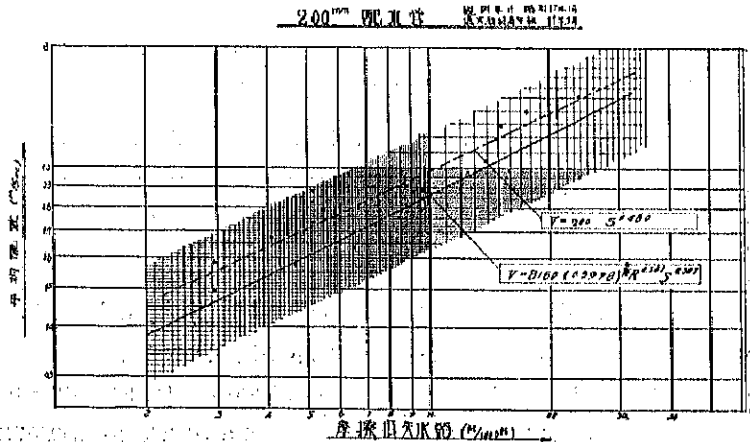
要するに前回及び今回の計算結果を通覽し又此の實驗公式が年繼の異なる各種口徑の管に就ての多數の實驗結果を基とした點から見て今後引續き此の種の實驗が行はれるにつれ公式の係數並に指數に尙多少の變化を來すも普通の水質では之より算出せる流量の値には著しき變化を來さないと考へられ、従つて之等の常數値は類似水質のものには實用上廣く鑄鐵管内の流速計算

用し得るものと考へる。

第 1 圖

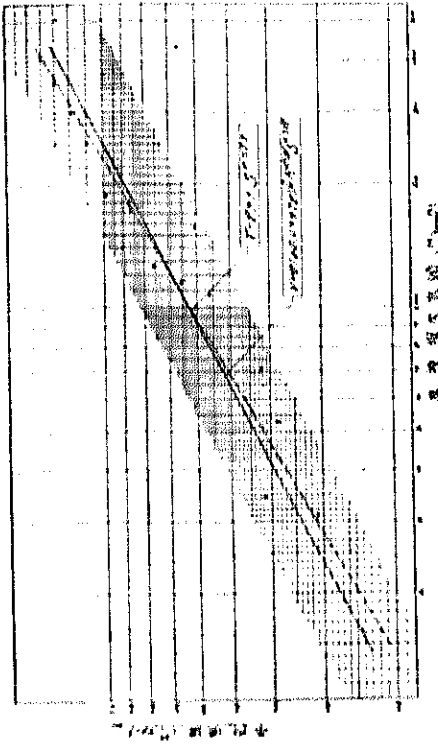


第 2 圖



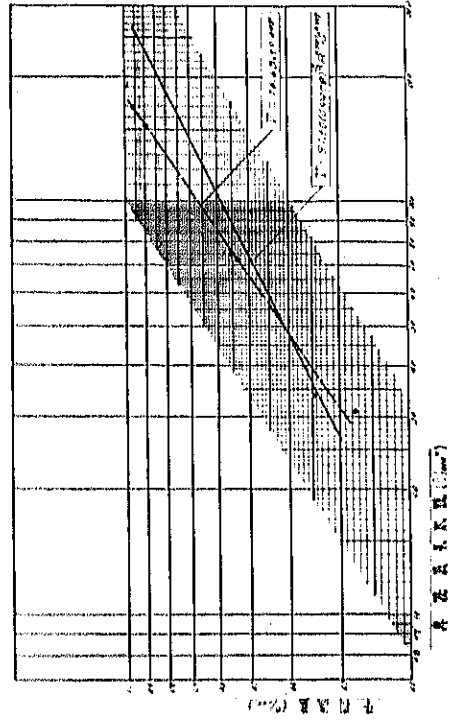
第 4 圖

150mm 配水管 流量係数 0.800  
管長 1000m 管径 150mm



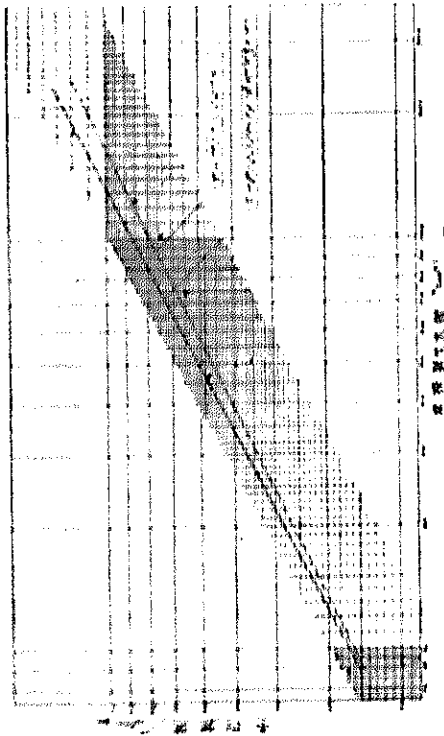
第 6 圖

100mm 配水管 流量係数 0.800  
管長 1000m 管径 100mm



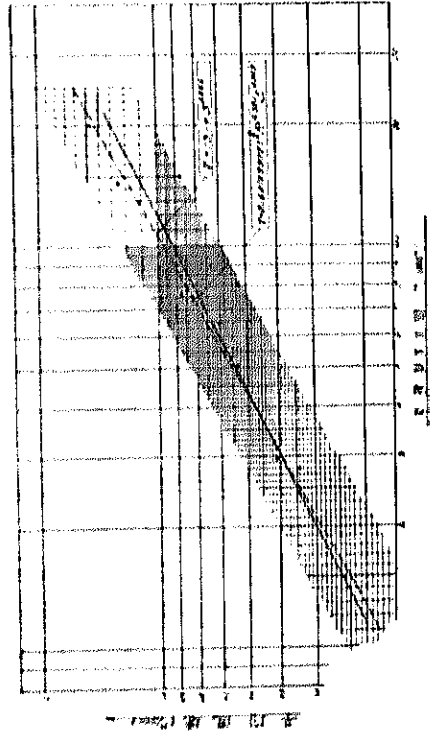
第 3 圖

150mm 配水管 流量係数 0.800  
管長 1000m 管径 150mm



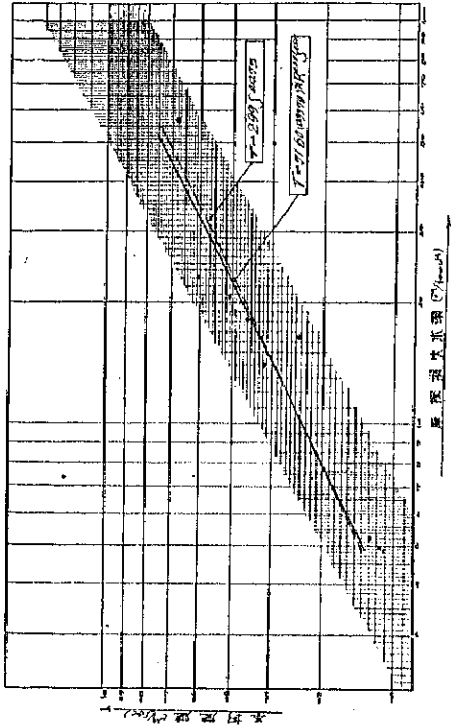
第 5 圖

100mm 配水管 流量係数 0.800  
管長 1000m 管径 100mm



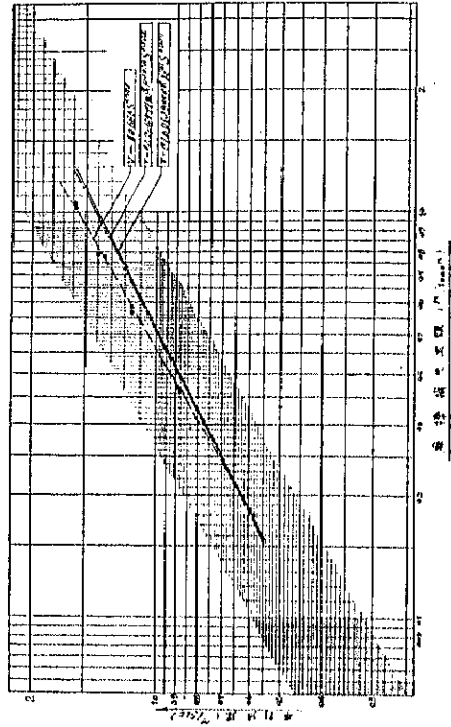
第 8 圖

75mm 鋼管に於ける流量に就て  
 昭和十一年四月



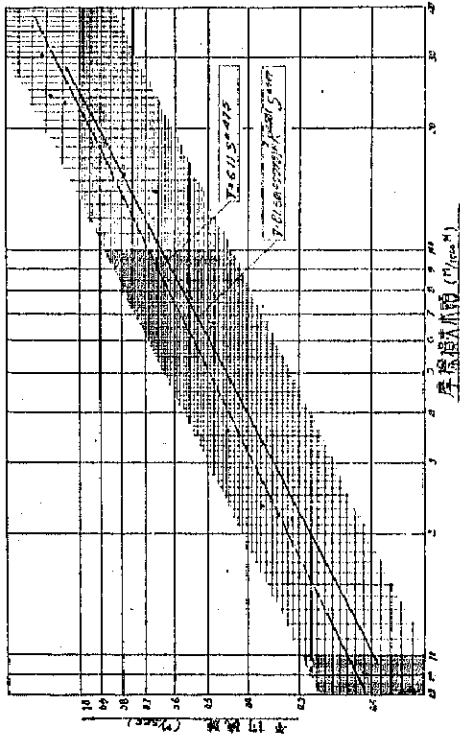
第 10 圖

鋼管に於ける流量に就て  
 昭和十一年四月

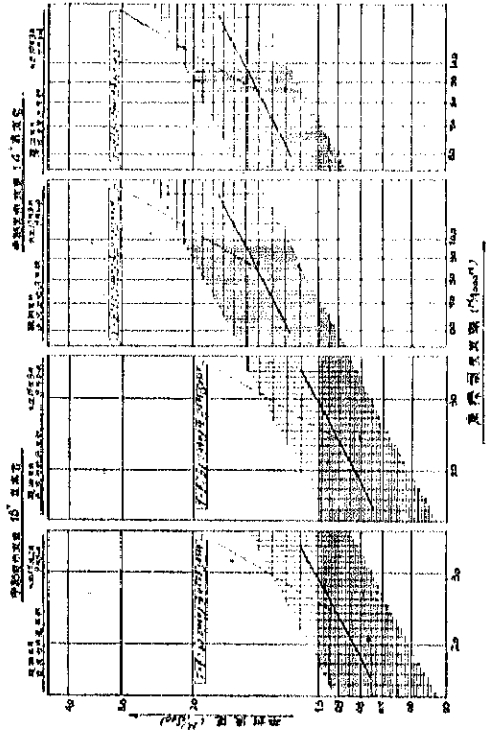


第 7 圖

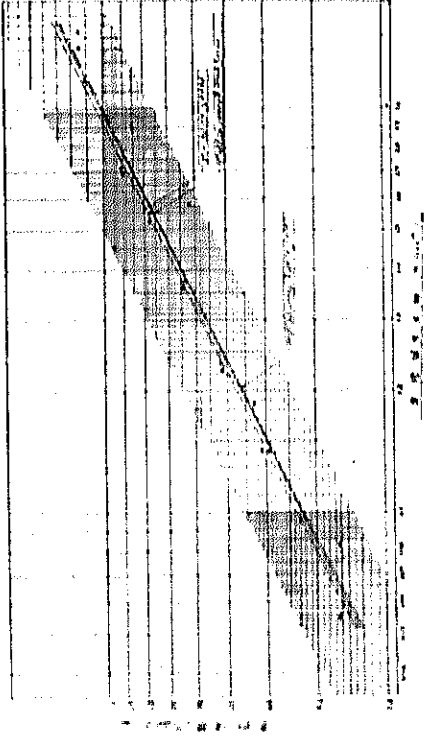
75mm 鋼管に於ける流量に就て  
 昭和十一年四月



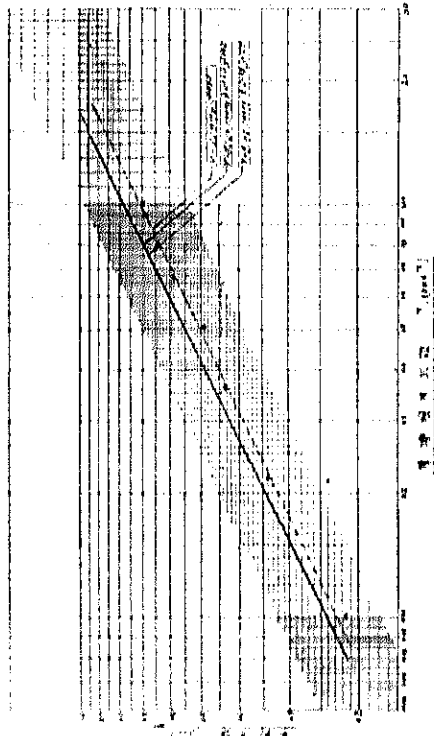
第 9 圖



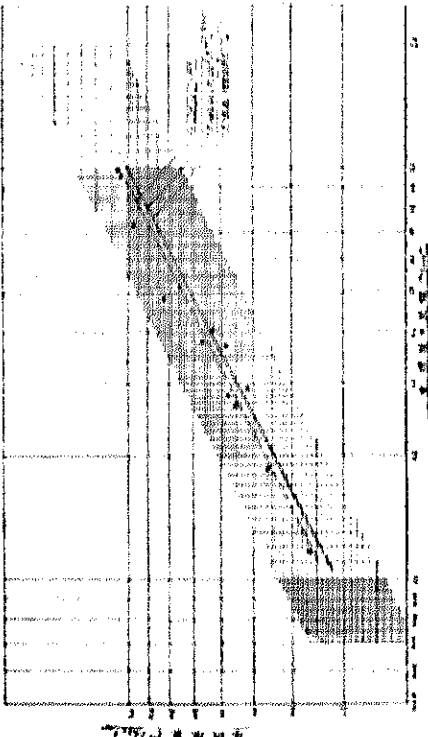
第 14 圖  
管径 100mm  
管長 100m  
管壁厚 5mm  
管の材質 鋼製



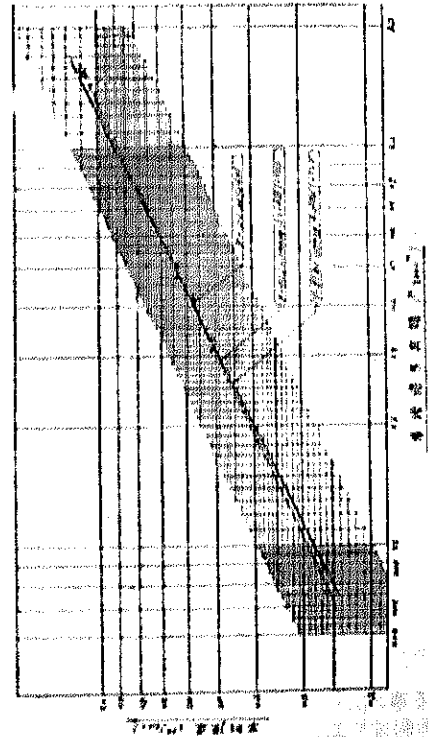
第 14 圖  
管径 100mm  
管長 100m  
管壁厚 5mm  
管の材質 鋼製



第 13 圖  
管径 100mm  
管長 100m  
管壁厚 5mm  
管の材質 鋼製



第 13 圖  
管径 100mm  
管長 100m  
管壁厚 5mm  
管の材質 鋼製



第 3 節 鑄瘤の成因  
と鑄瘤係數

現今の鐵管塗裝では内面被覆が完全に行はれてゐる様でも塗裝面には微細なる隙があり、其處より侵蝕が始る様で一度鏽が鐵管内面に生成すると次第に發達して表面に凹凸を生じ遂には其の断面を閉塞する様な事がある。而してその成因に就ては種々の説があり一定してゐないが、其の主なるものは次の様である。

(イ) Binaghi 氏純化學説

水中に遊離せる炭酸に依り鐵管が侵されて炭酸第一鐵を生じ更に之が水中に溶解せる酸素により酸化され水酸化鐵即ち鏽となり之が蓄積して鏽瘤を形成するとするものである。

(ロ) Schorler 氏純バクテリア説

鏽瘤は全く鐵バクテリアの作用に依るものと稱して居る即ち鐵バクテリアが周圍の水中に溶解せる鐵鹽を攝取して之を酸化し水酸化第二鐵とし自己の體内に蓄へ沈澱する爲であるとするものである。

(ハ) Casagrandi 氏中間説

上記の Binaghi 氏の鏽を生ずるに必要な炭酸が鐵バクテリアに依つて供給せられ又バクテリア自身は可溶性の炭酸第一鐵を吸収して體内に水酸化鐵を蓄積し鏽瘤の生長を助けるとするものである。

(ニ) 井口庄之助博士の説

水中に於て鏽鐵から生ずる鏽は相當流速のある場合でも鐵管面に附着堆積する傾向を有し、鐵バクテリアの棲息を容易ならしめ之が繁殖し始めるとその生理作用の結果、周圍に四三酸化鐵を生じ之が硬質の外殻となり強固な鏽瘤を形成するものである。而して鏽瘤の原料となる鐵は殆んど全部鐵管の地金から來るもので鏽が堆積すると共に鐵バクテリアは表面の方に移動し従つて四三酸化鐵層も之に伴つて動き以前の部分は酸化せられて水酸化第二鐵となり次第に鏽瘤が生長して行くとするものである。

(ホ) 電氣化學説

鐵管内の流水が先づイオン化し水素原子を遊離し之が鐵管材質の鐵分子と置換し水酸化鐵の不溶解性鐵鹽を生じ漸次鏽瘤を形成するものである。

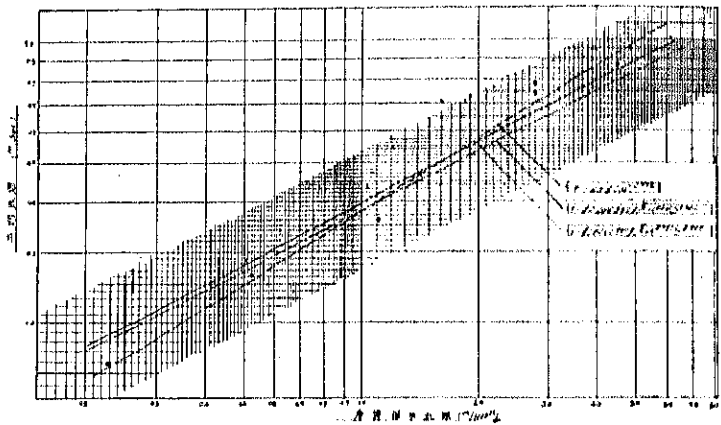
以上の如く鏽瘤の成因の説明は種々あるが水質の如何に依つて生成の程度に相違あるは明かである。

又此の鏽瘤の發生量は管内流速に關係があるとも考へられないではないが流速に變化のある所では普通の流速で一旦附着したものが流速が非常に大きくなつた時洗ひ落されるためではなからうかとも考へられる。實際小口徑配水管等では火災時に於ける消火栓の使用や、人為的に放水する事に依り通水能力のある程度まで回復せしむる事が出来る。従つて小口徑配水管に本公式を適用する時には此の影響を考慮する必要がある。

次に水質の異なる場合の本公式の鏽瘤係數  $p$  は同一管に於て布設後觀測時期を異にせることが判つてゐる場合に

第 15 圖

内径 200mm 鋼製直管 配管管長 1000m 流量 100000 公升毎分





は容易に求むる事が出来る、流速又は流量即ち池田公式の一般式は

$$v = C p R^m S^n$$

であるから布設後  $n_1$  年経過せる場合の流速は  $v_1 = C p R^m S^n$

$n_2$  年経過せる場合の流速は  $v_2 = C p R^m S^n$

故に兩者の比は次の如くなる。

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{C p R^m S^n}{C p R^m S^n} = p^{\frac{n_2-n_1}{m}} R^{\frac{m}{m}} \quad \text{従つて} \quad p = \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{\frac{m}{n_2-n_1}} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{流量が判つてゐる場合には} \quad p = \left( \frac{Q_2}{Q_1} \right)^{\frac{m}{n_2-n_1}} \dots\dots\dots (3')$$

(3') 式を用ひ海外各地の實驗より  $p$  の値を求むると第 12 表の如くである。

第 12 表

實驗場所又は實驗者	管 徑 (吋)	通水後の経過年數 (年)	新管に對する 通水量の割合	$p$ の 値
Bronx 市	30.0	20.0	0.5093	0.9904
E. T. Kilham 氏	10.88	13.0	0.6092	0.9907
Fisher Hill fore main	30.0	10.0	0.6270	0.9983
〃	30.0	10.0	0.6270	0.9980
Forbes 氏	16.0	18.0	0.750	0.9984
〃	14.0	18.0	0.750	0.9988
Hazen 氏	24.0	23.0	0.8429	0.9989
Rosemary syphon	48.0	16.0	0.7606	0.9948
Rochester main	30.0	22.8	0.8236	0.9900*
Sherman 氏	30.0	2.0	0.8382	0.9900*
平 均				0.9976

(\*) 此は通水後の経過年數も少なく特殊な場合と考へらるゝる故に平均より除外せり。

之に依れば  $p$  の値は 0.9948~0.9989、平均 0.9976 となり著者報告の  $p$  の値 0.9978~0.9976 と大差がない。斯の如く水質を異にする諸外國の場合にも其の差僅少なことから普通の水道水にては  $p$  の値には大きな相違のないことが分る。従つて我國の水道に對しては特殊水質を除き 0.9978 と見て支障ないと考へる。

### 第 4 節 流量と管の現在價値

水道管は通水能力と耐壓力が其の使命であるから或る年數を経過せる管の現在價値は主としてこの二つから定まると考へられる。

さて耐壓力の減少に就ては暫く積り通水能力から見て布設後或る年數を経過した鑄鐵管の現在價値は此の公式を用ふる時は容易に求むる事が出来る。而して本公式の如くに際し第 3 項以下を省略し且つ常數は経過年數 99 年迄位のものから推定されたものであるが、通水能力から推定する限り單にその生命を 50 年或は 100 年と定めて現在價値を求むるよりは實際に近いものと考へる。

通水能力から見た鑄鐵管の現在價値は其の管が現在より年數・終末までに通ずる總水量と管の全生命中に通ず

る總水量の比を以て表はすことが出来る。即ち管の全生命中の總通水量

$$Q_1 = A \int_0^{y_1 = \frac{2R}{k}} C p^{\frac{y}{k}} R^m S^m dy = K \int_0^{\frac{2R}{k}} p^{\frac{y}{k}} dy = K \left[ \frac{p^{\frac{y}{k}}}{\frac{1}{k} \log p} \right]_0^{\frac{2R}{k}} = K \frac{p^{\frac{2}{k}} - 1}{\frac{1}{k} \log p}$$

(但し A は斷面積)

任意年數 (y) 經過後より管の生命の終末迄の總通水量

$$Q_2 = A \int_y^{y_1 = \frac{2R}{k}} C p^{\frac{y}{k}} R^m S^m dy = K \int_y^{\frac{2R}{k}} p^{\frac{y}{k}} dy = K \left[ \frac{p^{\frac{y}{k}}}{\frac{1}{k} \log p} \right]_y^{\frac{2R}{k}} = K \frac{p^{\frac{2}{k}} - p^{\frac{y}{k}}}{\frac{1}{k} \log p}$$

故に現在價値の布設當初に於ける價値に對する割合 (m) は次の如くなる。

$$m = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{K \frac{p^{\frac{2}{k}} - p^{\frac{y}{k}}}{\frac{1}{k} \log p}}{K \frac{p^{\frac{2}{k}} - 1}{\frac{1}{k} \log p}} = \frac{p^{\frac{2}{k}} - p^{\frac{y}{k}}}{p^{\frac{2}{k}} - 1} \dots \dots \dots (4)$$

尙各種年齢及び管徑のものを含む場合は  $\sum m$  を求むればよい。

鑄鐵管で  $p=0.9978$  とすると  $1 - (2+m) \frac{k}{2} = p$  (本誌第 21 卷第 2 號參照) より  $k=0.0017$  m/年 となり、これを (4) 式に代入すれば

$$m = 1.08 p^{\frac{y}{k}} - 0.08 \dots \dots \dots (5)$$

となる。

而して小口徑管に於ては消火栓の自然的使用或は人爲的放水により管内の鏽積は或程度迄洗滌され、又大口径管で長期斷水可能の線路では管内に入つて鏽積が除去出来る故共に通水能力を増大することが出来るから多少の修正を必要とする。

尙鐵管路には鏽積による流量減少に直接關係のない制水弁、消火栓等の附屬具があるから鐵管路全體の現在價を算出するには之等に對しては別の方法によりその價値を求めねばならぬ。斯くの如く通水能力から見た場合の鐵管の現在價値は此の方法で容易に求められるが全體としての價値は通水能力以外に更に耐壓能力、殘骸價値をも考慮する必要がある。

### 第 5 節 流量減少と水道管徑の選定

水道管の新設や擴張をなす場合其の計畫區域内の人口、給水普及率及び 1 人當り最大使用水量、漏水量等の増加により年々の所要水量を豫想し一方年數經過に伴ふ管通水量の減少を併せ考へて計畫年數の最後に於ても充分に所要水量を通し且つ建設費と計畫期間内に於ける經費の和を最小ならしむる様管の大小及び數を定めねばならぬ、而して漏水量は計算の便宜上此處では使用水量増加の中に入れて論ずる。

#### 1. 使用水量

人口、普及率並に 1 人當りの最大使用量増加の狀態は都市に依り相違するが大體現在迄の趨勢又は類似都市との比較に依つて豫想し得られ夫々年數の函數として表はす事が出来る。従つて之等の相乘積である給水量も亦年の函數として表はされる。

$P_0$ : 計畫當初の人口 (人),  $P$ : 任意年数 ( $y$ ) 經過後の人口 (人)

$E_0$ : 1 人 1 日當り絶対最大使用量 (時間最大)

$E$ : 任意年数經過後に於ける 1 人 1 日當り最大使用量 (時間最大)

$I$ : 普及率,  $y$ : 經過年数

$k_0, k_1, k_2, k_3$ : 都市の大きさと性質に依り異なる常数

とし  $P, E, I$  を次々の式で表し得ると假定すると

$$P = P_0(1 + k_1 y), \quad I = 1 - \frac{k_2}{y + k_2}, \quad E = E_0 \left(1 - \frac{k_3}{y + k_3}\right)$$

$y$  年後の所要水量  $Q$  は次式の如くなる。

$$Q = PIE = P_0 E_0 (1 + k_1 y) \left(1 - \frac{k_2}{y + k_2}\right) \left(1 - \frac{k_3}{y + k_3}\right) \\ = P_0 E_0 y \frac{k_1 y^2 + (k_1 k_3 - k_1 k_2 + 1)y + (k_3 - k_2)}{y^2 + (k_2 + k_3)y + k_2 k_3} \quad \dots \dots \dots (6)$$

此の式は以下述べる如く我國大都市の實績から布設後相當年數を經過せる都市では近似的に

$$Q = ay + b \quad \dots \dots \dots (6')$$

を以て表はされる (但し  $a$  及び  $b$  は共に都市の大きさと性質に依つて異なる常数) 而して人口, 普及率並に 1 人當り使用水量は都市の状況に依つて相違があり, 各都市共通の  $k_1 \dots k_3$  等の値の決定は伸々困難である場合は寧ろ直接總使用水量増加の状態を年の函数として求むる方が便利である。

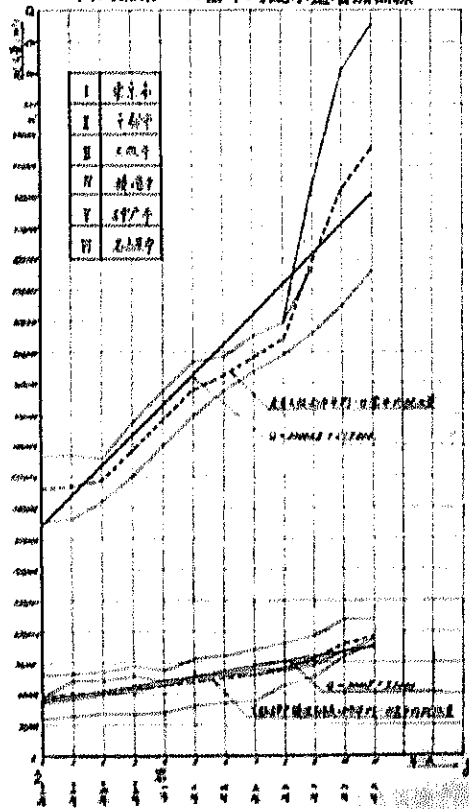
第 13 表 六大都市 1 日當り平均配水量増加状況

(昭和九年度) 水道統計, 132)

市	東京市	大阪市	名古屋市	横浜市	神戸市	京都市	福岡市
1	1,200,000	1,100,000	1,100,000	1,100,000	1,100,000	1,100,000	1,100,000
2	1,300,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
3	1,400,000	1,300,000	1,300,000	1,300,000	1,300,000	1,300,000	1,300,000
4	1,500,000	1,400,000	1,400,000	1,400,000	1,400,000	1,400,000	1,400,000
5	1,600,000	1,500,000	1,500,000	1,500,000	1,500,000	1,500,000	1,500,000
6	1,700,000	1,600,000	1,600,000	1,600,000	1,600,000	1,600,000	1,600,000
7	1,800,000	1,700,000	1,700,000	1,700,000	1,700,000	1,700,000	1,700,000
8	1,900,000	1,800,000	1,800,000	1,800,000	1,800,000	1,800,000	1,800,000
9	2,000,000	1,900,000	1,900,000	1,900,000	1,900,000	1,900,000	1,900,000

我國六大都市の大正 12 年以降昭和 9 年に至る間の給水量増加の状態は第 13 表及第 16 圖 (昭和 9 年度水道協會, 水道統計による) の通りで各都市共多少其の傾向を異にするが大體直線的の變化である。而して大正 12, 3 年頃の東京市, 横浜市の増加率が低下してゐるのは關東震災のため住民離散に

第 16 圖 六大都市 1 日當り平均配水量増加曲線



よるもので、之に反し大阪市ではこれと反對の理由で給水量が増加したものと推定せられる。尙昭和7年以降に於ける東京市の給水量の激増してゐるのは舊接續町村の水道を市營に編入せる等特種な事情に依るもので大體直線的變化と考へて支障がない。即ち給水量は  $Q=ay+b$  なる形で一般に示すことが出来る。今人口數百萬を有する 2 大都市及び 100 萬附近の 4 大都市を平均せる場合のものを示せば次の様である。

$$\text{數百萬 2 都市 } Q=30\,000y+217\,000, \quad \text{100 萬 4 都市 } Q=5\,000y+53\,000$$

但し大正 12 年を起點とす。

上式は 1 箇年を平均せる 1 日の給水量であるから配水管の設計に當つては更に時間最大使用量を求めて用ひねばならぬ。

## 2. 管の數及び大きさの決定

### (a) 新設の場合

前述の如く給水量は年數と共に次第に増加し一方管内の通水量は減少するから新しく管を布設せんとする場合には計畫年限内に於て常に必要水量を流す様に管の大きさ及び數を定めねばならぬ。

而して最初から計畫年數の最終所要水量を流す様な管の設備をするのと、給水量の増加に應じて次第に管の數を増して行くのと 2 方法がある。

(イ) 計畫年限最終所要水量を流す様始めに全部を布設する場合 今計畫年數を  $Y$  とすれば  $Y$  年經過せるときの水量は (6) 式より

$$Q_Y = P_0 E_0 Y \left( \frac{k_1 Y^2 + (k_1 k_2 - k_1 k_4 + 1) Y + k_2 - k_4}{Y^2 + (k_2 + k_3) Y + k_3 k_4} \right)$$

次に  $R_E$  を管の動水半徑、 $K$  を流速より流量を求むるための常數とすれば  $Y$  年後に於ける管の總通水量は一般に次の如くなる。

$$Q_Y' = K \sum_{\xi=1}^N C_p \frac{Y}{R_E^\xi} R_E^{m+2} S^{\xi} \quad \left( \begin{array}{l} \text{流量の單位が } m^3/\text{sec} \text{ なる時は} \\ Q_Y' = \sum_{\xi=1}^N 4\pi R_E^2 C_p \frac{Y}{\xi} R_E^{m+2} S^{\xi} = K \sum_{\xi=1}^N C_p \frac{Y}{R_E^\xi} R_E^{m+2} S^{\xi} \\ \text{となる、但し } K=4\pi C. \end{array} \right)$$

故に前記 2 式を等しと置けば

$$P_0 E_0 Y \left( \frac{k_1 Y^2 + (k_1 k_2 - k_1 k_4 + 1) Y + k_2 - k_4}{Y^2 + (k_2 + k_3) Y + k_3 k_4} \right) = K \sum_{\xi=1}^N C_p \frac{Y}{R_E^\xi} R_E^{m+2} S^{\xi} \dots \dots \dots (7)$$

となり、この式を満足する管の組合せは多數存在するを以て、その中最も經濟的なものを採用すればよい。而して管徑を與ふるときは本數は自然に定まる。尙 (7) 式は圖式又は試算法に依り比較的容易に解くことが出来る。

(7) 式の特種な場合として管の大きさを一定とすると

$$P_0 E_0 Y \left( \frac{k_1 Y^2 + (k_1 k_2 - k_1 k_4 + 1) Y + k_2 - k_4}{Y^2 + (k_2 + k_3) Y + k_3 k_4} \right) = N K C_p \frac{Y}{R} R^{m+2} S^N \dots \dots \dots (8)$$

但し  $N$  は管の數

更に (8) 式で  $N=1$  とすれば

$$P_0 E_0 Y \left( \frac{k_1 Y^2 + (k_1 k_2 - k_1 k_4 + 1) Y + k_2 - k_4}{Y^2 + (k_2 + k_3) Y + k_3 k_4} \right) = K C_p \frac{Y}{R} R^{m+2} S^N \dots \dots \dots (9)$$

(ロ) 給水量の増加と共に管の數を増加する場合 計畫年限中  $N$  回に亘り管を増設するものとし創設より増設するまでの年數を  $Y_1 \dots Y_N$  とすれば (但し  $Y_N$  は計畫年數) 各年後に於て所要水量を流すためには次の様な關係を必要とする、即ち各年毎の所要水量を夫々  $Q_1, Q_2, \dots, Q_N$  とすると (6) 式より容易に求められる。

$$\left. \begin{aligned}
 Q_1 &= P_0 P_0 Y_1 \left( \frac{k_1 Y_1^2 + (k_1 k_n - k_1 k_1 + 1) Y_1 + k_n - k_1}{Y_1^2 + (k_1 + k_n) Y_1 + k_2 k_n} \right) \\
 Q_2 &= P_0 P_0 Y_2 \left( \frac{k_1 Y_2^2 + (k_1 k_n - k_1 k_1 + 1) Y_2 + k_n - k_1}{Y_2^2 + (k_2 + k_n) Y_2 + k_2 k_n} \right) \\
 &\dots \dots \dots \\
 Q_N &= P_0 P_0 Y_N \left( \frac{k_1 Y_N^2 + (k_1 k_n - k_1 k_1 + 1) Y_N + k_n - k_1}{Y_N^2 + (k_1 + k_n) Y_N + k_2 k_n} \right)
 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (10-1)$$

次に最初に動水半径  $R'_E$  の管を  $N'$  本  $Y_1$  年後に  $R''_E$  を  $N''$  本斯の如く順次  $N$  回に亘り布設するとすれば  $Y_1$  年後,  $Y_2$  年後等に於ける通水量  $Q_1' Q_2' \dots Q_N'$  は次の如くなる。

$$\left. \begin{aligned}
 Q_1' &= K \sum_{E=1}^{N_1} C_p^{R'_E} R_E^{m+2S^0} \\
 Q_2' &= K \sum_{E=1}^{N_1} C_p^{R'_E} R_E^{m+2S^0} + K \sum_{E=1}^{N_2} C_p^{R''_E} R_E^{m+2S^0} \\
 Q_3' &= K \sum_{E=1}^{N_1} C_p^{R'_E} R_E^{m+2S^0} + K \sum_{E=1}^{N_2} C_p^{R''_E} R_E^{m+2S^0} + K \sum_{E=1}^{N_3} C_p^{R'''_E} R_E^{m+2S^0} \\
 &\dots \dots \dots \\
 Q_N' &= K \sum_{E=1}^{N_1} C_p^{R'_E} R_E^{m+2S^0} + K \sum_{E=1}^{N_2} C_p^{R''_E} R_E^{m+2S^0} + \dots \\
 &\quad + K \sum_{E=N-1}^{N_N} C_p^{R_{E(N)}^{m+2S^0}} R_{E,N}^{m+2S^0}
 \end{aligned} \right\} \dots \dots (10-2)$$

而して之等の管は各年の終りに所要水量を流す必要あるを以て

$$Q_1 = Q_1', Q_2 = Q_2', \dots, Q_N = Q_N' \dots \dots \dots (10-3)$$

上記聯立方程式に於て  $Y_1 \dots Y_N$  を與ふる時は  $R_E, R_{E'} \dots$  等の組は順次に定まるが (7) 式に於けると同様夫々の組合せには色々あつて一定の管徑は得られない。又  $Y_1 \dots Y_N$  は  $Y_1 < Y_2 < Y_3 \dots < Y_N$  なる條件の下には任意に取り得るを以て更に  $R_E, R_{E'}$  等の組數が多くなる。斯くの如く計畫年數並に管の數を與ふるも管の大きさは一定しないから實際に當つてはその中で最も經濟的のものを選ばねばならぬ。

而して實際にはかかる複雑なる場合は少なく 1 本づつ増す場合の方が多い。この場合には (10-3) 式は次の如く簡單になる。

$$\left. \begin{aligned}
 Q_1 &= K C_p^{R_1} R_1^{m+2S^0} \\
 Q_2 &= K C_p^{R_1} R_1^{m+2S^0} + K C_p^{R_2} R_2^{m+2S^0} \\
 &\dots \dots \dots \\
 Q_N &= K C_p^{R_1} R_1^{m+2S^0} + K C_p^{R_2} R_2^{m+2S^0} + \dots + K C_p^{R_N} R_N^{m+2S^0}
 \end{aligned} \right\} \dots \dots (11)$$

(但し上式の  $Q_1, Q_2 \dots Q_N$  は (10-1) 式と同様)

本聯立方程式で  $Y_1 \dots Y_N$  を與ふれば  $R_1 \dots R_N$  は定まるが  $Y_1 \dots Y_N$  は  $Y_N$  の範圍内で任意に取り得るを以て管の大きさも從つて一定しないから、その内の經濟的のものを用ふるは前同様である。

更に  $R = R_1 = R_2 \dots = R_N$  ならば

$$Q_1 = K C_p^{R_1} R^{m+2S^0} \quad \left. \dots \dots \dots \right\}$$

$$\left. \begin{aligned}
 Q_1 &= KCR^{m+2}S^2 \left( p \frac{Y_2}{R} + p \frac{Y_2 - Y_1}{R} \right) \\
 \dots\dots\dots \\
 Q_N &= KCR^{m+2}S^N \left( p \frac{Y_N}{R} + p \frac{Y_N - Y_1}{R} + \dots + p \frac{Y_N - Y_{N-1}}{R} \right)
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

(但し  $Q_1, Q_2, \dots, Q_N$  は (10-1) 式と同様)

上式中  $Y_N$  は計畫年数であるから既知量となり従つて未知数は  $Y_1, \dots, Y_{N-1}$  及び  $R$  の  $N$  個で方程式の數と同數であるから確定値を有する。

(12) 式で  $N=1$  とすれば

$$Q_1 = KCR_1^{m+2}S^2 p \frac{Y_1}{R} \dots\dots\dots (13)$$

$N=2$  とすれば

$$Q_1 = KCR^{m+2}S^2 p \frac{Y_1}{R}, \quad Q_2 = KCR^{m+2}S^2 \left( p \frac{Y_2}{R} + p \frac{Y_2 - Y_1}{R} \right) \dots\dots\dots (14)$$

となり (13) 式では  $Y_1$ , (14) 式では  $Y_2$  が夫々計畫年数で未知數と方程式數とは同一であるから  $R$  は確定値である。

(b) 擴張の場合

擴張の場合には既設管は既に多少通水量を減少してゐるから之を考慮して管の大き並に數を定めねばならぬ。此の場合に於ても新設のときと同じく擴張年限最終の 所要水量を通ずる様計畫當初に 全部を布設するのと其の期間中に給水量の増加に応じて管を次第に増加して行く 2 方法に分ける事が出来る。

(イ) 擴張計畫年限最終所要水量を流す様始めに全部を布設する場合 既設管を  $R_{\eta}, R_{\eta'}, \dots, R_{\eta(M)}$ , 夫々の年齢を  $y_1, y_2, \dots, y_M$ , 創設より現在までの経過年數を  $Y'$  とし他は新設の場合と同一記號を用ふる。

但し  $Y' > y_1 > y_2 > \dots > y_M$  とする。

然る時は計畫年限最終所要給水量は

$$Q_r = P_0 E_0 (Y + Y') \left\{ \frac{k_1 (Y + Y')^2 + (k_1 k_3 - k_1 k_4 + 1)(Y + Y') + k_3 - k_4}{(Y + Y')^2 + (k_2 + k_3)(Y + Y') + k_2 k_3} \right\}$$

計畫年限最終に於ける既設管の通水量は

$$Q_1 = K \sum_{\eta'=1}^{M_1} C_p \frac{Y+y_1}{R_{\eta'}} R_{\eta'}^{m+2} S^{m+2} + K \sum_{\eta'=1}^{M_2} C_p \frac{Y+y_2}{R_{\eta''}} R_{\eta''}^{m+2} S^{m+2} + \dots + K \sum_{\eta(M)=1}^{M_M} C_p \frac{Y+y_M}{R_{\eta(M)}} R_{\eta(M)}^{m+2} S^{m+2}$$

計畫年限最終に於ける擴張管の通水量は

$$Q_{r'} = K \sum_{\xi=1}^N C_p \frac{Y}{R_{\xi}} R_{\xi}^{m+2} S^{m+2}$$

となるを以て  $Q_r - Q_1 = Q_{r'} \dots (15)$  と置き新設の場合と同様にして管の大きを求むる事が出来る。

(ロ) 給水量の増加と共に管の數を増加する場合 前記並に創設の場合と同一記號を用ふる。然るときは

$Y_1, Y_2, \dots, Y_N$  年後に於ける所要給水量は

$$Q_1 = P_0 E_0 (Y_1 + Y') \left\{ \frac{k_1 (Y_1 + Y')^2 + (k_1 k_3 - k_1 k_4 + 1)(Y_1 + Y') + k_3 - k_4}{(Y_1 + Y')^2 + (k_2 + k_3)(Y_1 + Y') + k_2 k_3} \right\}$$

$$Q_2 = P_0 E_0 (Y_2 + Y') \left\{ \frac{k_1 (Y_2 + Y')^2 + (k_1 k_3 - k_1 k_4 + 1)(Y_2 + Y') + k_3 - k_4}{(Y_2 + Y')^2 + (k_2 + k_3)(Y_2 + Y') + k_2 k_3} \right\}$$

.....

$$Q_N = P_0 P_0' (Y_N + Y') \left\{ \frac{k_1(Y_N + Y')^2 + (k_1 k_2 - k_1 k_2 + 1)(Y_N + Y') + k_2 - k_1}{(Y_N + Y')^2 + (k_2 + k_3)(Y_N + Y') + k_2 k_3} \right\}$$

$Y_1, Y_2, \dots, Y_N$  年後に於ける既設管の通水量は

$$Q_1'' = K \sum_{\eta^{(1)}=1}^{M_1} C_p \frac{Y_1 + \eta_1}{R_{\eta^{(1)}}} R_{\eta^{(1)}}^{m+2} S^m + K \sum_{\eta^{(2)}=1}^{M_2} C_p \frac{Y_1 + \eta_2}{R_{\eta^{(2)}}} R_{\eta^{(2)}}^{m+2} S^m + \dots$$

$$+ K \sum_{\eta^{(M)}=1}^{M_M} C_p \frac{Y_1 + \eta_M}{R_{\eta^{(M)}}} R_{\eta^{(M)}}^{m+2} S^m$$

$$Q_2'' = K \sum_{\eta^{(1)}=1}^{M_1} C_p \frac{Y_2 + \eta_1}{R_{\eta^{(1)}}} R_{\eta^{(1)}}^{m+2} S^m + K \sum_{\eta^{(2)}=1}^{M_2} C_p \frac{Y_2 + \eta_2}{R_{\eta^{(2)}}} R_{\eta^{(2)}}^{m+2} S^m + \dots$$

$$+ K \sum_{\eta^{(M)}=1}^{M_M} C_p \frac{Y_2 + \eta_M}{R_{\eta^{(M)}}} R_{\eta^{(M)}}^{m+2} S^m$$

$$Q_N'' = K \sum_{\eta^{(1)}=1}^{M_1} C_p \frac{Y_N + \eta_1}{R_{\eta^{(1)}}} R_{\eta^{(1)}}^{m+2} S^m + K \sum_{\eta^{(2)}=1}^{M_2} C_p \frac{Y_N + \eta_2}{R_{\eta^{(2)}}} R_{\eta^{(2)}}^{m+2} S^m + \dots$$

$$+ K \sum_{\eta^{(M)}=1}^{M_M} C_p \frac{Y_N + \eta_M}{R_{\eta^{(M)}}} R_{\eta^{(M)}}^{m+2} S^m$$

次に増設すべき管の  $Y_1, Y_2, \dots, Y_N$  年後に於ける通水量は全く (10-2) 式と同様である。

依つて

$$Q_1 - Q_1'' = Q_1', \quad Q_2 - Q_2'' = Q_2', \quad \dots, \quad Q_N - Q_N'' = Q_N' \dots \dots \dots (16)$$

と置き新設の場合と同様な方法によつて解くことが出来る。以上 2 つの場合は何れも一般的に述べたのである。同径のものを増設するとき其の他特殊な場合には新設の場合と全く同様な方法によつて求められる。

尙新設擴張の場合共近似的には一般式の代りに直線式を用ふればよい。

### 3. 経 費

管の大きさ並に数は 前述の方法に依り求められるが、之等は凡て経費を考慮に入れてゐないため特別の場合以外其の解は一定しない。而して實際に當つては経費の最小なもの即ち建設費と計畫年數中の利子との合計が最小となる 1 組を採用することは前述の通りである。

さて建設費は周圍の諸種の事情に依り異なるが總括的には次式を以て表はし得る様である。

$$C = R(C_1 R + C_2) \dots \dots \dots (17)$$

但し、 $C$ : 單位長當り建設費、 $R$ : 動水半徑、 $C_1, C_2$ : 常數

従つて年利率を  $r$ 、年數を  $Y$  とすれば  $Y$  年間の元利合計  $\Sigma W$  は次式の如くなる。

$$\Sigma W = R(C_1 R + C_2 X(1+r)^Y) \dots \dots \dots (18)$$

故に多數の管の組合せの場合には各組に付  $\Sigma W$  を求めその中の最小となる 1 組を採用すればよい。

例へば同径のものを順次増加する場合に於て動水半徑を  $R$ 、創設より増設期までの年數を夫々  $y_1, y_2, \dots, y_n$  とすれば總支出額は

$$\Sigma W = R(C_1 R + C_2) \{ (1+r)^{y_N} + (1+r)^{y_N - y_1} + \dots + (1+r)^{y_N - y_{N-1}} \} \dots \dots \dots (19)$$

を以て表はされる故  $R$  を色々變へて見て換算すれば本數を變へて  $\Sigma W$  を求める時は何れが經濟的であるか容易に判る。

## 4. 計 算 例

建設後相當年數を経過せる人口百萬程度の都市の 1 日平均配水量の増加は既に述べた如く  $Q=5000y+53000$  を以て表はすことが出来る。

而してこの式は大正 12 年を起點とせるを以て昭和 10 年を起點とする場合には  $Q=5000(y+12)+53000$  となる。今かゝる都市に於て年輪夫々 35 年, 25 年, 15 年なる 900 mm, 1100 mm, 1350 mm の既設管ある場合擴張計畫年限を 20 年, 動水勾配 1/1000, 時間最大使用量を平均使用量の 2.25 倍と假定した時の管の大き並に其の經費を求めて見る。

## (a) 管 の 大 小

(イ) 1 本の管を布設する場合 (15) 式に於て左邊第 1 項の使用水量増加に直線式を用ふる時は 20 年後の使用水量は

$$Q_r = \{5000(12+20)+53000\} \times 2.25 + 86400 \quad (\text{m}^3/\text{sec})$$

となり 20 年後に於ける既設管の通水能力は

$$Q_1 = 4\pi \times 81.6 \times (0.001)^{0.507} \left\{ (0.9978)^{\frac{35+20}{0.326}} (0.225)^{2.581} + (0.9978)^{\frac{25+20}{0.376}} (0.275)^{2.581} \right. \\ \left. + (0.9978)^{\frac{15+20}{0.3375}} (0.3375)^{2.581} \right\} \quad (\text{m}^3/\text{sec})$$

擴張すべき管の 20 年後に於ける通水量  $Q_{r'}$  は

$$Q_{r'} = 4\pi \times 81.6 \times (0.9978)^{\frac{20}{R}} R^{2.581} (0.001)^{0.507} \quad (\text{m}^3/\text{sec})$$

となるを以て  $Q_r - Q_1 = Q_{r'}$

と置き試算により  $R$  を求むると 0.4175 m 即ち  $D=1.670$  m となる。

(ロ) 同径のものを 2 間に亘り増加する場合 (16) 式に於て給水量増加に直線式を用ふると

$$Q_1 = \{5000(12+Y_1)+53000\} \times 2.25 + 86400 \quad (\text{m}^3/\text{sec})$$

$$Q_2 = \{5000(12+20)+53000\} \times 2.25 + 86400 \quad "$$

既設管の通水量は

$$Q_1'' = 4\pi \times 81.6 \times (0.001)^{0.507} \left\{ (0.9978)^{\frac{35+Y_1}{0.326}} (0.225)^{2.581} + (0.9978)^{\frac{25+Y_1}{0.276}} (0.275)^{2.581} \right. \\ \left. + (0.9978)^{\frac{15+Y_1}{0.3375}} (0.3375)^{2.581} \right\} \quad (\text{m}^3/\text{sec})$$

$$Q_2'' = 4\pi \times 81.6 \times (0.001)^{0.507} \left\{ (0.9978)^{\frac{35+20}{0.326}} (0.225)^{2.581} + (0.9978)^{\frac{25+20}{0.276}} (0.275)^{2.581} \right. \\ \left. + (0.9978)^{\frac{15+20}{0.3375}} (0.3375)^{2.581} \right\} \quad (\text{m}^3/\text{sec})$$

増設管の通水量は

$$Q_1' = 4\pi \times 81.6 \times (0.001)^{0.507} \left\{ (0.9978)^{\frac{Y_1}{R}} R^{2.581} \right\} \quad (\text{m}^3/\text{sec})$$

$$Q_2' = 4\pi \times 81.6 \times (0.001)^{0.507} \left\{ (0.9978)^{\frac{20}{R}} R^{2.581} + (0.9978)^{\frac{20-Y_1}{R}} R^{2.581} \right\} \quad "$$

を以て表はされる。依つて

$$Q_1 - Q_1'' = Q_1', \quad Q_2 - Q_2'' = Q_2'$$

と置きこの聯立方程式を試算法によつて解くと

$$R=0.320 \text{ m} \quad \therefore \quad D=1.280 \text{ m}$$



$$Y_1 = 10 \frac{H}{4}$$

となる。即ち先づ最初に 1280 mm 管 1 本を布設しそれより 10  $\frac{H}{4}$  年經過後に更に 1280 mm 管 1 本を増設すれば計畫年限中所需水量を完全に通ずることが出来る。

(b) 経費の比較

建設費は既に述べた如く名古屋市実績に依れば次の如くなる。

$$C = R(772.8R + 110)$$

但し C は 1 m 當り建設費 (圓), R は動水半径 (m)

次に本式を用ひ年利率が如何なる場合 1 本を用ふるか 2 本を用ふるか何れが経済的であるかを求める。

計畫年限中の總経費は (19) 式に依り

$$1 \text{ 本の場合 } 照_1 = 0.4175(772.8 \times 0.4175 + 110)(1+r)^{20}$$

$$2 \text{ 本の場合 } 照_2 = 0.320(772.8 \times 0.320 + 110) \{ (1+r)^{20} + (1+r)^{20-10.7} \}$$

依つて 照<sub>1</sub> = 照<sub>2</sub> と置けば

$$0.4174(772.8 \times 0.4175 + 110)(1+r)^{20} = 0.320(772.8 \times 0.320 + 110) \{ (1+r)^{20} + (1+r)^{20-10.7} \}$$

之より r を求めると 0.053 となる。

即ち年利率が 0.053 より小なる時は 1 本を布設するが有利である。

而して年利率 0.053 なる時の 1 m 當り總経費は 511 圓となる。

第 6 節 下水汚泥の流量

下水汚泥輸送管に就き本公式の係数を求め之を清水の場合と比較すると次の如くなる。即ち實驗に供した管路は名古屋市高藏物高場と熱田処理場との間の内径 150 mm ヒューム管と熱田下水処理場より天白汚泥処理場に至

第 14 表 第 24 實驗

本實驗は熱田処理場より天白処理場への汚泥輸送管の中 200 mm 鑄鐵管に就て實驗を施行せり

觀測年月: 昭和 9 年 10 月  
 施行箇所: 熱田処理場より笠寺町地内鐵管ヒューム管接合點に至る間  
 管種管径: 鋼管高藏物高場 200 mm (管内径 201.3 mm)  
 鋼管管径: 374.0 mm  
 流速測定方法: 管路の寸法より其の長さ 7.000 m、深さ 2.600 m の中に注水し水深を測定して流量を算出す  
 水頭測定方法: 目盛板を附し、L 字型水銀壓力計を使用し水銀柱の差の高さを同時計測す  
 路線中の曲管の種類及數: 曲管 90° 4 個、45° 23 個、22.5° 12 個  
 汚泥の比重値含水量: 比重 1.008、含水量 99.6%

No.	流速 (m/s)		水頭 (m)		流量 (m³/s)	
	観測	計算	観測	計算	観測	計算
1	1.310	0.208	2.202	0.218	2.228	1.221
2	2.222	0.209	2.419	0.219	2.202	1.009
3	2.222	0.208	2.219	0.218	2.221	1.009
4	2.222	0.207	2.221	0.217	2.102	1.007
5	2.210	0.210	2.222	0.210	2.222	1.222
6	2.222	0.208	2.221	0.218	2.222	1.222
7	2.222	0.208	2.222	0.218	2.222	1.222
8	2.222	0.208	2.222	0.218	2.222	1.222

第 15 表 第 25 實驗

本實驗は熱田処理場より天白処理場への汚泥輸送管の中 200 mm ヒューム管の部分に於て實驗を施行せり

觀測年月: 昭和 9 年 10 月  
 施行箇所: 笠寺町地内鐵管ヒューム管接合點より天白汚泥処理場に至る間  
 管種管径: 200 mm ヒューム管  
 鋼管管径: 374.0 mm  
 流速測定方法: 前實驗に同じ  
 水頭測定方法: “  
 路線中の曲管の種類及數: 曲管 45° 14 個  
 汚泥の比重値含水量: 比重 1.008、含水量 99.6%

No.	流速 (m/s)		水頭 (m)		流量 (m³/s)	
	観測	計算	観測	計算	観測	計算
1	1.310	0.210	2.202	0.213	2.202	1.221
2	2.222	0.209	2.417	0.212	2.202	1.009
3	2.222	0.210	2.222	0.212	2.222	1.222
4	2.222	0.209	2.222	0.212	2.222	1.222
5	2.222	0.210	2.222	0.212	2.222	1.222
6	2.222	0.210	2.222	0.212	2.222	1.222
7	2.222	0.210	2.222	0.212	2.222	1.222
8	2.222	0.210	2.222	0.212	2.222	1.222

る鐵管とヒューム管とを連結せる内径 200 mm 管とであつて之等の區間は汚泥を噴霧狀にしてゐる。尙實驗を行つた時は各管とも通水後幾何も經過してゐなかつた爲め係數算出に際しては何れも新管と考へた。

實驗の結果は第 14 表乃至第 16 表の通りで之等の各流速に對する係數は第 17 表の右端に掲げた通りである。

第 16 表 第 26 實驗

本實驗は高瀬町高所より熱田處理場に至る汚泥輸送用 150 mm ヒューム管の直線部に付實驗を施行せり  
 觀測年月：昭和 7 年 8 月  
 施行箇所：高瀬町高所より熱田處理場に至る間  
 管種管徑：150 mm ヒューム管  
 測定延長：1151.0 m  
 流速測定方法：熱田處理場内汚泥貯留槽の水深を測定して流量を算出し之より流速を計算す  
 水頭觀測方法：目盛板を附したる U 字型水銀壓力計を使用し水銀柱兩端の高さを同時に觀測す  
 路線中水管の種類及數：なし  
 汚泥の比重並含水量：比重 1.006, 含水量 99.3 %

No.	流速 (m/sec)	係數 C	清水の場合の係數 81.60 に比し減少の割合 (%)
1	1.198	111.2	12.31
2	1.183	110.2	12.26
3	1.181	109.2	11.29
4	1.120	108.2	12.28
5	1.029	99.0	12.91
6	1.007	99.2	12.21
7	1.000	99.8	12.31
平均		103.2	67.51

尙各實驗に就て見ると管内流速は殆んど同一で唧筒の fluctuation に依る多少の相違が見られるのみで又之等より求めた係數の平均と汚泥の含水率との關係は第 17 表の通りである。

200 mm 鑄鐵管では係數は 65.97 となり 200 mm ヒューム管では 60.15 となつたが兩者は同一汚泥を輸送したのであるから此の係數の相違は鑄鐵管とヒューム管との粗度の相違で又 150 mm ヒューム管の係數が 200 mm 鑄鐵管及ヒューム管の係數より大きいのは輸送汚泥の含水率が高いためと考へる。

要するに汚泥輸送管に池田公式を適用する場合は汚泥の含水率に依つて異なるが含水率 99% 附近のもの

第 17 表 汚泥輸送管の實驗

管 種	汚泥の含水率 (%)	平均流速	係 數	清水の場合の係數 81.60 に比し減少の割合 (%)
200 mm 鑄 鐵 管	98.6	0.44 m/sec	65.97	19.2
200 mm ヒューム管	98.6	0.44	60.15	26.3
150 mm ヒューム管	99.3	1.082	67.51	17.2

では係數 C を 66 位に取ればよい様である。

尙汚泥の管路に於ける損失水頭に付デッボン市の實驗によれば輸送管は 8 吋鑄鐵管で管内流速は最小毎秒 2 呎、最大 4 呎の計量で平常運轉は 2.8 呎である。而して輸送汚泥の含水率は平均 99% で Williams A. Hazen 氏公式の C は 110 となり同一管に於ける清水の場合は 140 と報告されてゐる。之から池田公式の係數を求むると清水の場合を 81.60 とすれば汚泥輸送の時は約 64.0 となり前述の名古屋市の實驗結果と大體一致する。

第 7 節 鑄 鐵 管 の 流 量 表

本公式使用に當り計算の繁雜を避け容易に流量を求め得る様口徑 75 mm より 1500 mm に至る 20 種の鑄鐵管に就き新管の流量表を作製し且つ年齢と  $p^{\frac{1}{N}}$  との關係を算出した結果は表 18 表~第 37 表及び第 17 圖の通りで此の圖表の使用により任意年齢の管の流量を簡單に求める事が出来る。但し p の値は今日迄調査せるものは何れも大體  $p=0.9978$  となつてゐるが水質が變れば當然此の値も變る又年齢と  $p^{\frac{1}{N}}$  との關係は年齢經過に伴ふ流量減少の割合を示すものであるから之より直に通水後の經過年數に伴ふ流量減少の割合をも求める事が出来る圖表中實線にて示せる部分が實驗の範圍内で在つて本公式は此の範圍内で特によく合致するものである。



第 22 表

200 口径

(数 値)

流 量	管 径	流 速	損失係數	流 量	管 径	流 速	損失係數
1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000
300	0.0073	1.268	0.302	1167	0.620	1.023	1.110
310	0.0075	1.274	0.303	1180	0.621	1.027	1.106
320	0.0077	1.280	0.304	1193	0.622	1.030	1.102
330	0.0079	1.286	0.305	1206	0.623	1.034	1.098
340	0.0081	1.292	0.306	1219	0.624	1.037	1.094
350	0.0083	1.298	0.307	1232	0.625	1.041	1.090
360	0.0085	1.304	0.308	1245	0.626	1.044	1.086
370	0.0087	1.310	0.309	1258	0.627	1.048	1.082
380	0.0089	1.316	0.310	1271	0.628	1.051	1.078
390	0.0091	1.322	0.311	1284	0.629	1.055	1.074
400	0.0093	1.328	0.312	1297	0.630	1.058	1.070
410	0.0095	1.334	0.313	1310	0.631	1.062	1.066
420	0.0097	1.340	0.314	1323	0.632	1.065	1.062
430	0.0099	1.346	0.315	1336	0.633	1.069	1.058
440	0.0101	1.352	0.316	1349	0.634	1.072	1.054
450	0.0103	1.358	0.317	1362	0.635	1.076	1.050
460	0.0105	1.364	0.318	1375	0.636	1.079	1.046
470	0.0107	1.370	0.319	1388	0.637	1.083	1.042
480	0.0109	1.376	0.320	1401	0.638	1.086	1.038
490	0.0111	1.382	0.321	1414	0.639	1.090	1.034
500	0.0113	1.388	0.322	1427	0.640	1.093	1.030
510	0.0115	1.394	0.323	1440	0.641	1.097	1.026
520	0.0117	1.400	0.324	1453	0.642	1.100	1.022
530	0.0119	1.406	0.325	1466	0.643	1.104	1.018
540	0.0121	1.412	0.326	1479	0.644	1.107	1.014
550	0.0123	1.418	0.327	1492	0.645	1.111	1.010
560	0.0125	1.424	0.328	1505	0.646	1.114	1.006
570	0.0127	1.430	0.329	1518	0.647	1.118	1.002
580	0.0129	1.436	0.330	1531	0.648	1.121	0.998
590	0.0131	1.442	0.331	1544	0.649	1.125	0.994
600	0.0133	1.448	0.332	1557	0.650	1.128	0.990
610	0.0135	1.454	0.333	1570	0.651	1.132	0.986
620	0.0137	1.460	0.334	1583	0.652	1.135	0.982
630	0.0139	1.466	0.335	1596	0.653	1.139	0.978
640	0.0141	1.472	0.336	1609	0.654	1.142	0.974
650	0.0143	1.478	0.337	1622	0.655	1.146	0.970
660	0.0145	1.484	0.338	1635	0.656	1.149	0.966
670	0.0147	1.490	0.339	1648	0.657	1.153	0.962
680	0.0149	1.496	0.340	1661	0.658	1.156	0.958
690	0.0151	1.502	0.341	1674	0.659	1.160	0.954
700	0.0153	1.508	0.342	1687	0.660	1.163	0.950
710	0.0155	1.514	0.343	1700	0.661	1.167	0.946
720	0.0157	1.520	0.344	1713	0.662	1.170	0.942
730	0.0159	1.526	0.345	1726	0.663	1.174	0.938
740	0.0161	1.532	0.346	1739	0.664	1.177	0.934
750	0.0163	1.538	0.347	1752	0.665	1.181	0.930
760	0.0165	1.544	0.348	1765	0.666	1.184	0.926
770	0.0167	1.550	0.349	1778	0.667	1.188	0.922
780	0.0169	1.556	0.350	1791	0.668	1.191	0.918
790	0.0171	1.562	0.351	1804	0.669	1.195	0.914
800	0.0173	1.568	0.352	1817	0.670	1.198	0.910
810	0.0175	1.574	0.353	1830	0.671	1.202	0.906
820	0.0177	1.580	0.354	1843	0.672	1.205	0.902
830	0.0179	1.586	0.355	1856	0.673	1.209	0.898
840	0.0181	1.592	0.356	1869	0.674	1.212	0.894
850	0.0183	1.598	0.357	1882	0.675	1.216	0.890
860	0.0185	1.604	0.358	1895	0.676	1.219	0.886
870	0.0187	1.610	0.359	1908	0.677	1.223	0.882
880	0.0189	1.616	0.360	1921	0.678	1.226	0.878
890	0.0191	1.622	0.361	1934	0.679	1.230	0.874
900	0.0193	1.628	0.362	1947	0.680	1.233	0.870
910	0.0195	1.634	0.363	1960	0.681	1.237	0.866
920	0.0197	1.640	0.364	1973	0.682	1.240	0.862
930	0.0199	1.646	0.365	1986	0.683	1.244	0.858
940	0.0201	1.652	0.366	1999	0.684	1.247	0.854
950	0.0203	1.658	0.367	2012	0.685	1.251	0.850
960	0.0205	1.664	0.368	2025	0.686	1.254	0.846
970	0.0207	1.670	0.369	2038	0.687	1.258	0.842
980	0.0209	1.676	0.370	2051	0.688	1.261	0.838
990	0.0211	1.682	0.371	2064	0.689	1.265	0.834
1000	0.0213	1.688	0.372	2077	0.690	1.268	0.830

第 23 表

250 口径

(数 値)

流 量	管 径	流 速	損失係數	流 量	管 径	流 速	損失係數
1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000
40	0.011	1.226	0.317	170	0.662	1.209	1.204
42	0.0112	1.232	0.318	180	0.663	1.215	1.200
44	0.0114	1.238	0.319	190	0.664	1.221	1.196
46	0.0116	1.244	0.320	200	0.665	1.227	1.192
48	0.0118	1.250	0.321	210	0.666	1.233	1.188
50	0.0120	1.256	0.322	220	0.667	1.239	1.184
52	0.0122	1.262	0.323	230	0.668	1.245	1.180
54	0.0124	1.268	0.324	240	0.669	1.251	1.176
56	0.0126	1.274	0.325	250	0.670	1.257	1.172
58	0.0128	1.280	0.326	260	0.671	1.263	1.168
60	0.0130	1.286	0.327	270	0.672	1.269	1.164
62	0.0132	1.292	0.328	280	0.673	1.275	1.160
64	0.0134	1.298	0.329	290	0.674	1.281	1.156
66	0.0136	1.304	0.330	300	0.675	1.287	1.152
68	0.0138	1.310	0.331	310	0.676	1.293	1.148
70	0.0140	1.316	0.332	320	0.677	1.300	1.144
72	0.0142	1.322	0.333	330	0.678	1.306	1.140
74	0.0144	1.328	0.334	340	0.679	1.312	1.136
76	0.0146	1.334	0.335	350	0.680	1.318	1.132
78	0.0148	1.340	0.336	360	0.681	1.324	1.128
80	0.0150	1.346	0.337	370	0.682	1.330	1.124
82	0.0152	1.352	0.338	380	0.683	1.336	1.120
84	0.0154	1.358	0.339	390	0.684	1.342	1.116
86	0.0156	1.364	0.340	400	0.685	1.348	1.112
88	0.0158	1.370	0.341	410	0.686	1.354	1.108
90	0.0160	1.376	0.342	420	0.687	1.360	1.104
92	0.0162	1.382	0.343	430	0.688	1.366	1.100
94	0.0164	1.388	0.344	440	0.689	1.372	1.096
96	0.0166	1.394	0.345	450	0.690	1.378	1.092
98	0.0168	1.400	0.346	460	0.691	1.384	1.088
100	0.0170	1.406	0.347	470	0.692	1.390	1.084
102	0.0172	1.412	0.348	480	0.693	1.396	1.080
104	0.0174	1.418	0.349	490	0.694	1.402	1.076
106	0.0176	1.424	0.350	500	0.695	1.408	1.072
108	0.0178	1.430	0.351	510	0.696	1.414	1.068
110	0.0180	1.436	0.352	520	0.697	1.420	1.064
112	0.0182	1.442	0.353	530	0.698	1.426	1.060
114	0.0184	1.448	0.354	540	0.699	1.432	1.056
116	0.0186	1.454	0.355	550	0.700	1.438	1.052
118	0.0188	1.460	0.356	560	0.701	1.444	1.048
120	0.0190	1.466	0.357	570	0.702	1.450	1.044
122	0.0192	1.472	0.358	580	0.703	1.456	1.040
124	0.0194	1.478	0.359	590	0.704	1.462	1.036
126	0.0196	1.484	0.360	600	0.705	1.468	1.032
128	0.0198	1.490	0.361	610	0.706	1.474	1.028
130	0.0200	1.496	0.362	620	0.707	1.480	1.024
132	0.0202	1.502	0.363	630	0.708	1.486	1.020
134	0.0204	1.508	0.364	640	0.709	1.492	1.016
136	0.0206	1.514	0.365	650	0.710	1.498	1.012
138	0.0208	1.520	0.366	660	0.711	1.504	1.008
140	0.0210	1.526	0.367	670	0.712	1.510	1.004
142	0.0212	1.532	0.368	680	0.713	1.516	1.000
144	0.0214	1.538	0.369	690	0.714	1.522	0.996
146	0.0216	1.544	0.370	700	0.715	1.528	0.992
148	0.0218	1.550	0.371	710	0.716	1.534	0.988
150	0.0220	1.556	0.372	720	0.717	1.540	0.984
152	0.0222	1.562	0.373	730	0.718	1.546	0.980
154	0.0224	1.568	0.374	740	0.719	1.552	0.976
156	0.0226	1.574	0.375	750	0.720	1.558	0.972
158	0.0228	1.580	0.376	760	0.721	1.564	0.968
160	0.0230	1.586	0.377	770	0.722	1.570	0.964
162	0.0232	1.592	0.378	780	0.723	1.576	0.960
164	0.0234	1.598	0.379	790	0.724	1.582	0.956
166	0.0236	1.604	0.380	800	0.725	1.588	0.952
168	0.0238	1.610	0.381	810	0.726	1.594	0.948
170	0.0240	1.616	0.382	820	0.727	1.600	0.944
172	0.0242	1.622	0.383	830	0.728	1.606	0.940
174	0.0244	1.628	0.384	840	0.729	1.612	0.936
176	0.0246	1.634	0.385	850	0.730	1.618	0.932
178	0.0248	1.640	0.386	860	0.731	1.624	0.928
1							

第 26 表

162 口径

(単位)

流 速	管 径	流 速	流量	流 速	管 径	流 速	流量
1.0	162.0	1.00	2.12	2.0	162.0	2.00	8.48
2.0	162.0	2.00	8.48	3.0	162.0	3.00	15.12
3.0	162.0	3.00	15.12	4.0	162.0	4.00	21.76
4.0	162.0	4.00	21.76	5.0	162.0	5.00	28.40
5.0	162.0	5.00	28.40	6.0	162.0	6.00	35.04
6.0	162.0	6.00	35.04	7.0	162.0	7.00	41.68
7.0	162.0	7.00	41.68	8.0	162.0	8.00	48.32
8.0	162.0	8.00	48.32	9.0	162.0	9.00	54.96
9.0	162.0	9.00	54.96	10.0	162.0	10.00	61.60
10.0	162.0	10.00	61.60	11.0	162.0	11.00	68.24
11.0	162.0	11.00	68.24	12.0	162.0	12.00	74.88
12.0	162.0	12.00	74.88	13.0	162.0	13.00	81.52
13.0	162.0	13.00	81.52	14.0	162.0	14.00	88.16
14.0	162.0	14.00	88.16	15.0	162.0	15.00	94.80
15.0	162.0	15.00	94.80	16.0	162.0	16.00	101.44
16.0	162.0	16.00	101.44	17.0	162.0	17.00	108.08
17.0	162.0	17.00	108.08	18.0	162.0	18.00	114.72
18.0	162.0	18.00	114.72	19.0	162.0	19.00	121.36
19.0	162.0	19.00	121.36	20.0	162.0	20.00	128.00
20.0	162.0	20.00	128.00	21.0	162.0	21.00	134.64
21.0	162.0	21.00	134.64	22.0	162.0	22.00	141.28
22.0	162.0	22.00	141.28	23.0	162.0	23.00	147.92
23.0	162.0	23.00	147.92	24.0	162.0	24.00	154.56
24.0	162.0	24.00	154.56	25.0	162.0	25.00	161.20
25.0	162.0	25.00	161.20	26.0	162.0	26.00	167.84
26.0	162.0	26.00	167.84	27.0	162.0	27.00	174.48
27.0	162.0	27.00	174.48	28.0	162.0	28.00	181.12
28.0	162.0	28.00	181.12	29.0	162.0	29.00	187.76
29.0	162.0	29.00	187.76	30.0	162.0	30.00	194.40
30.0	162.0	30.00	194.40	31.0	162.0	31.00	201.04
31.0	162.0	31.00	201.04	32.0	162.0	32.00	207.68
32.0	162.0	32.00	207.68	33.0	162.0	33.00	214.32
33.0	162.0	33.00	214.32	34.0	162.0	34.00	220.96
34.0	162.0	34.00	220.96	35.0	162.0	35.00	227.60
35.0	162.0	35.00	227.60	36.0	162.0	36.00	234.24
36.0	162.0	36.00	234.24	37.0	162.0	37.00	240.88
37.0	162.0	37.00	240.88	38.0	162.0	38.00	247.52
38.0	162.0	38.00	247.52	39.0	162.0	39.00	254.16
39.0	162.0	39.00	254.16	40.0	162.0	40.00	260.80
40.0	162.0	40.00	260.80	41.0	162.0	41.00	267.44
41.0	162.0	41.00	267.44	42.0	162.0	42.00	274.08
42.0	162.0	42.00	274.08	43.0	162.0	43.00	280.72
43.0	162.0	43.00	280.72	44.0	162.0	44.00	287.36
44.0	162.0	44.00	287.36	45.0	162.0	45.00	294.00
45.0	162.0	45.00	294.00	46.0	162.0	46.00	300.64
46.0	162.0	46.00	300.64	47.0	162.0	47.00	307.28
47.0	162.0	47.00	307.28	48.0	162.0	48.00	313.92
48.0	162.0	48.00	313.92	49.0	162.0	49.00	320.56
49.0	162.0	49.00	320.56	50.0	162.0	50.00	327.20
50.0	162.0	50.00	327.20	51.0	162.0	51.00	333.84
51.0	162.0	51.00	333.84	52.0	162.0	52.00	340.48
52.0	162.0	52.00	340.48	53.0	162.0	53.00	347.12
53.0	162.0	53.00	347.12	54.0	162.0	54.00	353.76
54.0	162.0	54.00	353.76	55.0	162.0	55.00	360.40
55.0	162.0	55.00	360.40	56.0	162.0	56.00	367.04
56.0	162.0	56.00	367.04	57.0	162.0	57.00	373.68
57.0	162.0	57.00	373.68	58.0	162.0	58.00	380.32
58.0	162.0	58.00	380.32	59.0	162.0	59.00	386.96
59.0	162.0	59.00	386.96	60.0	162.0	60.00	393.60
60.0	162.0	60.00	393.60	61.0	162.0	61.00	400.24
61.0	162.0	61.00	400.24	62.0	162.0	62.00	406.88
62.0	162.0	62.00	406.88	63.0	162.0	63.00	413.52
63.0	162.0	63.00	413.52	64.0	162.0	64.00	420.16
64.0	162.0	64.00	420.16	65.0	162.0	65.00	426.80
65.0	162.0	65.00	426.80	66.0	162.0	66.00	433.44
66.0	162.0	66.00	433.44	67.0	162.0	67.00	440.08
67.0	162.0	67.00	440.08	68.0	162.0	68.00	446.72
68.0	162.0	68.00	446.72	69.0	162.0	69.00	453.36
69.0	162.0	69.00	453.36	70.0	162.0	70.00	460.00
70.0	162.0	70.00	460.00	71.0	162.0	71.00	466.64
71.0	162.0	71.00	466.64	72.0	162.0	72.00	473.28
72.0	162.0	72.00	473.28	73.0	162.0	73.00	479.92
73.0	162.0	73.00	479.92	74.0	162.0	74.00	486.56
74.0	162.0	74.00	486.56	75.0	162.0	75.00	493.20
75.0	162.0	75.00	493.20	76.0	162.0	76.00	499.84
76.0	162.0	76.00	499.84	77.0	162.0	77.00	506.48
77.0	162.0	77.00	506.48	78.0	162.0	78.00	513.12
78.0	162.0	78.00	513.12	79.0	162.0	79.00	519.76
79.0	162.0	79.00	519.76	80.0	162.0	80.00	526.40
80.0	162.0	80.00	526.40	81.0	162.0	81.00	533.04
81.0	162.0	81.00	533.04	82.0	162.0	82.00	539.68
82.0	162.0	82.00	539.68	83.0	162.0	83.00	546.32
83.0	162.0	83.00	546.32	84.0	162.0	84.00	552.96
84.0	162.0	84.00	552.96	85.0	162.0	85.00	559.60
85.0	162.0	85.00	559.60	86.0	162.0	86.00	566.24
86.0	162.0	86.00	566.24	87.0	162.0	87.00	572.88
87.0	162.0	87.00	572.88	88.0	162.0	88.00	579.52
88.0	162.0	88.00	579.52	89.0	162.0	89.00	586.16
89.0	162.0	89.00	586.16	90.0	162.0	90.00	592.80
90.0	162.0	90.00	592.80	91.0	162.0	91.00	599.44
91.0	162.0	91.00	599.44	92.0	162.0	92.00	606.08
92.0	162.0	92.00	606.08	93.0	162.0	93.00	612.72
93.0	162.0	93.00	612.72	94.0	162.0	94.00	619.36
94.0	162.0	94.00	619.36	95.0	162.0	95.00	626.00
95.0	162.0	95.00	626.00	96.0	162.0	96.00	632.64
96.0	162.0	96.00	632.64	97.0	162.0	97.00	639.28
97.0	162.0	97.00	639.28	98.0	162.0	98.00	645.92
98.0	162.0	98.00	645.92	99.0	162.0	99.00	652.56
99.0	162.0	99.00	652.56	100.0	162.0	100.00	659.20

第 27 表

456 口径

(単位)

流 速	管 径	流 速	流量	流 速	管 径	流 速	流量
1.0	456.0	1.00	15.12	2.0	456.0	2.00	60.48
2.0	456.0	2.00	60.48	3.0	456.0	3.00	136.08
3.0	456.0	3.00	136.08	4.0	456.0	4.00	241.92
4.0	456.0	4.00	241.92	5.0	456.0	5.00	378.00
5.0	456.0	5.00	378.00	6.0	456.0	6.00	544.32
6.0	456.0	6.00	544.32	7.0	456.0	7.00	740.88
7.0	456.0	7.00	740.88	8.0	456.0	8.00	967.68
8.0	456.0	8.00	967.68	9.0	456.0	9.00	1224.72
9.0	456.0	9.00	1224.72	10.0	456.0	10.00	1512.00
10.0	456.0	10.00	1512.00	11.0	456.0	11.00	1829.52
11.0	456.0	11.00	1829.52	12.0	456.0	12.00	2177.28
12.0	456.0	12.00	2177.28	13.0	456.0	13.00	2555.28
13.0	456.0	13.00	2555.28	14.0	456.0	14.00	2963.52
14.0	456.0	14.00	2963.52	15.0	456.0	15.00	3402.00
15.0	456.0	15.00	3402.00	16.0	456.0	16.00	3880.72
16.0	456.0	16.00	3880.72	17.0	456.0	17.00	4399.68
17.0	456.0	17.00	4399.68	18.0	456.0	18.00	4958.88
18.0	456.0	18.00	4958.88	19.0	456.0	19.00	5558.32
19.0	456.0	19.00	5558.32	20.0	456.0	20.00	6208.00
20.0	456.0	20.00	6208.00	21.0	456.0	21.00	6907.92
21.0	456.0	21.00	6907.92	22.0	456.0	22.00	7658.08
22.0	456.0	22.00	7658.08	23.0	456.0	23.00	8458.48
23.0	456.0	23.00	8458.48	24.0	456.0	24.00	9309.12
24.0	456.0	24.00	9309.12	25.0	456.0	25.00	10210.00
25.0	456.0	25.00	10210.00	26.0	456.0	26.00	11171.28
26.0	456.0	26.00	11171.28	27.0	456.0	27.00	12193.92
27.0	456.0	27.00	12193.92	28.0	456.0	28.00	13278.00
28.0	456.0	28.00	13278.00	29.0	456.0	29.00	14423.52
29.0	456.0	29.00	14423.52	30.0	456.0	30.00	15630.52
30.0	456.0	30.00	15630.52	31.0	456.0	31.00	16909.00
31.0	456.0	31.00	16909.00	32.0	456.0	32.00	18258.96
32.0	456.0	32.00	18258.96	33.0	456.0	33.00	19680.48
33.0	456.0	33.00	19680.48	34.0	456.0	34.00	21173.68
34.0	456.0	34.00	21173.68	35.0	456.0	35.00	22738.56
35.0	456.0	35.00	22738.56	36.0	456.0	36.00	24375.12
36.0	456.0	36.00	24375.12	37.0	456.0	37.00	26083.44
37.0	456.0	37.00	26083.44	38.0	456.0	38.00	27863.52
38.0	456.0	38.00	27863.52	39.0	456.0	39.00	29715.36
39.0	456.0	39.00	29715.36	40.0	456.0	40.00	31639.92
40.0	456.0	40.00	31639.92	41.0	456.0	41.00	33637.28

第 30 表

700 口径

流量		流速		損失水頭		(附註)	
15/100	15/100	15/100	15/100	15/100	15/100	15/100	15/100
1.50	0.082	0.160	0.016	1200	0.553	0.860	0.902
1.70	0.087	0.171	0.020	1300	0.561	0.938	1.102
1.90	0.093	0.182	0.025	1400	0.569	1.011	1.276
2.10	0.098	0.193	0.030	1500	0.577	1.083	1.462
2.30	0.104	0.204	0.036	1600	0.584	1.155	1.660
2.50	0.109	0.215	0.043	1700	0.592	1.235	1.881
2.70	0.115	0.226	0.051	1800	0.600	1.322	2.137
3.00	0.121	0.237	0.060	2000	0.618	1.480	2.709
3.30	0.127	0.248	0.070	2200	0.636	1.652	3.411
3.60	0.133	0.259	0.081	2500	0.664	1.892	4.399
4.00	0.140	0.270	0.093	3000	0.712	2.526	7.776
4.50	0.147	0.281	0.106	3600	0.783	3.462	11.700
5.00	0.154	0.292	0.120	4200	0.854	4.746	17.006
5.50	0.161	0.303	0.135	4800	0.925	6.420	24.330
6.00	0.168	0.314	0.150	5400	0.996	8.496	34.330
6.50	0.175	0.325	0.165	6000	1.067	11.070	47.430
7.00	0.182	0.336	0.180	6600	1.138	14.146	64.130
7.50	0.189	0.347	0.195	7200	1.209	17.722	85.030
8.00	0.196	0.358	0.210	7800	1.280	21.798	111.730
8.50	0.203	0.369	0.225	8400	1.351	26.374	145.830
9.00	0.210	0.380	0.240	9000	1.422	31.450	187.930
9.50	0.217	0.391	0.255	9600	1.493	37.026	248.630
10.00	0.224	0.402	0.270	10200	1.564	43.102	328.530
10.50	0.231	0.413	0.285	10800	1.635	49.678	428.430
11.00	0.238	0.424	0.300	11400	1.706	56.754	548.930
11.50	0.245	0.435	0.315	12000	1.777	64.330	690.430
12.00	0.252	0.446	0.330	12600	1.848	72.406	853.530
12.50	0.259	0.457	0.345	13200	1.919	80.982	1038.630
13.00	0.266	0.468	0.360	13800	2.000	90.058	1245.730
13.50	0.273	0.479	0.375	14400	2.071	99.634	1475.830
14.00	0.280	0.490	0.390	15000	2.142	109.710	1828.930
14.50	0.287	0.501	0.405	15600	2.213	120.286	2304.030
15.00	0.294	0.512	0.420	16200	2.284	131.362	2901.130
15.50	0.301	0.523	0.435	16800	2.355	142.938	3620.230
16.00	0.308	0.534	0.450	17400	2.426	155.014	4471.330
16.50	0.315	0.545	0.465	18000	2.497	167.590	5454.430
17.00	0.322	0.556	0.480	18600	2.568	180.666	6579.530
17.50	0.329	0.567	0.495	19200	2.639	194.242	7846.630
18.00	0.336	0.578	0.510	19800	2.710	208.318	9255.730
18.50	0.343	0.589	0.525	20400	2.781	222.894	10806.830
19.00	0.350	0.600	0.540	21000	2.852	237.970	12507.930
19.50	0.357	0.611	0.555	21600	2.923	253.546	14359.030
20.00	0.364	0.622	0.570	22200	3.004	269.622	16360.130
20.50	0.371	0.633	0.585	22800	3.075	286.198	18511.230
21.00	0.378	0.644	0.600	23400	3.146	303.274	20812.330
21.50	0.385	0.655	0.615	24000	3.217	320.850	24263.430
22.00	0.392	0.666	0.630	24600	3.288	338.926	28864.530
22.50	0.399	0.677	0.645	25200	3.359	357.502	34615.630
23.00	0.406	0.688	0.660	25800	3.430	376.578	41516.730
23.50	0.413	0.699	0.675	26400	3.501	396.154	49667.830
24.00	0.420	0.710	0.690	27000	3.572	416.230	59068.930
24.50	0.427	0.721	0.705	27600	3.643	436.806	69819.030
25.00	0.434	0.732	0.720	28200	3.714	457.882	82020.130
25.50	0.441	0.743	0.735	28800	3.785	479.458	95771.230
26.00	0.448	0.754	0.750	29400	3.856	501.534	111172.330
26.50	0.455	0.765	0.765	30000	3.927	524.110	128323.430
27.00	0.462	0.776	0.780	30600	4.008	547.186	147324.530
27.50	0.469	0.787	0.795	31200	4.079	570.762	168175.630
28.00	0.476	0.798	0.810	31800	4.150	594.838	190976.730
28.50	0.483	0.809	0.825	32400	4.221	619.414	225727.830
29.00	0.490	0.820	0.840	33000	4.292	644.490	273528.930
29.50	0.497	0.831	0.855	33600	4.363	670.066	334479.030
30.00	0.504	0.842	0.870	34200	4.434	696.142	409580.130

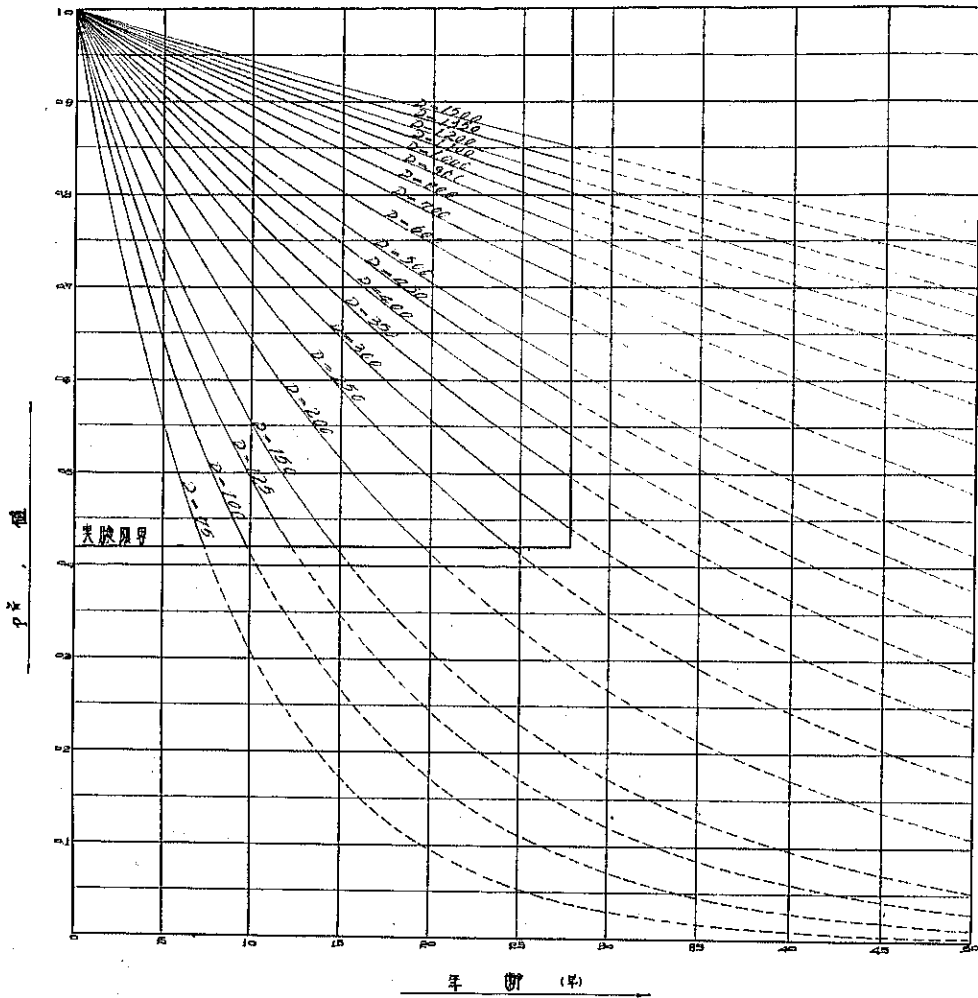
第 31 表

600 口径

流量		流速		損失水頭		(附註)	
15/100	15/100	15/100	15/100	15/100	15/100	15/100	15/100
1.00	0.028	0.055	0.004	1200	0.522	1.050	1.181
1.30	0.032	0.063	0.006	1300	0.536	1.105	1.307
1.60	0.036	0.071	0.008	1400	0.550	1.160	1.433
1.90	0.040	0.079	0.010	1500	0.564	1.215	1.559
2.20	0.044	0.087	0.012	1600	0.578	1.270	1.685
2.50	0.048	0.095	0.014	1700	0.592	1.325	1.811
2.80	0.052	0.103	0.016	1800	0.606	1.380	1.937
3.10	0.056	0.111	0.018	1900	0.620	1.435	2.063
3.40	0.060	0.119	0.020	2000	0.634	1.490	2.189
3.70	0.064	0.127	0.022	2100	0.648	1.545	2.315
4.00	0.068	0.135	0.024	2200	0.662	1.600	2.441
4.30	0.072	0.143	0.026	2300	0.676	1.655	2.567
4.60	0.076	0.151	0.028	2400	0.690	1.710	2.693
4.90	0.080	0.159	0.030	2500	0.704	1.765	2.819
5.20	0.084	0.167	0.032	2600	0.718	1.820	2.945
5.50	0.088	0.175	0.034	2700	0.732	1.875	3.071
5.80	0.092	0.183	0.036	2800	0.746	1.930	3.197
6.10	0.096	0.191	0.038	2900	0.760	1.985	3.323
6.40	0.100	0.199	0.040	3000	0.774	2.040	3.449
6.70	0.104	0.207	0.042	3100	0.788	2.095	3.575
7.00	0.108	0.215	0.044	3200	0.802	2.150	3.701
7.30	0.112	0.223	0.046	3300	0.816	2.205	3.827
7.60	0.116	0.231	0.048	3400	0.830	2.260	3.953
7.90	0.120	0.239	0.050	3500	0.844	2.315	4.079
8.20	0.124	0.247	0.052	3600	0.858	2.370	4.205
8.50	0.128	0.255	0.054	3700	0.872	2.425	4.331
8.80	0.132	0.263	0.056	3800	0.886	2.480	4.457
9.10	0.136	0.271	0.058	3900	0.900	2.535	4.583
9.40	0.140	0.279	0.060	4000	0.914	2.590	4.709
9.70	0.144	0.287	0.062	4100	0.928	2.645	4.835
10.00	0.148	0.295	0.064	4200	0.942	2.700	4.961
10.30	0.152	0.303	0.066	4300	0.956	2.755	5.087
10.60	0.156	0.311	0.068	4400	0.970	2.810	5.213
10.90	0.160	0.319	0.070	4500	0.984	2.865	5.339
11.20	0.164	0.327	0.072	4600	0.998	2.920	5.465
11.50	0.168	0.335	0.074	4700	1.012	2.975	5.591
11.80	0.172	0.343	0.076	4800	1.026	3.030	5.717
12.10	0.176	0.351	0.078	4900	1.040	3.085	5.843
12.40	0.180	0.359	0.080	5000	1.054	3.140	5.969
12.70	0.184	0.367	0.082	5100	1.068	3.195	6.095
13.00	0.188	0.375	0.084	5200	1.082	3.250	6.221
13.30	0.192	0.383	0.086	5300	1.096	3.305	6.347
13.60	0.196	0.391	0.088	5400	1.110	3.360	6.473
13.90	0.200	0.399	0.090	5500	1.124	3.415	6.599
14.20	0.204	0.407	0.092	5600	1.138	3.470	6.725
14.50	0.208	0.415	0.094	5700	1.152	3.525	6.851
14.80	0.212	0.423	0.096	5800	1.166	3.580	6.977
15.10	0.216	0.431	0.098	5900	1.180	3.635	7.103
15.40	0.220	0.439	0.100	6000	1.194	3.690	7.229
15.70	0.224	0.447	0.102	6100	1.208	3.745	7.355
16.00	0.228	0.455	0.104	6200	1.222	3.800	7.481
16.30	0.232	0.463	0.106	6300	1.236	3.855	7.607
16.60	0.236	0.471	0.108	6400	1.250	3.910	7.733
16.90	0.240	0.479	0.110	6500	1.264	3.965	7.859
17.20	0.244	0.487	0.112	6600	1.278	4.020	7.985
17.50	0.248	0.495	0.114	6700	1.292	4.075	8.111
17.80	0.252	0.503	0.116	6800	1.306	4.130	8.237
18.10	0.256	0.511	0.118	6900	1.320	4.185	8.363
18.40	0.260	0.519	0.120	7000	1.334	4.240	8.489
18.70	0.264	0.527	0.122	7100	1.348	4.295	8.615
19.00	0.268	0.535	0.124	7200	1.362	4.350	8.741
19.30	0.272	0.543	0.126	7300	1.376	4.405	8.867
19.60	0.276	0.551	0.128	7400	1.390	4.460	8.993
19.90	0.280	0.559	0.130	7500	1.404	4.515	9.119
20.20	0.284	0.567	0.132	7600	1.418	4.570	9.245
20.50	0.288	0.575	0.134	7700	1.432	4.625	9.371
20.80	0.292	0.583	0.136	7800	1.446	4.680	9.497
21.10	0.296	0.591	0.138	7900	1.460	4.735	9.623
21.40	0.300	0.599	0.140	8000	1.474	4.790	9.749
21.70	0.304	0.607	0.142	8100	1.488	4.845	9.875
22.00	0.308	0.615	0.144	8200	1.502	4.900	10.001
22.30	0.312	0.623	0.146	8300	1.516	4.955	10.127
22.60	0.316	0.631	0.148	8400	1.530	5.010	10.253
22.90	0.320	0.639					



第 17 圖 年 齡 と  $p \frac{V}{R}$  と の 關 係



第 8 節 結 言

今回算出せる池田公式の諸常數値は我國水道用鑄鐵管の原水及び濾過水に就き前同報告分と合して實驗路線數 33 線、試驗回数 321 回に亘る大小、新舊の管に就きて多數の實驗結果より求めたるものであり又舊管に對しては第 3 節に述べたる如く諸外國の實驗値より算出せる鑄縮係數の平均値は前同及び今回の實驗値より算出せるものと良く合致してゐる點並に新管に對し Hazen 其の他の著名公式とも良く一致してゐる點等から見て水道鑄鐵管に關する限り本公式を用ひて算出せる流量は普通水質の水を通ずる水道管に使用して大差ないと信ずる。

尙水道鑄鐵管の現在價値算定に本公式を使用する時は流量の點のみからは從來よりは一層合理的に其の價値を求むる事が出來又計畫年限中必要水量を安全に通水せしむる管の大きさを定むる事も出来る。而して本文にては普通水質のみに就ての諸常數値を決定せるも特種水質のもの及び鋼管、木管、コンクリート管等に就ては今後の實驗に俟たねばならぬ。