

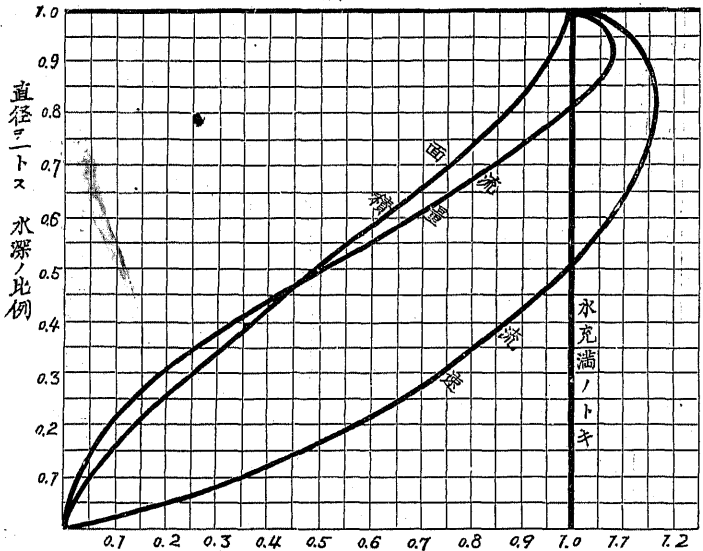
管中の流水

v を流速とし R を径深とし S を勾配とし C を係数とすれば

$$v = C\sqrt{RS}$$

となること前に述べし通りなるが故に水管中の流水は一杯に流る、ときよりも第五十四圖に示す如く九分目迄水ありて上部少しく明き居るときの方其流量百分の七餘多くして又速度は八分目流る、時の方一杯に流る、ときよりも百分の十五餘多し第五十四圖は其關係を示したるもの

水充滿ノキ



水管充滿シテ流ル、トキニテ其水管面積、流速、流量ノ比例

第五十四圖

$$C = \frac{1.811}{n} + \frac{41.65}{\sqrt{R}} + \frac{0.00281}{S}$$

$$1 + \frac{n}{\sqrt{R}} (41.65 + \frac{0.00281}{S})$$

にして假令ば圓形水管半分迄水の流る、ときは其流速は一杯に流る、ときと略相等し其水の斷面積は全管の半分なる故に流量は管一杯に流る、ときの方二分の一なり以上述べたることは壓力なき水が管中を流る、ときの方にして壓力を有する水が管一杯に充滿して流る、ときのこと、思ふ可からず。

圓形管に水充滿して流る、場合の流量管の直径を計算する一例を擧げんに例へばマンテハ氏算式を用ひ $n=0.010$ (新製木桶管の場合次頁表参照) として 流量 $Q=60,000$ 立方呎毎分 時とし水頭損失を一呎に付 6 呎とし管長を 6 哩とすれば其直径を定むるには次の如し。

今直径を 14 呎と假定したりとせば次の表によりて

ACO \sqrt{R} = 52491 を得べし

勾配 $S = \frac{6 \times 5280}{6 \times 5280} = \frac{1}{5280}$ $\sqrt{S} = 0.013762$

流量 $Q = ACO\sqrt{R} \sqrt{S} = 52491 \times 0.013762 = 722.38$ 毎秒立方呎

故に $722.38 \times 60 = 43342$ 立方呎毎分 時

クッテル氏算式

圓形管(水充滿シテ流ル、トキ) $Q=A.C.\sqrt{R}\sqrt{S}$ 毎秒立方呎

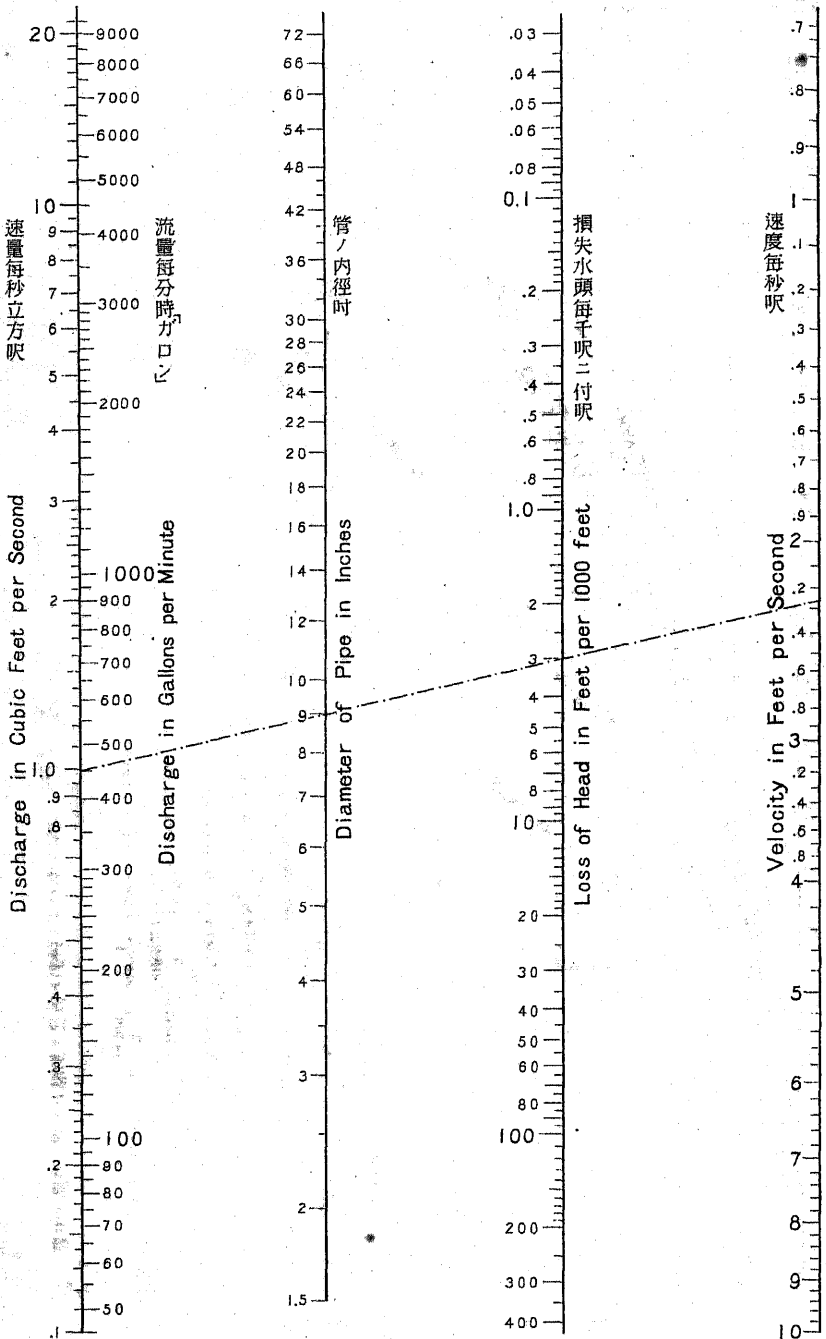
管ノ直徑 呎吋	AC√Rノ値.					
	n=0.010	n=0.011	n=0.012	n=0.013	n=0.015	n=0.017
6	6.906	6.0627	5.3800	4.8216	3.9640	3.329
9	21.25	18.742	16.708	15.029	12.421	10.50
1 0	46.93	41.487	37.149	33.497	27.803	23.60
1 3	86.05	76.347	68.44	61.887	51.600	43.93
1 6	141.2	125.60	112.79	102.14	85.496	72.99
1 9	214.1	190.79	170.66	155.63	130.58	111.8
2	307.6	274.50	247.33	224.63	188.77	164.0
2 3	421.9	377.07	340.10	309.23	260.47	223.19
2 6	559.6	500.78	452.07	411.27	347.28	299.3
2 9	722.4	647.18	584.90	532.76	451.23	388.8
3	911.8	817.50	739.59	674.09	570.90	493.3
3 3	1128.9	1013.1	917.41	836.69	709.56	613.9
3 6	1374.7	1234.4	1118.6	1021.1	866.91	750.8
3 9	1652.1	1484.2	1345.9	1229.7	1045.	906.
4	1962.8	1764.3	1600.9	1463.9	1245.3	1080.7
4 6	2682.1	2413.3	2193.	2007.	1711.4	1487.3
5	3543.	3191.8	2903.6	2659.	2272.7	1977.
5 6	4557.8	4111.9	3742.7	3429.	2934.8	2557.2
6	5731.5	5176.3	4713.9	4322.	3702.3	3232.5
6 6	7075.2	6394.9	5825.9	5339.	4588.3	4010.
7	8595.1	7774.3	7087.	6510.	5991.6	4893.
7 6	10296.	9318.3	8501.8	7814.	6717.	5884.2
8	12196.	11044.	10033.	9272.	7878.3	6995.3
8 6	14298.	12954.	11832.	10889.	9377.9	8226.3
9	16604.	15049.	13751.	12663.	10917.	9580.7
9 6	19118.	17338.	15847.	14597.	12594.	11061.
10	21858.	19834.	18134.	16709.	14426.	12678.
10 6	24823.	22534.	20612.	18996.	16414.	14414.
11	28020.	25444.	23285.	21464.	18555.	16333.
11 6	31482.	28593.	26179.	24139.	20879.	18395.
12	35156.	31937.	29254.	26981.	23352.	20584.
12 6	39104.	35529.	32558.	30041.	26012.	22938.
13	43307.	39358.	36077.	33301.	28850.	25451.
13 6	47751.	43412.	39802.	36752.	31860.	28117.
14	52491.	47739.	43773.	40432.	35073.	30965.
14 6	57496.	52308.	47969.	44322.	38454.	33975.
15	62748.	57103.	52382.	48413.	42040.	37147.
16	74191.	67557.	62008.	57343.	49824.	44073.
17	86769.	79050.	72594.	67140.	58387.	51669.
18	100617.	91711.	84247.	77932.	67839.	60067.
19	115769.	105570.	96991.	87759.	78201.	69301.
20	132133.	120570.	110905.	102559.	89423.	79259.

水
力

七〇

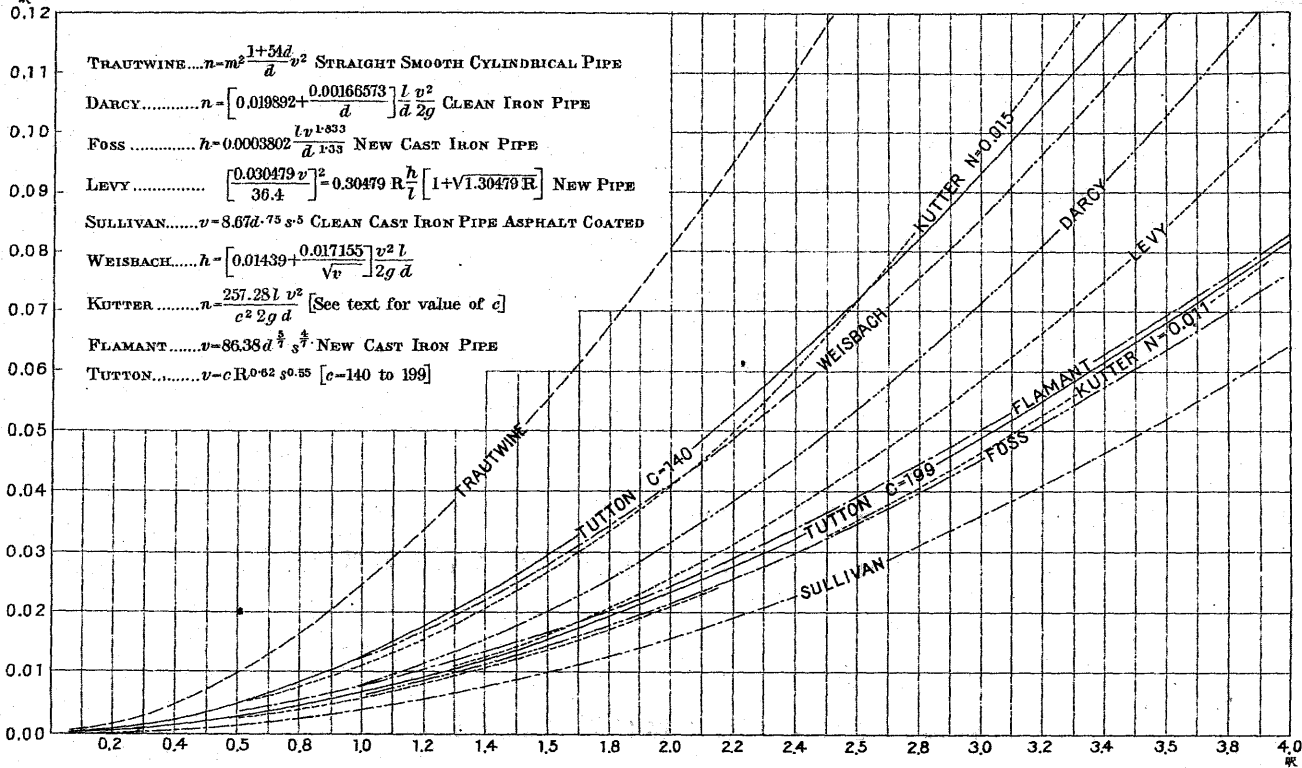
第五十五圖

鑄鐵管中ノ流水



第五十六圖

管中ノ流水ニ對スル諸種ノ公式ヲ比較スレバ次ノ如シ



TRAUTWINE..... $n = m^2 \frac{1+54d}{d} v^2$ STRAIGHT SMOOTH CYLINDRICAL PIPE

DARCY..... $n = \left[0.019892 + \frac{0.00166573}{d} \right] \frac{l v^2}{2g}$ CLEAN IRON PIPE

FOSS..... $h = 0.0003802 \frac{l v^{1.833}}{d^{1.33}}$ NEW CAST IRON PIPE

LEVY..... $\left[\frac{0.030479 v}{36.4} \right]^2 = 0.30479 R \frac{h}{l} \left[1 + \sqrt{1.30479 R} \right]$ NEW PIPE

SULLIVAN..... $v = 3.67 d^{.75} s^{.5}$ CLEAN CAST IRON PIPE ASPHALT COATED

WEISBACH..... $h = \left[0.01439 + \frac{0.017155}{\sqrt{v}} \right] \frac{v^2 l}{2g d}$

KUTTER..... $n = \frac{257.28 l v^2}{c^2 2g d}$ [See text for value of c]

FLAMANT..... $v = 86.38 d^{\frac{5}{4}} s^{\frac{4}{3}}$ NEW CAST IRON PIPE

TUTTON..... $v = c R^{0.62} s^{0.55}$ [c=140 to 199]

直徑四呎ノ鋼鐵管ニ於テ 毎百呎ニ對スル水頭損失

速度 毎秒

即ち14呎直徑にては不足なる故に更に16'と假定すれば

$$AC_1/R = 74191$$

$$\sqrt{S} = 0.013762$$

$$\therefore Q = 74191 \times 0.013762 \times 60 = 61260 \quad \text{立方呎毎分時}$$

水管の直徑流速流量勾配の關係の大略は第五十五圖により知ることを得べし假令ば此圖上に示す如き任意の直線を引きたりとせば水管直徑九吋勾配千分の三とすれば速度毎秒二呎三にして流量毎秒一立方呎なりと知るべし其他任意の直線皆其關係を示すを得べし但し此圖は極めて大略の事を知り得るに止まるものなり。

流水に關する算式は多數ありて其計算の結果は同一なることを得ず其選擇に注意を要す第五十六圖は各式比較を示すものなり。

水管直径吋 Panslock	管ノ積面平方吋	流水速度毎秒呎															
		3		4		5		6		7		8		9		10	
		B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
12	113	141	.340	188	.570	285	.85	283	1.19	330	1.59	377	2.04	424	2.55	470	3.11
15	177	221	.272	294	.455	368	.68	442	.95	515	1.23	589	1.63	663	2.04	736	2.49
18	254	318	.227	424	.330	530	.57	686	.79	742	1.06	848	1.36	954	2.04	1060	2.07
20	314	393	.204	523	.341	654	.51	785	.71	916	.95	1047	1.23	1178	1.53	1308	1.87
24	452	565	.170	753	.285	942	.42	1131	.59	1320	.80	1508	1.02	1697	1.27	1884	1.55
30	706	883	.136	1177	.228	1472	.34	1767	.48	2062	.64	2356	.82	2651	1.02	2914	1.21
36	1017	1272	.113	1696	.189	2120	.29	2544	.39	2969	.53	3393	.68	3817	.85	4240	1.03
40	1256	1571	.102	2097	.171	2617	.26	3141	.36	3665	.48	4189	.61	4713	.76	5234	.93
48	1809	2262	.085	3015	.142	3769	.21	4524	.30	5278	.40	6032	.51	6786	.64	7538	.78
54	2290	2863	.075	3816	.126	4771	.19	5725	.26	6630	.35	7624	.45	8589	.57	9542	.69
60	2927	3534	.068	4712	.113	5890	.17	7068	.24	8246	.32	9425	.41	10603	.51	11780	.62

表中 B は管内を流るゝ水量一分時立方呎

O は管長百呎に對する摩擦水頭の損失呎

取入口に於ける水頭損失

v = 流水速度毎秒呎

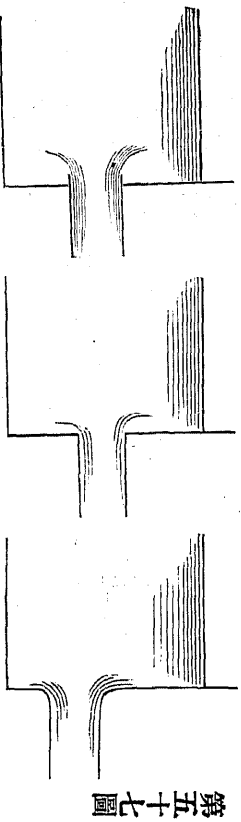
h = 水頭損失呎

g = 重力の加速度毎秒毎秒 32.2 呎

c = 係數

とすべし

$$h = \left(\frac{1}{c^2} - 1 \right) \frac{v^2}{2g} = m \frac{v^2}{2g}$$



第五十七圖

$$c = 0.72$$

$$c = 0.82$$

$$c = 0.9 - 1.0$$

$$N = 0.93 \frac{v^2}{2g}$$

$$N = 0.49 \frac{v^2}{2g}$$

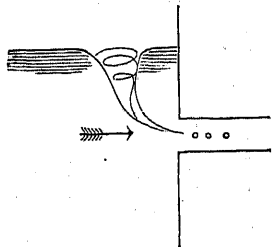
$$N = 0.23 \frac{v^2}{2g} \text{ 乃至 } 0$$

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

なるを以て水中に此速度を有するところあれば h の高さの水は下り来るを以て管内に空気を吸込むこと第五十八圖に示す如し若し水面に浮

管中の流水

第五十八圖



遊物あるとき又は水の渦巻を生ずるときは此以上の深さありても尙ほ空気を吸込むが故に取入口は充分に深く計算上三尺以上を加へるを必要とす。

管中を流るゝ水の水頭損失。

水管長 \$l\$ 水頭損失 \$h''\$ とすれば第四十六圖により

$$s = \frac{h''}{l} \quad s = \frac{h''}{v} = \frac{h''}{l} \quad h'' = \frac{h''}{v} l$$

$$Cv^2 v = \frac{a}{p} h \quad h'' = \frac{h''}{v} l = \frac{1}{a} \frac{Cv^2 v l}{v} = \frac{v^2}{a} \frac{l}{p}$$

圓形の管にて直徑を \$d\$ とすれば

$$\frac{a}{p} = \frac{\pi \frac{d^2}{4}}{\pi d} = \frac{d}{4}$$

$$h'' = \frac{v^2}{a} \frac{l}{p} = \frac{v^2}{\frac{d}{4}} \frac{l}{p} = \frac{4l}{d} = \frac{4 \times 2g}{c^2} \frac{lv^2}{d \times 2g}$$

$$= \frac{f l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad \text{但し } f \text{ は } \frac{8g}{c^2} \text{ を示す}$$

$$V = C \sqrt{2gk}$$

$$V = 0.82 \sqrt{2gk}$$

\$f = 0.015 - 0.030\$ なら平均 \$f = 0.02\$ とす。

但し \$k\$ は呎 \$k\$ は呎 \$v\$ は毎秒呎 \$g\$ は毎秒毎秒呎なり。

\$h''\$ = 曲線に於て失ふ水頭(呎)

\$\phi\$ = 曲角度

\$z\$ = 係數

$$h''' = z \frac{\phi}{180} \frac{v^2}{2g} = n' \frac{v^2}{2g}$$

\$z\$ の値は次の如し但し \$R\$ は管の内半徑 \$R\$ は曲線の半徑とす。

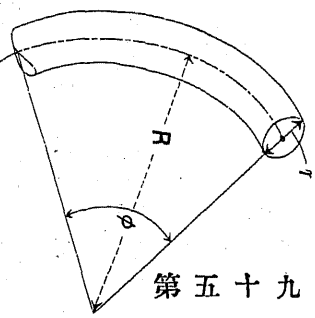
$$z = 0.131 + 1.847 \left(\frac{r}{R} \right)^2$$

\$r/R\$ に對する \$z\$ の量を計算すれば次表の如し

\$\frac{r}{R}\$	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
\$z\$.138	.158	.206	.291	.440	.661	.977	1.408

九十度曲管に於ける水頭損失は次表示す如し

管中の流水



第五十九圖

$\frac{r}{R}$	流水速度一秒時 = 付呎									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	水頭損失呎 (九十度曲管)									
.1	0.001	0.004	0.009	0.016	0.025	0.036	0.049	0.065	0.082	0.101
.15	0.001	0.004	0.009	0.017	0.026	0.038	0.051	0.067	0.084	0.104
.2	0.001	0.004	0.010	0.017	0.027	0.039	0.053	0.069	0.087	0.107
.25	0.001	0.004	0.010	0.018	0.028	0.040	0.055	0.071	0.091	0.112
.3	0.001	0.005	0.011	0.019	0.031	0.044	0.060	0.078	0.099	0.123
.35	0.001	0.006	0.012	0.022	0.035	0.050	0.068	0.088	0.112	0.138
.4	0.002	0.006	0.014	0.026	0.040	0.058	0.078	0.102	0.130	0.160
.45	0.002	0.008	0.017	0.030	0.049	0.068	0.093	0.121	0.154	0.189
.5	0.002	0.009	0.021	0.036	0.057	0.082	0.112	0.146	0.185	0.228
.6	0.003	0.014	0.031	0.055	0.085	0.123	0.167	0.218	0.277	0.342
.7	0.005	0.020	0.046	0.082	0.128	0.185	0.251	0.325	0.415	0.512
.8	0.007	0.030	0.068	0.121	0.189	0.273	0.371	0.485	0.614	0.758
.9	0.011	0.044	0.099	0.175	0.273	0.394	0.536	0.699	0.886	1.003

但し f は平均値即ち 0.02 の場合なり
 其他の角度を有する曲管に對しては
 此比例によりて定むるを得べし。
 例へば

$$\frac{\text{管の半径}}{\text{曲線の半径}} = 0.2$$

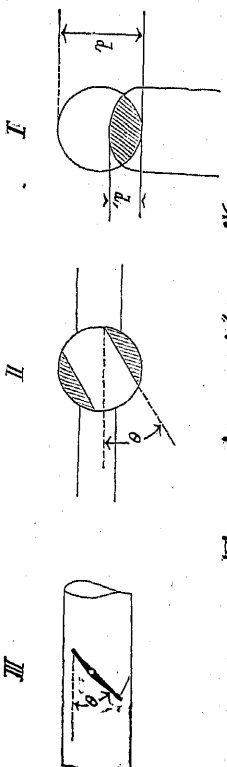
とし流速毎秒 5 呎とすれば 90° 曲線
 に對する水頭損失は上表により 0.027
 呎にして 45° Bend に對してはその半
 分即ち 0.0135 呎なりと知るべし。

f の値は鐵管の種類及其新舊によ
 つて差あり。

第六十圖の如く開閉弁、廻轉弁等の
 ある場合に於ける水頭損失は

$$h'V = n'' \frac{v^2}{2g}$$

第六十圖



I. 開閉弁の場合

$$\frac{d_1}{d} = 0 \quad \frac{1}{8} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{3}{8} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{5}{8} \quad \frac{3}{4} \quad \frac{7}{8}$$

$$n'' = 0 \quad 0.07 \quad 0.26 \quad 0.81 \quad 2.1 \quad 5.5 \quad 17 \quad 98$$

II. 廻轉開閉器の場合

$$\theta = 0^\circ \quad 10^\circ \quad 20^\circ \quad 30^\circ \quad 40^\circ \quad 50^\circ \quad 60^\circ$$

$$n'' = 0 \quad 0.29 \quad 1.6 \quad 5.5 \quad 17 \quad 53 \quad 206$$

III. 廻轉弁の場合

$$\theta = 0^\circ \quad 10^\circ \quad 20^\circ \quad 30^\circ \quad 40^\circ \quad 50^\circ \quad 60^\circ$$

$$n'' = 0 \quad 0.52 \quad 1.5 \quad 5.9 \quad 11 \quad 33 \quad 118$$

管中の損失

44

$$\begin{aligned}
 h = \text{全水頭損失} &= h' + h'' + h''' + h^v \\
 &= m \frac{v^2}{2g} + f \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} + m' \frac{v^2}{2g} + m'' \frac{v^2}{2g} \\
 &= (m + f \frac{l}{d} + n) \frac{v^2}{2g}.
 \end{aligned}$$

水管中の流水計算に關する參考書

Merriman—Hydraulics p 164

Coxe—Weisbach's theoretical mechanic (Ed. 1899) p 894—906

Weisbach—Lehrbuch der theoretischen Mechanik. s. 1043 bis 1056

Fanning—Watersupply Engineering (1902) p 223—276

William & Hazen—Hydraulic Table (1905)

Merriman—A treatise on hydraulics (1912) p 211—233

Moore—New table for the complete solution of Gunguillet & Kutter's formula.

Turneure & Russel—Public water supply (1908) p. 235—256

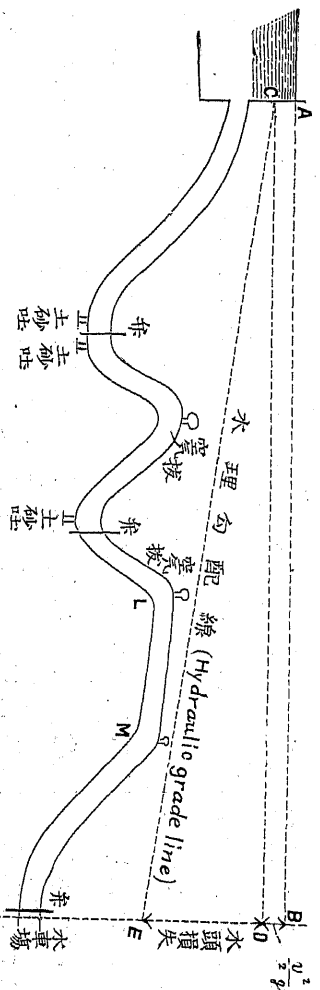
(On p. 251 of this book, "hydrant stream" is precisely treated.)

Taylor—Waterpipe discharge diagrams. (1891)

For smaller pipes, see Weston—Friction of water in pipes. (1903)

水管敷設

第六十一圖



導水管は地盤の高低に随ひ敷設するも差支なしと雖も水理勾配線の上に出づるは宜しからず又管中を流るゝものは水以外に其含有する空氣及土砂ありて土砂は低部に集り空氣は高處へ集るが故に第六十一圖に示す如く低