$$V_1 = V_o + My_1 - Ny_1^2$$

$$V_2 = V_o + My_2 - Ny_2^2$$

ニシテ

$$\frac{V_1 + V_2}{2} = V_m$$ トセバ(4)式ヨリ

$$V_o + \frac{M}{2} - \frac{N}{3} = V_o + M\frac{y_1 + y_2}{2} - N\frac{y_1^2 + y_2^2}{2}$$

本式ノ兩邊相等シカラン爲メニハ

$$y_1 + y_2 = 1. \quad ; \quad y_1^2 + y_2^2 = \tfrac{2}{3}$$

ナルヲ要ス仍テ此ノ兩式ヲ解キテ $y_1 = 0.211$ $y_2 = 0.789$ ヲ得即チ水深0.211ト0.789点トニ於ケル流速ノ平均ハ其ノ場所ニ於ケル平均流速ナリ即チ曩ニ述ベシ Two-tenth Eight-tenth measure ノ方法ヲ生ゼシ理由ナリトス

若シ又タ二点ノ代リニ三点法ヲ用フル時ハ $y_1=0.15$, $y_2=0.50$, $y_3=0.85$ ヲ以テ平均流速ヲ得ルモノトス

V_o , V_a , V_m , V_b 間ノ關係ニ就テハ未ダ一定ノ準則ヲ見出スコト難キモ Bazin 氏ハ水面ニ V_a ヲ有スル時即チ $V_o = V_a$ ナル場合ニ於テ

$$V = V_o - 36.27\sqrt{R.S.}\, y^2.$$

但シ R = Hydraulic radius, S = Sine of slope, y ハ深サノ割合ナリ

$y = 1$ 即チ渠底ニ於テハ

$$V_b = V_o - 36.27\sqrt{R.S.}$$

又タ $V_m = V_o - 25.40\sqrt{R.S.}$

即チ $y^2 = 0.70$ 又ハ $y = .84$ 位ニ相當セリ

Rankine 氏ハ普通ノ場合

$$V_a : V_m : V_b = 5:4:3.$$

緩カニ流ルヽ川ニ於テハ

$$V_a : V_m : V_b = 4:3:2.$$

ナリト云フ

普通河川ニ於テハ極メテ概略的ニ於テ此比ハ適當ナリトノ説アリ

(Gibson-Hydraulics. p. 342).

尙外國ニ於ケル實測ノ結果ヲ見ルニ是等ノ比ハ主トシテ水深,流速,河床ノ狀況等ニヨリ變化スルモノヽ如キモ此間一樣ニ律スル迄ニ達セズ次表ハ大小各種ノ水路ニ於ケル觀測ノ結果ナリトス

河川名	水深	粗度係數	V_m.	m	V_m/V_a.	
Mississippi	76.	.027	3.5	.38	.98	大河川
〃	79	〃	2.1	.13	.94	
〃	65	.031	5.3	.27	.97	
〃	27	.025	4.7	.28	.97	
Irrawaddy	50	—	5.4	.03	.95	
〃	29	—	1.8	0	.93	
Parana de las Palmas	50	—	2.4	0	.83	
La Plata	24	—	1.3	0	.69	

Saone	14	.028	2.2	.15	.90	普通河川
Garonne	11	.0275	5.0	.10	.90	
Seine	9	.026	2.5	.05	.89	
Rhine	7	.030	7.1	0	.85	
Branch of Rine	5	.0275	3.5	0	.87	
Ganges Canal	9	.025	3.5	.12	.88	
〃	6.5	.013	4.2	.19	.93	
Artificial Channel	1.3	.020	5.9	.05	.84	小水路
〃	1.1	.015	6.6	0	.89	
〃	1.0	.012	6.5	0	91	
〃	.9	.010	9.1	0	.92	

又タ V_m/V_o ノ比ニ關シテハ概略的ニ V_a/V_o ニ近似セルモ Mississippi 河ニ於ケル觀測ニヨレバ

水深	11.2 (呎)	13.2	20.4	21.6	27.6
V_m.	2.0 呎/秒	2.6	1.9	2.2	2.2
V_m/V_o	0.89	.91	.93	.93	.945

又タ此ノ比ニ對シ實驗式多シ其ノ中二三ヲ擧グレバ

Prony:—

$$V_m = \frac{V_o+2.372}{V_o+3.153}$$

Baumgarten (Garonne 川ニ於ケル實驗)

$V_o < 1.5$ 呎/秒ナル時ハ

$$V_m = \frac{1+0.2676\sqrt{d}}{2+0.4014\sqrt{d}}V_o$$

但シ d ハ水深

又タ $V_o > 1.5$ 呎/秒ナル時ハ

$$V_m = 0.8\frac{V_o+2.372}{V_o+3.153}$$

Larmeyer:—

$$V_m = 0.937\,V_o - 0.0252\,V_o^2$$

Scheck:— (獨逸 Saale 川ニ於ケル研究)

$$V_m = 0.1708 + 0.612\,V_o.$$

本式ハ 2 呎/秒ノ表面流速以下ニ適用セラレ 5% 以下ノ差ニ過ギズト云フ

表面流速ハ最モ簡易ニ觀測シ得ベキモノナレドモ風波ノ塲合ニ於テハ困難且ツ不正確ヲ免ガレザルヲ以テ浮標ニヨリ流速ヲ觀測セントスル塲合ハ表面流速ヨリモ或ル深サ迄ニ於ケル平均流速ヲ測リ全水深ノ平均流速ヲ求ムルヲ可トス

Francis 氏ハ浮桿ニヨリテ觀測セシ流速ト平均流速トノ間ニ實驗公式ヲ作レリ

$$V_m = V\left(1.012 - 0.116\sqrt{\frac{d'}{d}}\right)$$

但シ　V ハ浮桿ニヨル觀測流速

d' ハ浮桿下端ト河底トノ間隔

d ハ全水深

但シ本式ハ $d' < \frac{d}{4}$ ナル範圍換言スレバ浮桿ガ全水深ノ $\frac{3}{4}$ 以上深ク達シタル塲合ニ適用セラルベキモノナリ此ノ範圍外ニ於テハ Vertical velocity Curve ヲ參考トシテ換算スルヲ要ス

結氷シタル塲合ノ Vertical velocity Curve ハ pipe flow ニ對スルモノニ近似シ唯氷ト河底トノ粗度ヲ異ニスルニヨリ pipe ノ時ノ如ク整然タル Curve ナルコト少ナシ Cuningham 氏ノ Ganges ニ於ケル觀測ニ

ヨレバ結氷流水ノ Vertical Curve ニ於ケル平均流速ハ深サノ 0.35—0.45 ノ点ニ生ジ又タ 0.08—0.13 深サノ点及ビ 0.68—0.74 深サノ点ニ於ケル流速ノ平均ヲ以テ表サル丶モノナリト云フ又タ米國ニ於ケル Horton 氏ノ研究ニヨレバ氷ト水トノ摩擦ハ水ト河底トノ摩擦ニ比シ平滑ナル氷ニ於テ 0.35 乃至 0.86 倍粗雑ナル氷ニ於テ 0.91 乃至 1.86 倍ナリシト云フ又タアル測点ニ於ケル氷結ニヨル Vertical Velocity Curve ヲ調ベタル結果平時 m=0.14 又タ平均流速点ノ深サハ 0.61 ナリシニ氷結ノ結果 m=0.37 平均水深点 0.10 及ビ 0.71 ノ二個所ニ生ジタリ又タ two-tenth and Eight tenth 方法ニヨリテ得シ平均流速ハ僅カニ 0.2% ノ差ヲ與ヘシニ過ギザリシト云フ

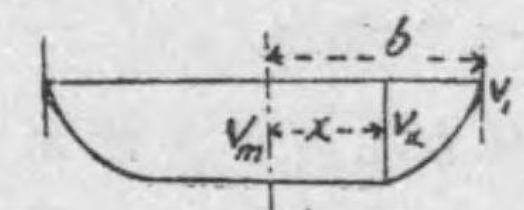
水路ノ横斷面ニ於ケル各点ノ全水深点ニ於ケル流速又タハ各点ノ平均流速最大流速等ヲ水面ニ於ケル幅ヲ横軸トシ曲線ニ書キタルモノヲ Horizontal velocity curve (水平流速曲線) ト云フ水平ノ方向ニ於ケル Velocity ノ變化ハ一般的ニ中央又ハ附近ノ水深大ナル個所ニ最大ニシテ兩岸ニ近ヅクニ随ヒ減小スルヲ原則トス主トシテ Velocity ノ變化ハ河床ノ摩擦ニヨルモノニシテ兩岸ノ粗度ニヨル影響ハ極メテ小ナリ例ヘバ自然河川ニ於テ全一水深点ノ平均流速ハ岸トノ間隔ノ約 $\frac{1}{5}$ 乘ニ逆比例スルガ如シ又 Bellasis 氏ノ記載セシ割合ヲ擧グレバ

$\frac{B}{R}$	=4.	6.	10	20	30	50	90
$\frac{V}{V_m}$	=0.90	.92	.94	.95	.96	.97	.98

但シ B ハ河幅 R ハ Hydraulic mean depth.

V ハ全平均流速 V_m ハ中央ニ於ケル Vertical velocity Curve ノ平均流速

一般ニ人工的水路ニ於テ水深小ナル時ハ楕圓曲線ニ似水深大ナル時ハ圓ニ近ヅクモノナリ楕圓曲線ナリトセバ



$$V_x = V_1 + (V_m - V_1)\sqrt{1-\left(\frac{x}{b}\right)^2}$$

fig. 119.

然レドモ水深一樣ナラザル自然河川ニ於テハ該曲線ハ約其ノ深サニ應ジテ變化シ且ツ上記ノ如ク岸ヨリノ距離ノ $\frac{1}{5}$ 乘ニ逆比例シ其ノ形不整ナルヲ常トス

遞信省臨時發電調査局ニ於テ施セシ我國二二ケ川ニ於テ最大水深 11.5 尺最大流速 6.50 尺/秒川幅最大 1010 尺(大淀川)ノ範圍ニ於テ中央最大流速ノ全平均流速ニ於ケル比ハ約 60% 乃至 70% 平均 65% 内外ニアリテ Hydranlic meandepth ノ大ナルモノ程大ナリ

即チ中央ニ於ケル最大流速ノ 0.65 ヲ以テ約全斷面ノ平均流速ト見做スコトヲ得然レドモ是等ハ實地ニ於テ水深川幅其他ノ狀態ニヨリカク一定ニ斷スルハ不可能ナル故ニ流量測定ニハ同時ニ數個所ノ流速ヲ測リテ Horizontal Velocity Curve ヲ求ムルヲ要ス

3). Permissible Velocity in open channels (開渠ノ許容流速)

流水ノ速度小ナル時ハ水ニヨリ運バレタル砂其他ノ浮遊物ハ水路ノ底部ニ滯留シ即チ Silting ヲ生

ジテ流積ヲ減小シ通水能力ヲ減殺スベク又タ流速大ナル時ハ水路ヲ構成セル材質ヲ害シテ所謂 Scouring ヲ生ズ水路ヲ設計スル塲合ニハ先ヅ Silting (沈澱)及 Scouring (水蝕)ヲ生セザル流速即チ Permissible Velocity ヲ撰ビテ定ムルヲ要スル理由ナリトス

1°. Silting Velocity (沈澱ヲ生ズベキ流速)

水ニヨリ運バレシ泥沙等ガ沈澱ヲ生ズベキ流速ニシテ Dubuat 氏ノ研究ニヨレバ次表ニ示ス如シ

名稱	Silting Velocity(呎/秒)	
	底面流速	平均流速
陶器ニ用フル粘土	0.3	0.4
砂	0.4	0.5
砂利 (豆大)	0.6	0.8
〃 (蚕豆大)	1.2	1.6
礫 (徑一吋)	2.5	3.5
〃(徑$1\frac{1}{2}$吋角バリタルモノ)	3.5	4.5

又タ Kennedy 氏ノ研究ニヨレバ此ノ平均流速ハ

$$v=c\ d^{0.64}$$

ニテ表ハサレ d ハ水深 c ハ係數ニシテ

輕キ砂 c=0.82　荒砂 c=1.07

砂土 c=0.99

即チ今 c=0.82 トシ各深サニ對シ V ヲ計算セバ次ノ

如シ

水路ノ深(呎)	2	3	4	5	6	7	8
平均流速(呎/秒)	1.3	1.7	2.0	2.4	2.65	2.9	3.2

一般ニ平均流速 2.0 乃至 3.0 呎/秒以下ニ於テハ Silt ノ虞アルニヨリ設計ノ塲合成ル可ク是以下ノ流速ヲ撰バサル如ク注意ヲ要ス

2°) Scouring Velocity (水蝕ヲ生ズベキ流速)

水路ノ流速ハ沈澱ヲ生セザル大サノモノナルト同時ニ水路ノ構成材料ヲ侵蝕スル如キ過大ノ流速ナル可カラズ斯ル流速ヲ Scouring Velocity ト云ヒ水路ノ構成材料ニヨリ異ナレリ此ノ Velocity ハ Silting Velocity ヨリハ 60% 乃至 70% 大ナルヲ普通トシ Ganguillet 及 Kutter 兩氏ノ研究ニヨレバ

	底面流速	平均流速
軟土	0.50	.66
砂	1.00	1.32
砂利	2.00	2.64
礫	3.00	3.94
割栗石	4.00	5.58
喰詰地盤	5.00	6.56
層狀岩盤	6.00	8.20
堅硬岩盤	10.00	13.13

ナリト云フ而シテ普通ノ深サニ於テ

ヨク固リタル泥土分アル土ハ安全平均流速

3.0–3.5 呎/秒.

充分搗固メタル砂利又タハ弛メル岩ハ

5.0–7.0 呎/秒.

セメント塗ノ「コンクリート」渠ニ固結浮遊物ヲ有スル時ハ 9.0 呎/秒.

普通ノ煉瓦又タハ空積ノ粗石開渠ハ

15.0 呎/秒. 以下

然レドモ事實ニ於テ是レ以上ノ流速ニ撰定ノ止ムヲ得ザル塲合ニ逢遇スルコト稀ナラズ斯ル塲合ハ其ノ區間ヲ出來得ル限リ短縮シテ他日 Score セラレタル時修繕ニ對スル困難ヲ輕減スル如ク考慮スルヲ要ス

4). Mean velocity formula (平均流速ヲ求ムル公式)

實地ニ臨ミ種々ナル器械ヲ利用シテ流速ヲ測定シ以テ平均流速ヲ見出スハ前記ノ如クニシテ約正確ヲ期シ得ルモノナリ然レドモ單ニ水面ノ勾配河床兩岸ノ粗度及水深ヲ知リテ間接ニ平均流速ヲ求メンコトハ理論上解決困難ニシテ僅カニ實驗者ノ得タル公式ヲ以テ計算スルニ過ギズ元ヨリ正確ナリト斷ジ得ズト雖モ其ノ係數ノ採定ニシテ宜シキヲ得バ計畫ニ當リテハ大ナル支障ヲ生ゼザルモノ

ナリ

斯ル公式ハ先ニ pipe ノ章ニ述ベタル如ク一般ニ

$$h = k\frac{l}{R^m}.\frac{v^n}{2g}$$

又タハ形ヲ變ヘテ

$$v = C.R^a S^b.$$

ノ如クニシテ Chezy 氏ノ實驗ヨリ得タル

$$v = C.R^{\frac{1}{2}}S^{\frac{1}{2}}$$

ナル公式一般ニ認メラル茲ニ

C ハ當初一常數ノ如ク考ヘラレシモ漸次研究ノ結果兩岸河床ノ粗度ニヨルハ勿論 v ニヨリテモ多少ノ變化アルヲ見出サル、ニ至リ a, b, ノ値ヲ $\frac{1}{2}$ 以外ニ定メントスル公式ノ生ズルニ至レリ

5). Experimental formulas (實驗公式)

1°. Chezy's formula (1775)

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

C ハ常數ナリ本式ハ Chezy ニ先ダツ二年 Brahms 氏ニヨリテ發表セラレタルモノナリト云フ

2°. Prony's formula (1804)

$$Rs = av + b v^2$$

1779 Dubuat 氏ノ施セシ實驗30種及 Chezy 氏ノ一實驗ヨリ米突單位ニテ a = 0.000044 b = 0.000306 ナルヲ見出セリ

3°. Eytelwein's formula.

上式ニ於テ Dubuat 氏ノ實驗ニ更ニ55種ノ實驗ヲ經テ a=0.000024. b=0.000386 (米突單位)ナルコトヲ見出シ本式ハ爾來廣ク用ヒラレ十

九世紀ノ中葉ニ於テハaノ値小ナル故ニ無視シ且ツ

$$R.S = 0.0004\ v^2$$

ナル簡單ナル形チ以テ一時Chezy氏ノ公式ニ歸セリ此間類似セル種々ナル形ノ公式チ提唱セラレシモ中特ニ記スベキハ

Weisbach's formula $RS = av^{\frac{3}{2}} + b\ v^2$

Saint Venant's formula $RS = 0.000401\ v^{\frac{21}{11}}$ (米突單位)

ナル如キ指數公式ノ發案アリシコトナリトス.

此種各公式ハ何レモ水路ノ roughness (粗度)ノ影響ハ唯壁又ハ床ニ接スル一部分ノ水流ニノミ及ボサルヽモノニシテ全流水ヨリ考フレバ充分無視シ得ルモノナリトノ觀念ニ基キシガ故ニ此種公式チ實地ニ用ヒテ計畫シタル結果ハ改修河川ノ氾濫トナリ市水道送水渠ノ通水能力不足トナリ幾多各方面ニ於テ支障チ生ズルニ至リ或ハ Hydraulic mean depth ニ roughness チ加味シ數割ノ餘裕チ見込ム等種々ナル調節チ施セリト云フ此等ノ公式チ總稱シテ Early formula. ト云フコトアリ

4°) Darcy-Bazin's formula. (1863)

Darcy 氏ハ 1894-1858 年巴里市ノ水道技師トシテ pipe ノ流量ニ關シ實驗ノ結果其ノ roughness ノ影響頗ル大ナルヲ發見スルト共ニ 1855 年 Bazin 氏ヲ助手トシテ大規模ノ實驗ニ著手セシモ 1858 年遂ニ事成ラズシテ沒シ Bazin 氏之レヲ繼承シ Dubuat 氏 Funk 氏佛國土木局ノ實驗及ビ氏ノ施セシ 538 種トヲ合セ

$$RS = \left(a + \frac{b}{R}\right)v^2$$

又タハ

$$v = \frac{1}{\sqrt{a + \frac{b}{R}}}\sqrt{RS} \qquad (\text{呎/秒})$$

ナル公式ヲ案出シ之レヲ Bazin's old formula (バザン氏ノ舊公式)ト云フ

上式中a bハ係數ニシテ粗度ニヨリ變化ス

滑カナルセメント塗又タハ鉋掛板	a = 0.0000457	b = 0.0000045
荒削板・煉瓦・混凝土切石工	.0000580	.0000133
粗　石　工	.0000730	.00006
土	.0000854	.00035
砂利(Kutter 氏ノ後年定メタルモノ)	.0001219	.00070

Chezy 氏公式ノCノ中ニ粗度トRトヲ考ヘニ入レタルハ顯著ナル進歩ニシテ佛國ニ於テ一般ニ使用セラレシト雖モ係數ガ獨立セル二數ヨリ成ルコト及ビ場合ガ五種類ヲ出デザルコトハ實地ニ於テ採定上多少憂慮ヲ免レザルノ嫌アリシト云フ

5°). Kutter 氏公式 (1868-1885)

Wilherm. R. Kutter ハ Wurtemburg 王國ノ人ニシテ Jura 川ノ改修ニ從事シ Ganguillet 氏ノ下ニ於テ其ノ研究ヲ續ケ Bazin 氏ノ實驗ト 1850-1860 米國政府ノ命ニヨリ Humphreys 及 Abbot 兩氏ガ Mississippi 川ニ於テ實驗セシ結果ガ大小相通ジタル資料ナルニ想到シ是等實驗ト及氏ノ施セシ 15 種トヲ合シ次ノ如ク決定セリ

$$v = c\sqrt{RS}.$$

$$c=\frac{4.165+\dfrac{1.811}{n}+\dfrac{0.00281}{s}}{1+\left(41.65+\dfrac{0.00281}{s}\right)\dfrac{n}{\sqrt{R}}}\qquad(\text{米單位})$$

$$c=\frac{41.78+\dfrac{1{\cdot}817}{n}+\dfrac{0.00282}{s}}{1+\left(41.78+\dfrac{0.00282}{s}\right)\dfrac{n}{\sqrt{R}}}\qquad(\text{尺單位})$$

$$c=\frac{23.+\dfrac{1}{n}\times\dfrac{0.00155}{s}}{1+\left(23+\dfrac{0.00155}{s}\right)\dfrac{n}{\sqrt{R}}}\qquad(\text{米突單位})$$

但シn ハ潤邊ノ粗度ニヨル係數(Coefficient of roughness)ニシテ Kutter ノ擧ゲシモノハ十二種ニ過ギザリシモ其後一般ニ使用照査セラルヽニ至リ實驗上n ノ値ハ殆ンド總テノ場合ニ適合スベク見出サルニ至レリ Feb. 24. 1916. Engineering news 誌上ニ掲ゲラレタル Horton 氏ノ表ヲ擧グレバ次ノ如シ

(Kutter)氏公式ニ對スルn ノ値

潤邊ノ性質	完全 (Perfect)	良好 (Good)	稍可 (Fair)	不良 (Bad)
素面ノ鑄鐵管	0.012	0.013	0.014	0.015
内部ヲ塗布セル鑄鐵管	0.011	0.012	0.013×	——
素面鍛鐵管(出來合品)	0.012	0.013	0.014	0.015
亞鉛引鍛鐵管 (同)	0.013	0.014	0.015	0.017
滑ナル眞鍮及硝子管	0.009	0.010	0.011	0 013
ロツクバー又ハ燒繼網管	0.010	0.011	0.013	——
鋲綴セル鋼管	0.013	0.015	0.017×	——
下水陶管	{0.010 0.011	0.013	0.015	0.017
釉藥ヲ施セル煉瓦工	0.011	0.012	0.013×	0.015
煉瓦工又ハ煉瓦下水管	0.012	0.013	0.015×	0.017

純「セメント」塗	0.010	0.011	0.012	0.013
「セメントモルタル」塗	0.011	0.012×	0.013×	0.015
混凝土管	0.012	0.013×	0.015	0.016
木管	0.010	0.011	0.012×	0.013
板函樋				
鉋削セルモノ	0.010	0.012×	0.013	0.014
鉋削セサルモノ	0.011	0.013×	0.014	0.015
繼目板付ノモノ	0.012	0.015×	0.016	——
混凝土ニテ卷立テタル流路	0.012	0.014×	0.016	0.018
粗石練積	0.017	0.020	0.025	0.030
粗石空積	0.025	0.030	0.033	0.035
切石積	0.013	0.014	0.015	0.017
平滑ナル半圓鐵鈑樋	0.011	0.012	0.013	0.015
同上波狀鈑ヲ用ヒタルモノ	0·0225	0.025	0.0275	0.030
溝渠				
直線ニシテ斷面一樣ナル土ヨリナルモノ	0.017	0.020	0.0225×	0.025
平滑ニシテ斷面一樣ナル岩石中ニ掘込ミシモノ	0.025	0.030	0.033×	0.035
斷面不規則ニシテ鋸狀ニ岩石ニ掘込ミシモノ	0.035	0.040	0.045	——
屈曲緩流セル水路	0.0225	0.025×	0.0275	0.030
土中ニ開鑿セル水路	0.025	0.0275	0.030×	0.033
水底ニ礫多ク土堤ニ草アル水路	0.025	0.030×	0.035×	0.040
兩岸石張ニシテ底土ナルトキ	0.028	0.030×	0.033	0.035
天然流路				
(1). 深淺一樣ナル清潔直流路滿水ノ場合	0.025	0.0275	0.030×	0.033
(2). 同上轉石雜草アルモノ	0.030	0.033	0.035×	0.040
(3) 屈曲淵瀨アリテ草ナキモノ	0.035	0.040	0.045	0.050
(4). (3) ト同樣ナル流路ニ於テ低水ノ場合	0.040	0.045	0.050	0.055
(5). (3) ニ類似セルモ多少石草アルモノ	0.033	0.035	0.040×	0.045
(6). (4) ノ如キモ礫多キ流路	0.045	0.050	0.055	0 060
(7). 緩流ニシテ水草アリ且ツ深淵アル流路	0 050	0.060	0.070	0.080
(8). 水草甚シク繁茂セル流路	0.075	0.100	0.125	0.150

表中×印ハ設計ニ當リテ普通使用セラルヽモノナリ

倘計算ニ便スル爲メ moore 氏ハ本式ヲ次ノ如クシ

$$v=\frac{N\ R}{\sqrt{R}+D}$$

但シ

$$N=\left(41.65+\frac{0.00281}{S}+\frac{1.811}{n}\right)\sqrt{S}$$

$$D=\left(41.65+\frac{0.00281}{S}\right)n.$$

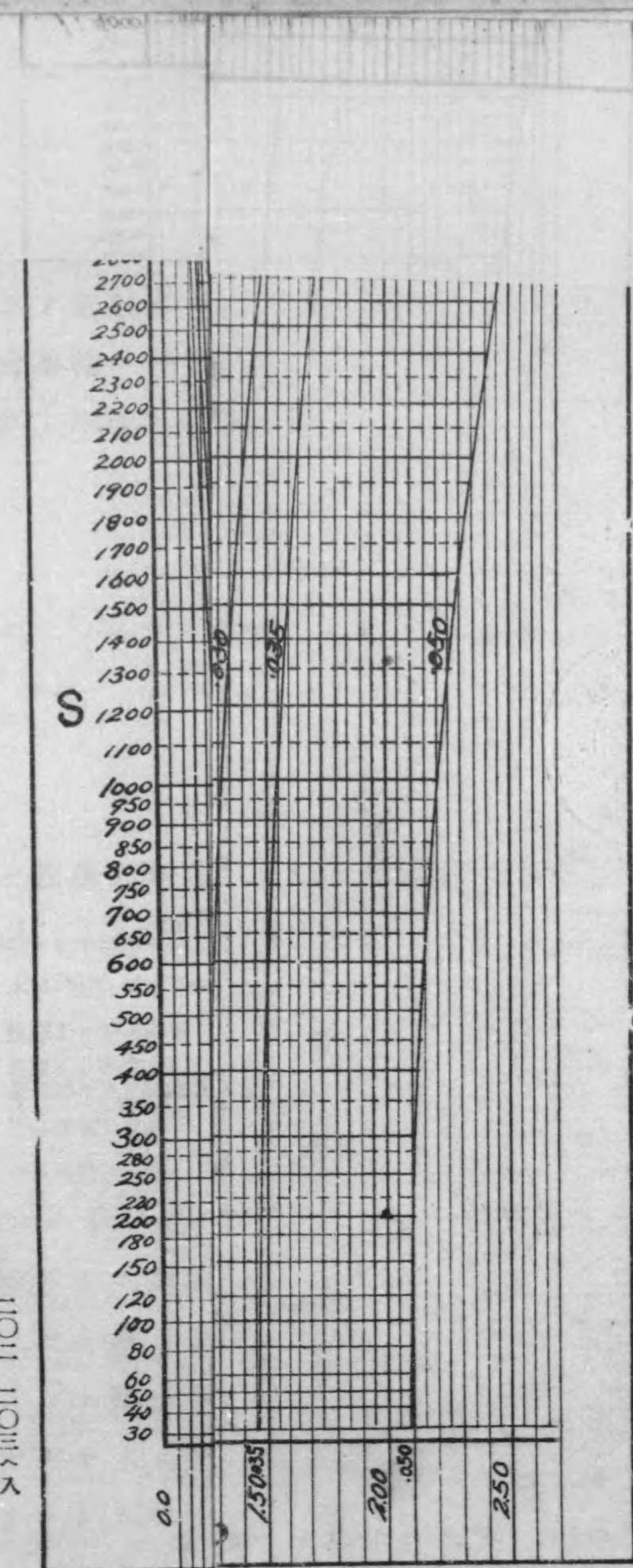
NDハ共ニS,nノ函數ナル故ニ各水面勾配毎ニ及各nノ値毎ニN.及Dヲ計算シ是レヲ作表シテ計算ニ便セリ New tables for the complete solution of Ganguillet and Kutter's formula ハ是ナリ又タNDヲSトnトニ對シ圖表トセバ ND 圖表ノ如シ使用法ハ圖中ニ示セリ參照ヲ乞フ本圖表ニ於テ見ルガ如ク $S=\frac{1}{1000}$ 乃至 $\frac{1}{1500}$ 以上急ナル範圍ニ於ケルDノ値ハ約常數ナル故ニ $S=\frac{1}{500}$ ヲ平均値トセバ

$$N=\left(43.+\frac{1.811}{n}\right)\sqrt{S}$$

$$D=43\ n.$$

トシテ概略差支ナシ

Kutter's formula ハ此種公式中最モ廣ク用ヒラル、モノナレドモ該公式ハ R＝1. 米突以下ノ場合ニ於テCハSノ増加ニヨリテ其ノ値ヲ増シ R＝1. 米突以上ノ場合ニ於テCハSノ増加ニヨリテ減小ス此ノ關係ハ前者ハBazin氏ノ實驗ニヨリ後者ハMississi-



二〇二 二〇三ノ入

D

$+\frac{0.00281}{S}+\frac{1.811}{n}\Big)\sqrt{S}$

$+\frac{0.00281}{S}\Big)n.$

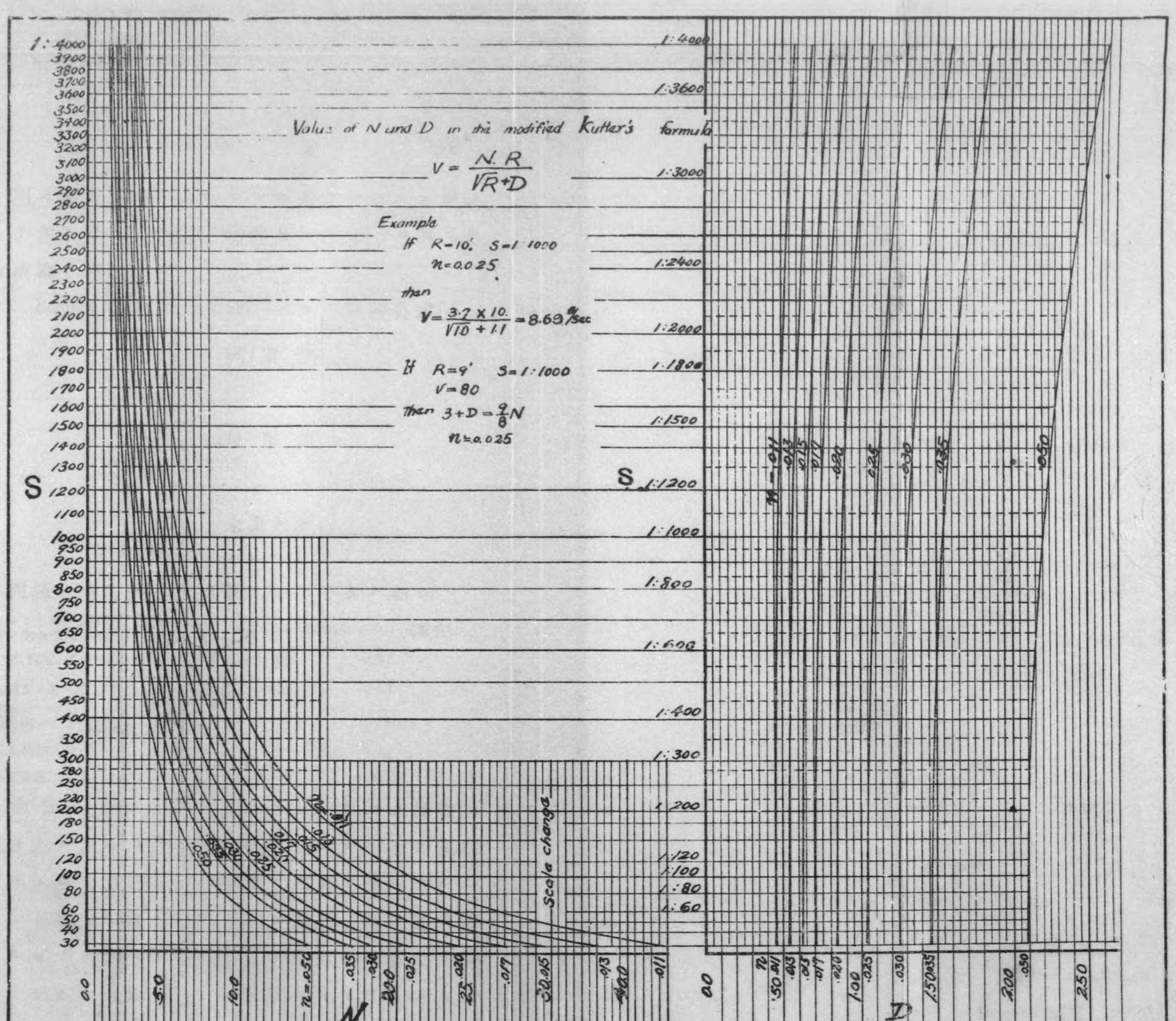
函數ナル故ニ各水面勾配每ニ及
ヒDヲ計算シ是レヲ作表シテ計算
s for the complete solution of Ganguillet
ハ是ナリ又タNDヲSトnトニ對
D 圖表ノ如シ使用法ハ圖中ニ示
圖表ニ於テ見ル如ク $S=\frac{1}{1000}$ 乃至
圍ニ於ケルDノ値ハ約常數ナル
値トセバ

$811\Big)\sqrt{S}$
n

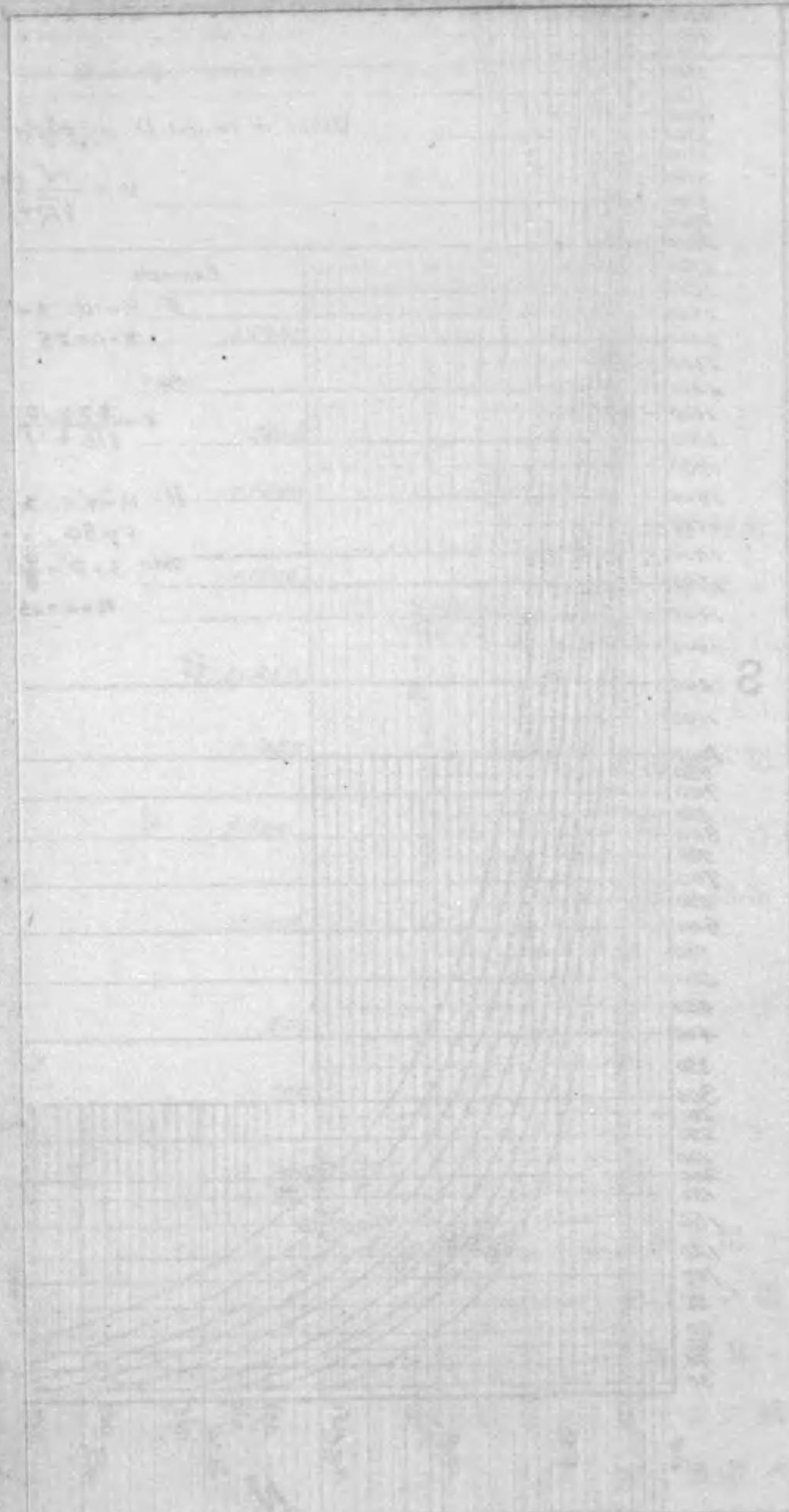
シ

此種公式中最モ廣ク用ヒラル、
式ハ R=1. 米突以下ノ場合ニ於
ヨリテ其ノ値ヲ增シ R=1. 米突
C ハ S ノ增加ニヨリテ減小ス此
n 氏ノ實驗ニヨリ後者ハ Mississi-

N D 圖表



二〇二 二〇三ノ入



ppi 川ニ於ケル實驗ニヨリシニ基ケルモノニシテ果シテ其限界ガ1米突ニ相當セルヤ否ヤニ關シテハ尚議論ノ條地ナシトセズ

6°. Bazin's new formula (1897) (バサン氏新公式)

$$C=\frac{157.6}{1+\frac{m}{\sqrt{R}}}\qquad(\text{呎單位})$$

$$C=\frac{158}{1+\frac{m}{\sqrt{R}}}\qquad(\text{尺單位})$$

$$C=\frac{87}{1+\frac{m}{\sqrt{R}}}\qquad(\text{米突單位})$$

m ハ潤邊ノ粗度ニヨル係數ニシテ下表ノ如シ

セメント塗, 鉋掛ケ木材ノ如キ平滑ナル表面	m=0.109 (呎單位)	0.109 (尺單位)
木材, 煉瓦, 切石ノ如キ平滑ナル面	=0.290	0.291
粗石工ノ如キ粗面	=0.833	0.837
規則正シキ完全ナル土床又ハ石張等種々ナル表面ヲ有スル溝渠	=1.539	1.544
普通狀態ノ土溝	=2.354	2.362
不良狀態ノ土溝	=3.169	3.179

Bazin 氏ハ Kutter 氏ガ Mississippi 川ニ於ケル比較的不確カナル實驗ヲ考入セシ結果 C ハ S ニヨリ左右セラル、如ク公式ヲ定メ複雜ナル形ヲ採用スルニ至リシト雖モ事實 C ノ S ニヨル影響ハ斯ノ如ク顯著ナルモノニアラズ寧ロ是レヲ度外シテ公式ヲ簡單ナラシムルニ如カズトノ意見ニヨリ C ニハ S ヲ

加味セズ且ツ舊公式ニ於ケル獨立セル2係數ノ不便ヲ除キテ單一トセリ

本公式ハ自然河川ニ多ク用ヒラルmノ値ニ就テハ King 氏 Hand book 中 P. 193 ニ尙詳細ナルモノアリ

7°. Biel's formula (1907)

$$v = -M + \sqrt{N + M^2}$$

$$M = \frac{7.43\,K}{(100f+2)(0.12\sqrt{R}+1.811f)},$$

$$N = \frac{3.281\,R^{\frac{3}{2}}S}{0.12\sqrt{R}+1.811f}.$$

ニシテKハ水ノ viscosity coefficient ニシテ溫度ニヨリ變化ス

	32° F	50°	68°
K =	0.0179	0.0135	0.0100.

又タ此ノ値ヲ變化シ油,其他ノ液体及ビ空氣等ニ適應セシムルコトヲ得バ本公式ハ著シク廣汎性ヲ有スルモノナリ

fノ値ハ粗度ニヨル係數ニシテ

鉋掛板, 鍛鐵管	f=0.018	Kutter's formula ニ於ケル n=.010
新ラシキ鑄鐵管及セメント管	.036	—.
粗面板及平滑煉瓦積	.054	.012
平滑ナル石積及煉瓦渠	.072	.013
粗ナル石積及土堤溝渠	.29	.020

土床溝又ハ規則正シキ流路	.50	.025
礫及雑草繁レル川又ハ水路	.75	.030
不良狀態ナル川又ハ水路	1.06	.035

是等公式ハ上記ノ外尙甚ダ多シ何レモ實驗ニ基キ相當ノ根據ヲ有スルヤ論ヲ俟ダスト雖モ early formula ガ粗度ニヨル變化ヲ無視セルコトノ不適當ニシテ略的便法ニ過ギサルハ一見シテ知ルヲ得ベク Kutter, Bazin 氏等ガ廣汎ナル實驗ニ基キ得タル結果ハ現下廣ク信頼ヲ得タリト雖モ尙 Chezy 氏公式ニ於ケル C 内ニ v ニヨル function ヲ有スル如キハ式トシテ完全ナル形ヲ備ヘタルモノト稱スルヲ得ズ換言セバ平均流速ノ公式ハ一般ニ

$$v = C R^a S^b.$$

ニシテ C ハ純粹ニ壁ノ Roughness ノミニヨル係數ニシテ R 又タハ S 等ニ關係ナク a 及ビ b ハ Chezy ノ定メシ如ク $\frac{1}{2}$ ナラズシテ尙他ノ値ナルベシトノ論據ニ於テ研究ノ歩ヲ進メタルモノ是レ所謂 Exponential formula (指數公式) ト稱シ尙將來ニ注目ヲ要スルモノナリトス

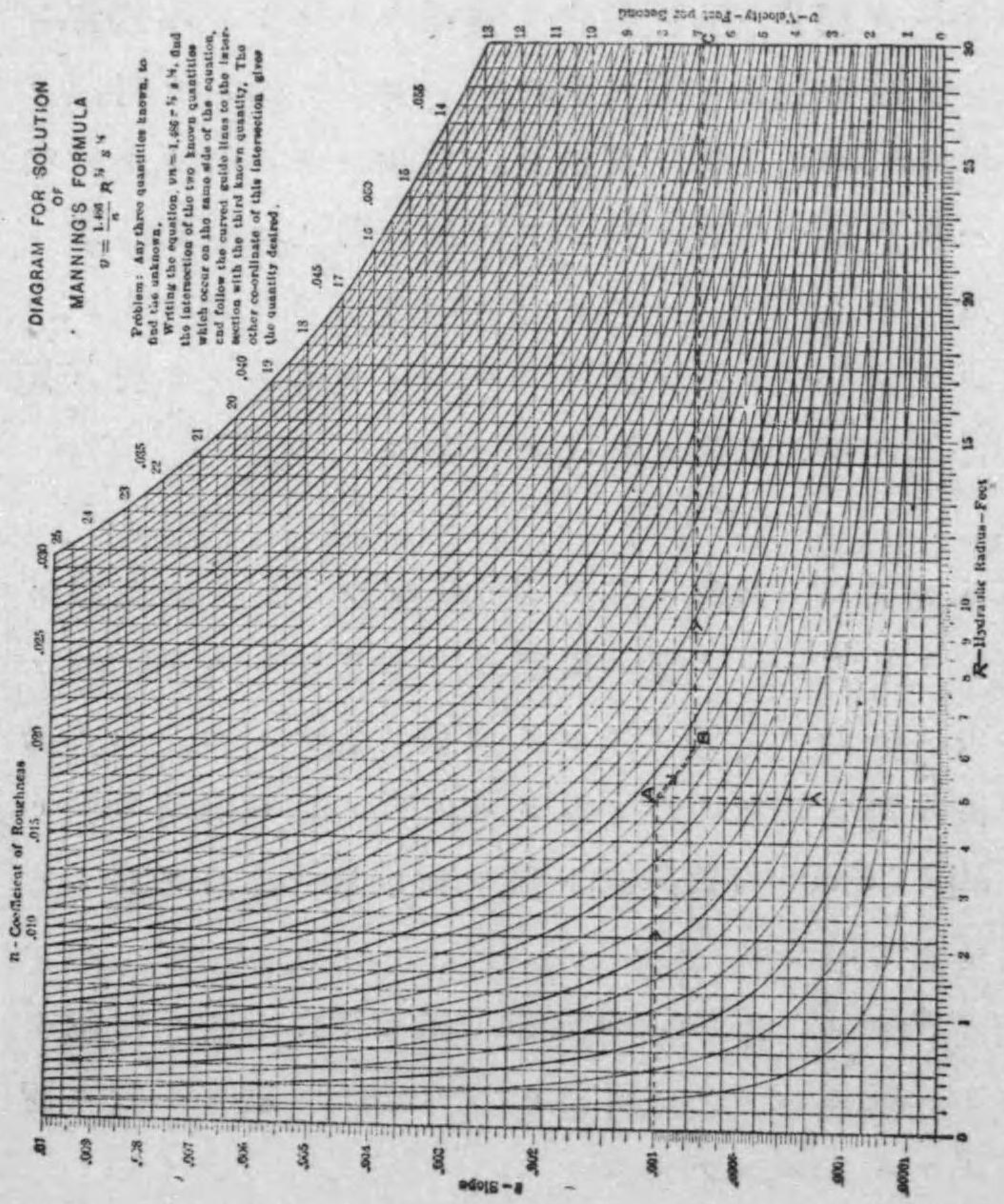
Weisbach 氏 Venants 氏等ノ指數公式ハ既ニ記載セリト雖モ是レラハ所謂 early formula ニ屬シ一般ニ認メラルヽニ至ラズ

8°). Manning's formula (1890)

$$v = \frac{1.486}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

n ハ Kutter's formula ニ於ケル n ニ等シ

本式ヲ一ツ一ツ計算センニハ勿論對數ヲ利用セサル可カラズ然レドモ一般指數公式ハ對數目盛ヲ



用フルコトニヨリ簡單ニ圖表ニ表ハスコトヲ得ルモノナリ本公式モ亦タ S R 及 n ヲ知リテ直チニ V ヲ見出ス如ク圖表ニシタルモノアリ前圖表之ナリ

今本表使用ノ一例ヲ擧ゲシニ R = 5.0 ft. $S = \frac{1}{1000} = 0.001$ n = 0.02 トシ v ヲ見出サンニ先ヅ S=0.001 ト R = 5 トノ交点 A ヲ求メ曲線ヲ平行ニ n=0.02 トノ交点 B ヲ求メ B ヲ水平ニ C ヲ求メ v ノ Scale ニヨリテ 6.9 呎/秒ヲ得.

9°) Barnes' formula (バーネス公式)

1916 氏ノ著 Hydraulic flow review ニ於テ

$$V = K. R^{a}. S^{b}.$$

ニ S ハ水面ノ高低差ヲ水面ノ長サニ除シタルモノニシテ他ノ tangent ヲ表ハスト異リ Sine ヲ表スモノナリ K. a b. ハ roughness ニヨリ夫々異ナルモノナリ今重ナルモノヲ擧グレバ次ノ如シ

內面塗布鑄鐵管	K=174.1	a=0.769	b=0.529
內面塗布セザル仝上	136.6	0.600	0.512
二重鋲綴鍛鐵管	129.9	0.440	0.520
木　管	223.2	0.660	0.569
新ラシキ純セメント塗	136.3	0.635	0.484
清淨煉瓦工	92.1	0.602	0.466
表面塗布コンクリート工	95.1	0.567	0.471
モルタル使用切石積	109.7	0.713	0.483
モルタル使用粗石積	80.5	0.653	0.482
空　石　張	70.0	0.820	0.500
普通土溝又ハ草ナキ川	58.4	0.694	0.496

10°) Williams and Hagens formula (1910)

$$V = K R^{0.63} S^{0.54}.$$

本式ハ嘗ツテ Pipe ノ項ニ述ベタルモノニ等シ

以上ノ外 Foss 氏, Tutton 氏, Lea 氏等指數公式甚ダ多シ何レモ多クノ實驗ヲ根據トシテ定メラレタルモノニシテ果シテ如何ナル公式ガ最モ適合性ヲ有スルヤハ明言スベカラズ

以上實驗公式中普通最モ廣ク用ヒラルヽハ Kutter 及 Bazin ノ新公式ニシテ指數公式ハ尚未ダ其ノ眞價ヲ認メラルヽニ至ラズト雖モ他ノ公式ニ比シ容易ニ實驗ト合致セシメ得ルモノナルヲ以テ將來最モ研究セラルベキモノナリトス

公式ノ形ガ計算上不便ナリトシテ是等公式ノ眞價ヲ評スルハ當ラザルモノニシテ何レモ恰ンド相似タル圖表ニ作リ極メテ手數尠ナクシテ計算シ得ル方法モアリ或ハ作表ニヨリ或ハ特殊ノ Slide rule ニヨリ頗ル簡易ナラシメ得テ是等ノ点ハ別ニ優劣ヲ判ズルニ足ラザルナリ從ツテ指數公式ノ如キ一見極メテ難解ノ如キモ對數割方眼紙ヲ用ヒンカ一直線ヲ以テ其ノ關係ヲ表ハシ得ベク又タ Nomographical chart ニ作ルモ他ノ公式ヨリ却ツテ簡單ナル如キ有樣ニシテ計算ノ難易ハ殆ンド度外スベキモノナリトス

公式適用中最モ注意スベキハ係數ノ撰擇ナリト

ス此ノ点ニ於テ Kutter 氏ノ公式ハ多クノ場合ニ對シ差支ナキ係數ヲ撰定セラレ居レル故ニ最モ便ナリ Manning 氏公式モ亦然ルベキ理由ナレドモ尚其ノ眞價ハ研究ノ上ニ俟タザル可カラズ

6). Most effective forms of channel (開渠ノ最モ有効ナル形狀)

水路ノ計畫ニ當リテ通水流量ヲ與ヘラレタル時ハ先ヅ其ノ地形ニ應シテ勾配ヲ定メ次デ其形狀ヲ定メザル可カラズ形狀ハ實地地形ニ左右セラレテ種々ナル經濟的斷面ヲ採定スベキハ論ヲ俟ズト雖モ今同一流積ト同一勾配トニ於テ最モ多クノ discharge ヲ與フル斷面即チ most effective form ヲ見出サンニ

$$v=c\sqrt{s}\sqrt{\frac{A}{p}}\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

$$Q=c\sqrt{s}\sqrt{\frac{A^3}{p}}\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

ナル故ニ Velocity ハ $\frac{A}{p}$ ノ大ナル程大換言スレバ一定斷面積 A ヲ最モ短カキ潤邊 p ヲ以テ圍ミタル場合即チ圓形ヲ用ヒタル場合ニシテ圓形ハ直徑ノ約 80% 迄ハ水深ノ增スニ從ヒ R モ增加スル故ニ深キ程最モ有効ナル斷面ナルヲ知ル從ツテ他ノ四角形梯形或ハ複雜ナル形モ出來得ル限リ深キ圓ニ近似

シタル形即チ圓ニ外接スル如キ形ヲ以テ有効形ト稱スベシ普通開渠ノ形狀ハ半圓以上ニ外接スル如キ形ハ用ヒザルヲ以テ一般ニ半形ニ外接セル如キ形ヲ以テ即チ最効形ト云ヒ其ノRハ中央水深ノ $\frac{1}{2}$ ニシテ $\frac{d}{4}$ ニ等シキモノナリ

短 形　　梯 形

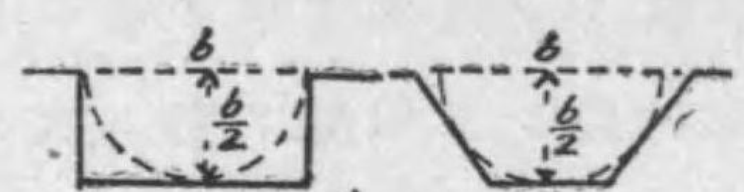


fig. 122.

今(1)(2)式ニ於テAヲ一定即チ d(A)=o トシタル場合ノ最大流速及流量ハ上記ノ理由ニヨリ p ノ最小即チ d(p)=o ノ時ナリ又タ p ヲ一定即チ d(p)=o ノ時ニ於ケル最大流速及流量ハ A ノ最大即チ d(A)=o ナル場合ナルニヨリ一般ニ Effective form ニ對スル根本條件ハ

$$d(A)=0$$

$$d(p)=0$$

ノ二ツナラザルベカラズ此ノ根本條件ニヨリテ各任意ノ形狀ノ channel ニ對シ水深及幅ノ割合等ヲ計算スルモノナリ(此ノ解法ニ對シ四角形及梯形ノモノハ(8項 p. 216. ヲ參照スベシ)

次ニ斯ル有効形ヲ實際ニ計算シタル結果次ノ如シ(8項(4)及(5)式參照)

形狀	水深	底幅	水面幅	R.
半圓形	.798	0	1.596	.399
四角形	707	1.414	1.414	.354
梯形兩法五分	.759	.938	1.697	.379
〃 七分五厘	.748	.675	1.996	.374
〃 一割	.740	613	2.093	.370
〃 一割五分	.689	.417	2.484	.345
〃 二割	.636	.300	2.844	.318

各數字ニ流積ノ平方根ヲ乘ジテ實際ノ寸法トス例ヘバ2000立方呎/秒ヲ3呎/秒ノ流速ニテ流スニ要スル有効形ハ1割法梯形ヲ用ヒテ

深 $=0.74\times\sqrt{\frac{2000}{3}}=19.'$　水面幅 $=2.093\times\sqrt{\frac{2000}{3}}=54'.$

ノ如シ

然レドモ most effective form ハ實地ニ於テハ種々ナル事情ニ制セラレテ最經濟的ナルコト稀ナリ masonry channel ハ多少 width ヲ增シ深サヲ減ズル方側壁ヲ輕クシ得テ却ツテ費用ヲ減ズルコトアリ地表迄水位ノ達スル如キ掘込水路ハ此ノ effective form ヲ用ヒテ可ナリ但シ地表ニ水位ヲ有セザル場合ハ尙幅ヲ減ジテ可ナリ又タ堀上ゲ土砂ノ高キ時ハ幅ヲ大ナラシムルヲ利益トス

7). Crdinary sewers (下水渠)

Sewer(下水渠)トシテ一般ニ用ヒラルヽハ圓形.卵形.馬蹄形.碗形等ナレドモ就中最モ普通ニ用ヒラルヽハ圓形ナリトス前記ノ如ク圓形ハ一定流積ヲ最小潤邊ニテ圍ミ得ルノミナラズ土壓ニ抵抗スル点ニ於テモ其他取扱上ニ於テモ何レモ最モ經濟的形狀ナリトノ理由ニヨルモノニシテ地形上止ムヲ得ザル場合ノ外廣ク使用セラルヽト雖モ水位ニヨリテ流速ノ差可ナリ著シク滿管流速ヽ充分沈滯ヲ免ガレ得ルト雖モ低水時ニ於テ流速緩ニシテ爲メニ沈滯ヲ生ズル欵ナキニアラズ即チ卵形渠ハ幾分此ノ欠点ヲ補ヒ得ルモノニシテ水位ノ高低ニ拘ラズナルベク徑深ヲ變化ナカラシムヽヲ目的トス

1°. Circular Condiut (圓形渠)

本項ニ於ケル flow ハ水面ニ pressure ヲ有セザル full flow (滿管流)又タハ partly full (部分流)ニシテ水面ノ勾配ヲSトシ Hydraulic radius ヲRトシ流水ノ斷面積ヲAトス然ル時ハ一般ニ

$$v=c\sqrt{R.S.}\qquad \text{又ハ}\qquad Q=C.A.\sqrt{R.S.}$$

Cハ純ナル係數ニアラズ Kutter 氏公式等ヨリ定ム可キモノトス

又タ $R=\frac{A}{p}$ ニシテ p ハ Hydraulic perimeter ナリトス然ル時ハ一般的ニ

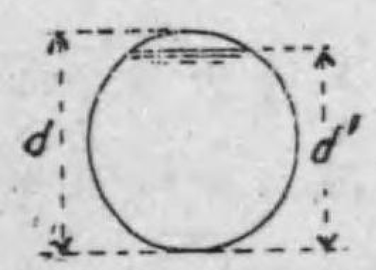


fig. 123.

$$p=\tfrac{1}{2}\pi d+d\,\mathrm{Sin}^{-1}\frac{2d^1-d}{d}$$

$$A=\tfrac{1}{4}dp+\left(d^1-\frac{d}{2}\right)\sqrt{d^1(d-d^1)}$$

各水位ニ就キ是等ノ値ヲ計算セバ次表ノ如シ

$\frac{d^1}{d}$	P. (×d)	A (d×²)	R (×d)	V (×c√sd)	Q (×c√sd d²)
1.0(滿管)	3.142	0.7854	0.25	0.5	0.393
.95	2.691	.7708	.286	.535	.413
.90	2.498	.7445	.298	.546	.406
.81	2.240	.6815	.3043	.552	.376
.8	2.214	.6735	.3042	.552	.372

二二　二一三入ル（一）

…トシテ一般ニ用ヒラル、ハ圓形·卵形·馬蹄形·函形等
…モ普通ニ用ヒラル、ハ圓形ナリトス前記ノ如ク圓
…最小潤邊ニテ圍ミ得ルノミナラズ土壓ニ抵抗スル
…取扱上ニ於テモ何レモ最モ經濟的形狀ナリトノ理
…シテ地形上止ムヲ得ザル場合ノ外廣ク使用セラル
…リテ流速ノ差可ナリ著シク滿管流速ヘ充分沈滯
…モ低水時ニ於テ流速緩ニシテ爲メニ沈滯ヲ生ズ
…ス即チ卵形渠ハ幾分此ノ欠点ヲ補ヒ得ルモノニシ
…ラズナルベク徑深ヲ變化ナカラシムヽヲ目的ト

…duit（圓形渠）

…flow ハ水面ニ pressure ヲ有セザル full flow（滿管流）又
…流）ニシテ水面ノ勾配ヲ S トシ Hydraulic radius ヲ
…積ヲ A トス然ル時ハ一般ニ

$$=c\sqrt{R.S.} \qquad \text{又ハ} \qquad Q=C.A.\sqrt{R.S.}$$

…ニアラズ Kutter 氏公式等ヨリ定ム可キモノトス
… p ハ Hydraulic perimeter ナリトス然ル時ハ一般的

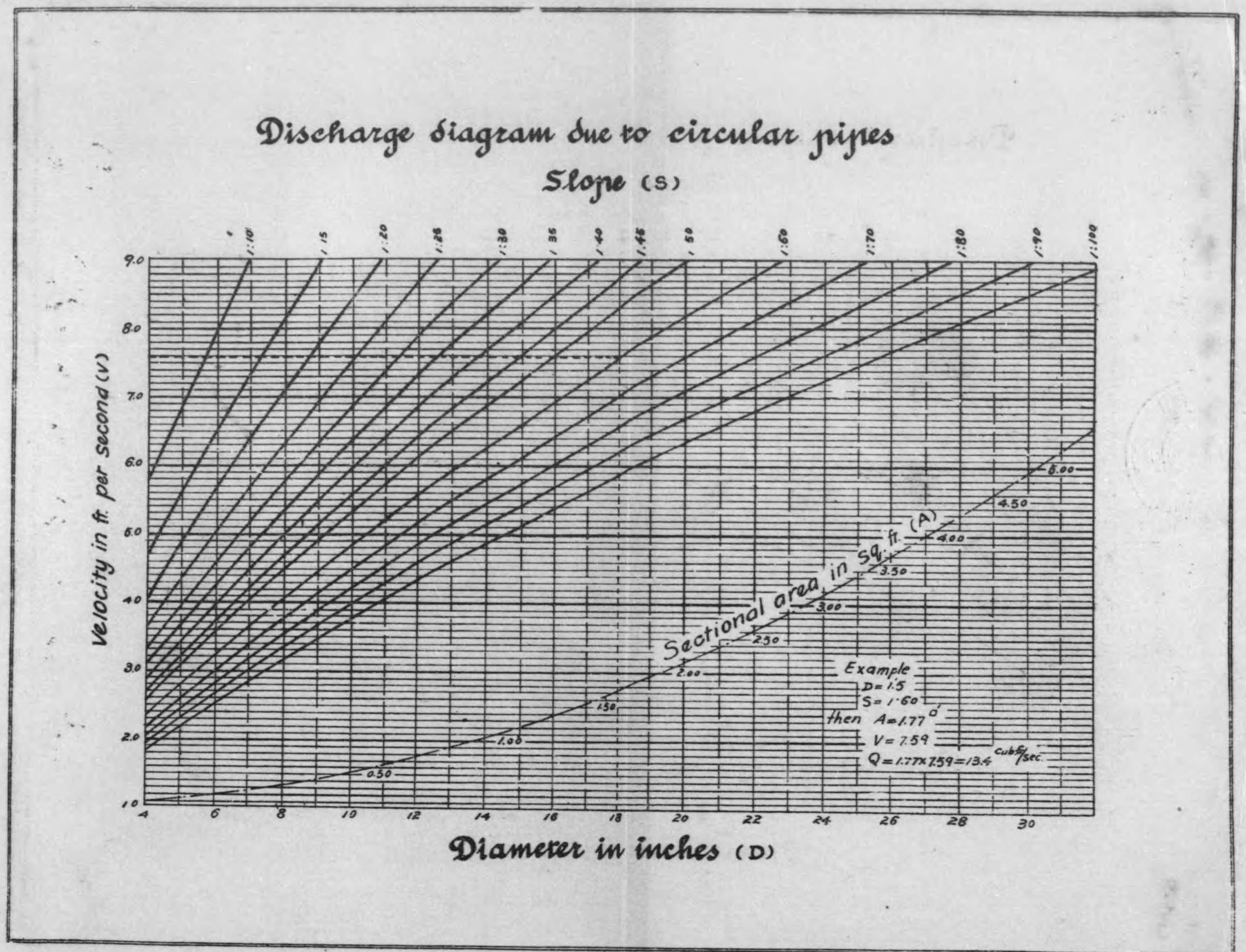
$$p=\frac{1}{2}\pi d+d\,\mathrm{Sin}^{-1}\frac{2d^1-d}{d}$$

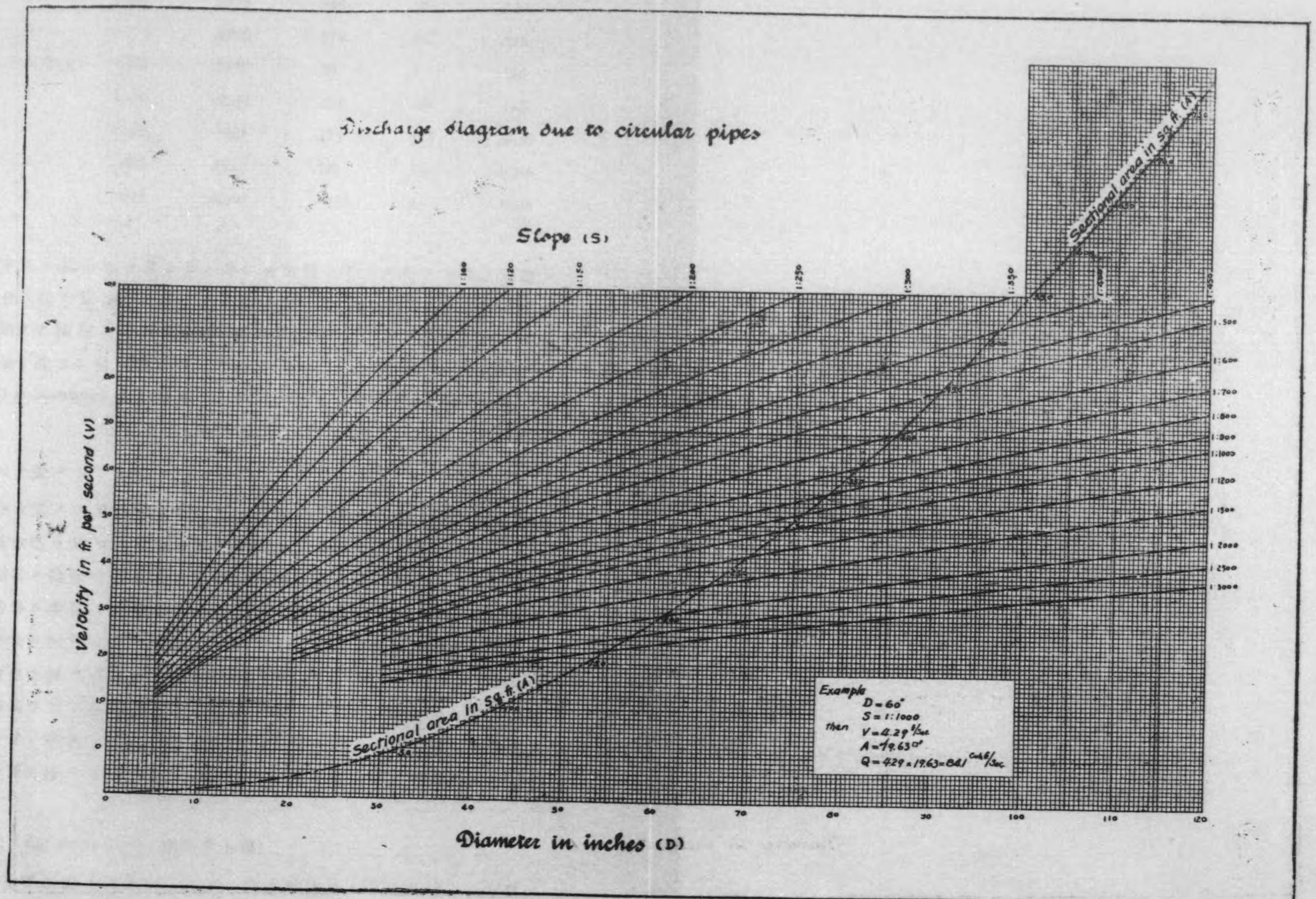
$$A=\frac{1}{4}dp+\left(d^1-\frac{d}{2}\right)\sqrt{d^1(d-d^1)}$$

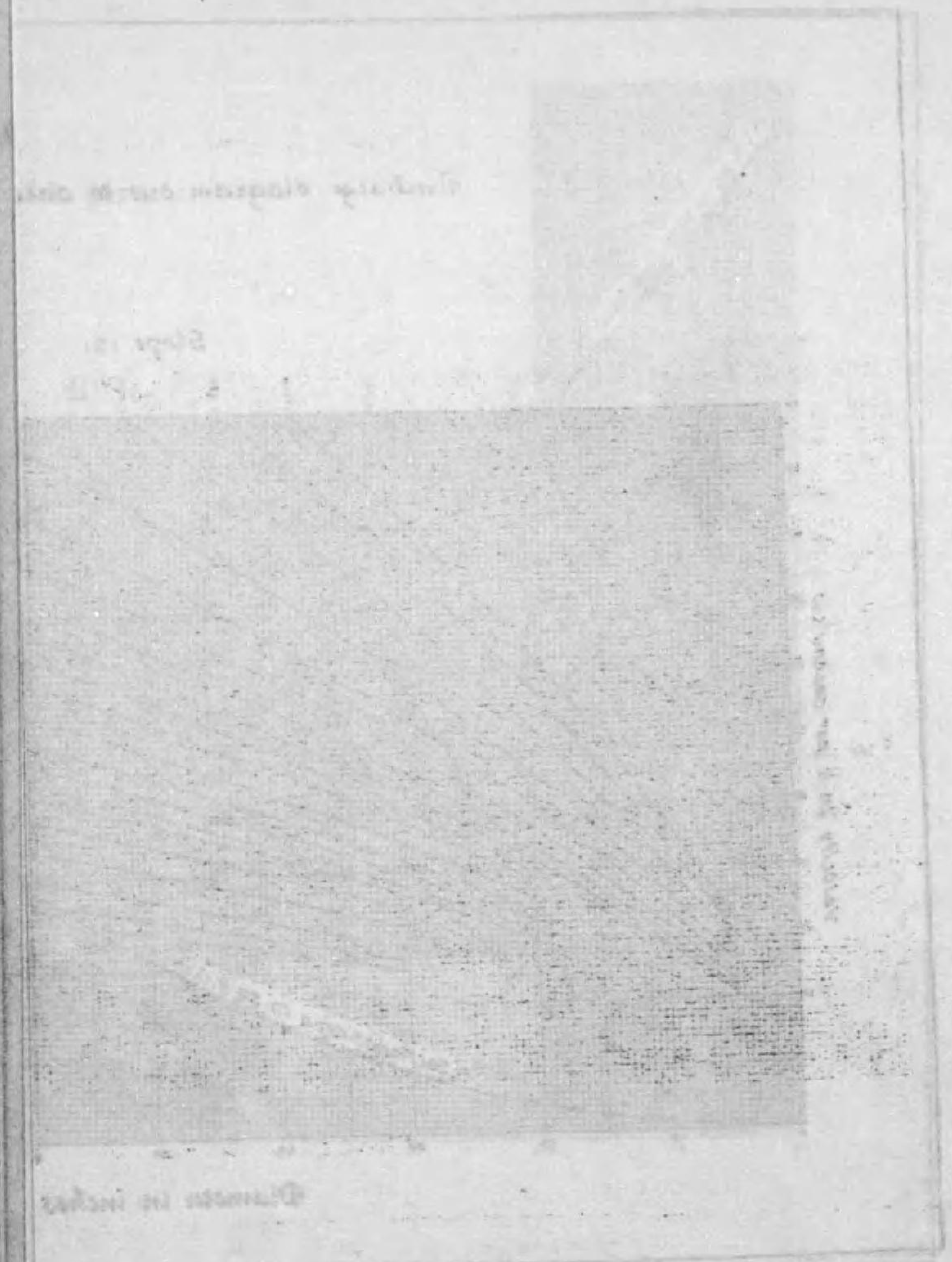
各水位ニ就キ是等ノ値ヲ計算セバ次表ノ如シ

A $(d\times^2)$	R $(\times d)$	V $(\times c\sqrt{sd})$	Q $(\times c\sqrt{sd}\,d^2)$
0.7854	0.25	0.5	0.393
.7708	.286	.535	.413
.7445	.298	.546	.406
.6815	.3043	.552	.376
.6735	.3042	.552	.372

二二三入ル（二）




Discharge diagram due to circular pipes
Slope (S)
Velocity in ft. per second (V)
Diameter in inches (D)
Sectional area in Sq. ft. (A)
Sectional area in Sq. ft. (A)
Example
D = 60"
S = 1:1000
then
V = 4.29 ft/sec
A = 19.63 □'
Q = 4.29 × 19.63 = 84.1 Cub ft/Sec



.7	1.983	.5874	.296	.544	.320
.6	1.772	.4920	.278	.627	.259
.5(半流)	1.571	.3927	.25	.5	.196
.4	1.369	.2934	.214	.463	.136
.3	1.159	.1981	.171	.414	.0820
.2	.927	.1118	.121	.348	.0389
.1	.643	.0408	.0635	.252	.0103
0	.0	0	0	0	0

本表ニ見ル如ク若シCヲ通ジテ常數ト考フル時ハ8割ノ水深ノ場合ニ最大流速ヲ生ジ9割5分ニ於テ最大流量ヲ生ジ滿管ノ場合ハ却ツテ流速流量共ニ減小スルヲ見ル其ノ割合ハ流速ニ於テ10%流量ニ於テ5%ニ過ギズ

Cハ Merriman 氏ノ研究ニヨレバ半流時ノCヲC_1トセバ大略

$$c = c_1 - 16\left(\frac{d}{2} - d^1\right)$$

ヲ以テ表スコトヲ得ト云フ

下水渠ノ大サ決定ニ關シテハ詳細ハ下水道ニ讓ルベキモ先ツ係案下水渠ニ集マルベキ最大下水雨水ノ量ヲ決定シ渠ノ大サニヨリテ相當ノ餘裕ヲ見込ミタル水量ヲ以テ其ノ大サヲ定ムベキ標準トシ地形ニ準據シテ適當ニ勾配ヲ撰ミ Moore 氏ノ定メタル表等ニヨリテ流量流速ト徑トヲ定ムベキモノトス此ノ場合ニ於ケル水位ハ便宜滿管流ヲ標準トシ粗度ハ n=0.013 乃至 0.015 ヲ採ルモノトス今圓形滿管流ノ場合ニ於ケル流速ヲ n=0.013 トシ普通用ヒラル、管徑ニ就キ圖表トセバ別圖二葉ノ如シ又タ流量ハ各管徑ニ相當セル流水斷面積ヲ乘ジテ恰モ記載セル例題ノ如クニシテ見出スモノトス

2°) Egg shape sewer (卵形下水渠)

圓形下水渠ノ欠点トセラル、低水時流速ノ不足ヲ補ハンガ爲メ其ノ高サヲ增シテ卵形トシタルモノニシテ舊卵形新卵形等アリ

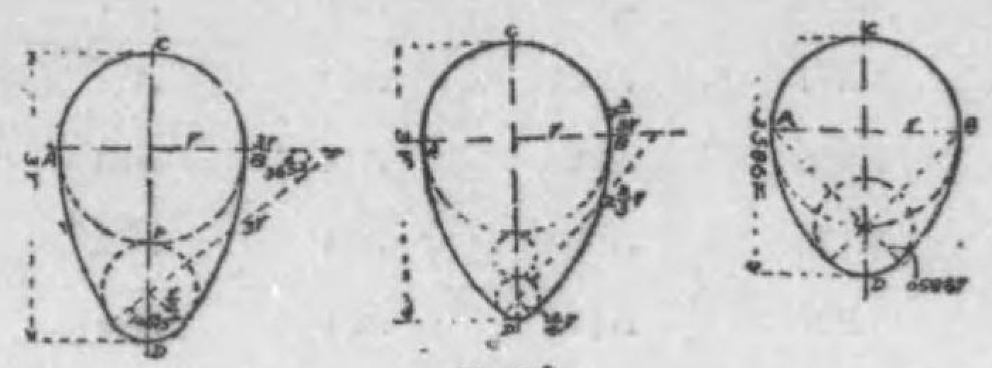


Fig 124

(A) Old or standard Egg shape (B)New egg shape. (C) Hawksley's egg shape.

是等ノ形ニ對スル各深サト流速流量ノ關係ハ次ノ如シ

(A) Old Egg shape (舊卵形渠)

AB=2r., CD=3r., 側壁半徑=3r., 底面半徑 $=\frac{r}{2}$., 拱半徑=r.,

水深(×d)	流積(×r^2)	p(×r)	R(×r)	V.(×c$\sqrt{s}\sqrt{r}$)	Q(×c$\sqrt{s}.\sqrt{r^5}$)
1	4.594	7.930	0.579	0.760	3.490
$\frac{3}{4}$	3.518	5.291	.665	.815	2.860
$\frac{2}{3}$	3.023	4.787	.631	.800	2.420
$\frac{1}{2}$	2.037	3.683	.538	.733	1.500
$\frac{1}{3}$	1.136	2.750	.413	.642	.730
$\frac{1}{4}$	0.745	2.211	.337	.580	.431

(B) New egg shape (新卵形渠)

AB=2r., CD=3r., 側壁半徑2$=\frac{2}{3}$r, 底面半徑 $=\frac{r}{4}$, 拱半徑 = r,

水深(×d)	流積(×r^2)	p(×r)	R(×r)	V.(×c$\sqrt{s}\sqrt{r}$)	Q(×c$\sqrt{s}.\sqrt{r^5}$)
1	4.460	7.852	0.569	.755	3.37
$\frac{2}{3}$	2.889	4.699	.615	.785	2.27
$\frac{1}{3}$	1.017	2.649	.384	.620	.63

(C) Hawkaley's egg shape. (ホーカスレー卵形渠)

AB=2r, CD=2.586r 側壁半徑=2.586r, 底面半徑0.586r, 拱半徑=r

水深(×d)	流積(×r^2)	p(×r)	R(×r)	V.(×c$\sqrt{s}\sqrt{r}$)	Q(×c$\sqrt{s}\sqrt{r}$)
1	3.682	9.20	0.553	.745	2.740
$\frac{2}{3}$	2.686	4.337	.620	.788	2.110
$\frac{1}{3}$	1.028	2.536	.396	.630	.648

8). Rectangular and trapezoidal section (四角形及梯形斷面)

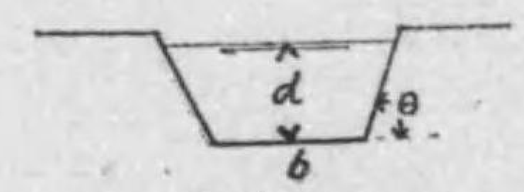


fig.125

$$\left.\begin{aligned} A &= d(b+d\cot\theta) \\ p &= b+\frac{2d}{\sin\theta.} \end{aligned}\right\} \text{.........(1)}$$

又タ $Q=CA\sqrt{RS}$ ナルニヨリ $Q^2=C^2A^2RS.$

$R=\frac{A}{p}$ ノ値ヲ入レ

$$Q=Cd(b+d\cot\theta)\sqrt{\frac{d(b+d\cot\theta)S.\sin\theta}{b\sin\theta+2d}}$$

Q. C. θ 及 S ヲ知リテ d.b. ヲ求メントスル場合 b=md トセバ

$$d^5=\frac{Q^2(m\sin\theta+2)}{C^2S(m+\cot\theta)^2\sin\theta} \text{ ....(2)}$$

若シ四角形ニシテ θ = 90° トセバ

$$d^5=\frac{Q^2(m+2)}{C^2\ S\ m^2} \text{ ....(3)}$$

又タ Most effective form ニ於テハ(6項參照 p 210)

d(A)=o, d(p)=o ナルニヨリ(1)ヨリ d. b ヲ變數トシテ A 又ハ p ヲ徽分シテ零トシ 2 ツノ方程式ヲ得解

キテ

$$\frac{b}{2d}=\frac{1-\cos\theta}{\sin\theta}\quad\cdots\cdots(4)$$

ヲ得此ノ關係ヲ(1)式ニ入レテ

$$A=d^2\frac{2-\cos\theta}{\sin\theta}\quad\cdots\cdots(5)$$

又　$$p=2d\frac{2-\cos\theta}{\sin\theta}$$

故ニ $R=\frac{A}{p}=\frac{d}{2}$

即チ θ ナル角度ノ如何ニ拘ラズ常ニ $R=\frac{d}{2}$ ナリ仍テ

$$\frac{d}{2}=R=\frac{d(b+d\cot\theta)}{b+\frac{2d}{\sin\theta}}$$

即チ

$$b+2d\cot\theta=\frac{2d}{\sin\theta}\quad 又タハ\quad m=\frac{2}{\sin\theta}-2\cot\theta$$

是レヲ(1)式ニ代入シテ d ヲ求ムルコトヲ得特ニ兩法1割ニシテ深サト底幅ト相等シキ場合ハ

$$d=0.863\left(\frac{Q^2}{C^2S}\right)^{\frac{1}{5}}$$ ト變形スルコトヲ得

9). Flow of water in open channels of varying cross section and slope (斷面及勾配ノ變化アル開渠ノ流水)

水路ニ於ケル流水斷面水面勾配ハ各点毎ニ不同ニシテ其ノ變化ハ急激ナラズ且ツ一定斷面ノ平均流速ハ常ニ同一ニシテ所謂 steady flow ノ狀態ヲ保

テル場合ノ水面勾配渠底勾配各流速等ノ關係ヲ研究セントス

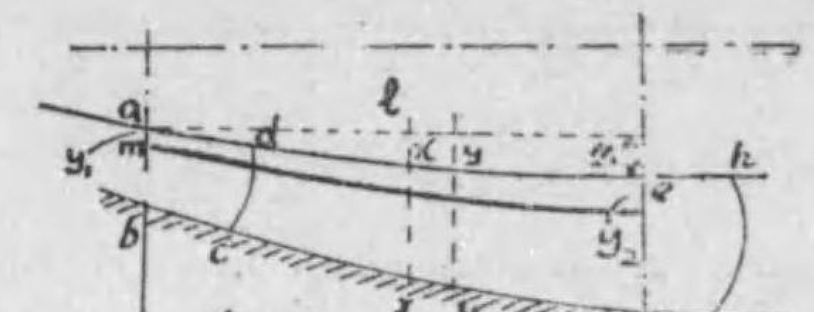


Fig. 126

今斯ル流水ノ縱斷面ノ一部 l ナル長サヲ採リアル瞬間ニ於テ ab. ef ナル2斷面ハアル單位時間ニ夫々 dc. hg ニ變移シ即チ abfe ナル水ハアル單位時間後ニ cdhg ニ移リタリト考フ然ル時ハ曾ツテ Bernoulli 氏ノ理論ニ於ケル如ク此ノ l 間ノ水ニ對スル該時間中ニ生ゼシ Kynetic energy ノ變量ハ重力水壓力ニヨル仕事及潤邊ノ摩擦ニ抵抗スベクナサレシ仕事ノ代數的總和ニ等シキコトハ依然解決ノ要件タリ

a). Kynetic energy ノ變量

先ヅ abcd 間ノ水ノ有スル Kynetic energy ヲ研究センニ A_1 ヲ ab 斷面ノ流積 v_1 ヲ此ノ斷面ノ平均流速 u ヲアル任意ノ層例ヘバ m ナル点ニ於ケル面積 a ノ有スル流速ナリトスー般ニ u ハ

$$u=v_1\pm e$$

ニテ表ハサルヽモノトセバ

$$Q_1=A_1v_1=\Sigma(au.)\quad 又ハ\quad \Sigma ae=o$$

abcd ノ有スル $(K.E)_1$ ハ

$$\frac{wQ_1}{2g}v_1^2=\frac{w}{2g}\Sigma(au^3)=\frac{w}{2g}\Sigma\left\{a(v_1\pm e)^3\right\}$$

$$=\frac{w}{2g}\Sigma\left\{a\left(v_1^3\pm 3v_1^2e+3v_1e^2\pm e^3\right\}\right.$$

$\Sigma ae=o$ 及 $3v_1\pm e=2v_1+u$ ナル故ニ

$$(K.E.)_1=\frac{w}{2g}\Sigma a\left\{v_1^3+e^2(2v_1+u)\right\}$$

然ルニ $e^2(2v_1+u)$ ハ實數ニシテ且ツ正數ナリ

故ニ $(K.E.)_1=K\frac{w}{2g}\Sigma(av_1^3)=K\frac{w}{2g}A_1v_1^3$ …………(1)

ト表ハシKハ常ニ1ヨリ大ナル係數ナリト云フコトヲ得

同樣ニ efgh ノ Kynetic energy $(K.E.)_2$ モ

$$(K.E.)_2=K\frac{w}{2g}A_2v_2^3 \quad \cdots\cdots(2)$$

abfe ト cdhg ノ有スル Kynetic energy ノ差ハ單位時間中ノ變量ニシテ水ハ steady flow ナル故ニ cdef 間ノ水ハ前後不變ト考ヘ差支ナク結局 efgh ノ有スル $(K.E.)_2$ ト abcd ノ有スル $(K.E.)_1$ トノ差ヲ以テ表シ得ベシ即チ

$$K.E.\text{ノ變量}=K.\frac{w}{2g}(A_2V_2^3-A_1V_1^3)$$

$$=K\,wQ\left(\frac{v_2^2-v_1^2}{2g}\right) \quad \cdots\cdots(3)$$

A_1 ニ於ケルKト A_2 ニ於ケルKトヲ同値トシテ取扱フコトニ關シテ多少ノ疑問ナキ能ハズト雖モKノ値ハ Weir ノ接近速度ノ項ニ述ベシ如ク Velccity curve ノ形ニヨルモノニシテ Velocity curve ト深サトノ關係ハ未ダ明瞭ナラズ依ツテ上記ノ如ク假定スルモノトス

(b) Gravity ニヨリナサレシ仕事

第126圖ヨリ mn 層ニ於テ m 迄ノ水深ヲ y_1, n 迄ノ水深ヲ y_2 トシ且ツ a ト e トノ高差ヲ Z トセバ m ト n トノ高サノ差ハ $(Z+y_2-y_1)$ ナリ故ニ單位時間ニ微小水量 dQ ニ對シ重力ノナセシ仕事ハ $+w.\,dQ.(Z+y_2-y_1)$ ナリ

(c) Pressure ニヨリナサレシ仕事

先ヅ m ノ單位面積ニ於ケル水壓ハ my_1 又タ n ニ於ケルモノハ wy_2 故ニ單位時間ニナセシ仕事ハ

$$=dQ.\,w\,y_1-dQ\,w\,y_2=w\,dQ(y_1-y_2)$$

故ニ重力ト水壓トニヨリナサレシ仕事トノ和ハ

$$=\Sigma\left\{w\,dQ(Z+y_2-y_1)+w\,dQ(y_1-y_2)\right.$$

$$=\Sigma(w\,dQ\,Z)=wQZ \quad \cdots\cdots(4)$$

(d) 摩擦抵抗ニ要セシ仕事

先ヅ xx, yy ナル ab ヨリ l ナル距離ニアル極メテ短カキ間隔ヲ dl ヲ有スル2斷面ヲ採リテ考フルニ兩斷面ニ於ケル平均流速ハ約同一ト假定シ得ベク今之レヲ v トス又タ p 及 A ヲ xx 斷面ノ潤邊及流積トス然ル時ハ xx ヨリ yy ニ至ル間ニ毎秒間摩擦ニ抵抗スル爲メ費サレシ仕事ハ

$$=p.\,dl\,v.\,F(v)$$

故ニ ab ト ef トノ間ニ於ケル仕事ハ

$$=\int_0^l p.\ dl\ v.\ F(v)=Q\int_0^l \frac{p}{A}\ F(v)\ dl \cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

即チ(3)(4)(5)ヲ等式ニ置キ

$$kwQ\left(\frac{V_2^2-v_1^2}{2g}\right)=wQZ-Q\int_0^l \frac{p}{A}F(v)\ dl$$

又ハ

$$Z=K.\frac{v_2^2-v_1^2}{2g}+\int_0^l \frac{p}{A}\ \frac{E(v)}{w}\ dl$$

Uniform flow ノ場合ト等シク $\frac{F(v)}{w}=f.\frac{v^2}{2g}$ 及 $\frac{A}{p}=r$ トセバ

$$z=k\frac{v_2^2-v_1^2}{2g}+\int_0^l \frac{f}{r}\ \frac{v^2}{2g}\ dl$$

是レヲ微分式ニ表シ

$$dz=\frac{k}{g}v.\ dv+\frac{f}{2g}\ \frac{v^2}{r}\ dl \cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

又第 127 圖ヨリ　$s.dl.=dz+dh$　ナルニヨリ

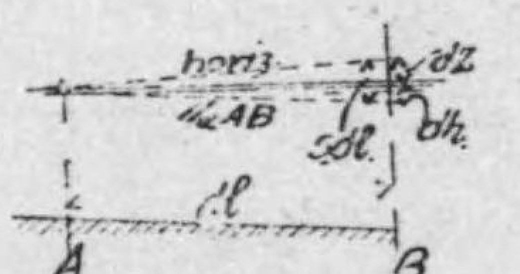


fig.127.

$$S.\ dl.-dh=\frac{k}{g}v.\ dv.+\frac{f}{2g}\ \frac{v^2}{r}dl \cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

又ハ　$\frac{dh}{dl}=S-\left(\frac{k}{g}v.\frac{dv}{dl}+\frac{f}{2g}\ \frac{v^2}{r}\right)$

$\frac{f}{2g}=c^2.$ トシ c ヲ Kutter's formula ヨリ定ムルモ可ナリ本式ニ於テ $v,\ \frac{dv}{dl}.$ 及ビ r ヲ知ルコトヲ得バ水面勾配ヲ求ムルコトヲ得然レドモ水面勾配ハ r 及 v ノ函數ナル故ニ一般的水路ニ對シテハ繁雜ナル試

算法ニヨルノ外ナシ以下便宜四角形ノ水路(或ハ幅ニ比シテ深サ極メテ小ナル河川)ヲ假定センニ

$A.\ v=Q=\text{constant}$

故ニ　$dQ=o$ 即チ　$A.\ dv.+v.\ dA=o.$

又タ　$dA.=b.\ dh.$　　但シ b ハ水路ノ幅トス

$A.\ dv.+v.\ b.\ dh=o.$　　又タ $r=h$ ト見做シ得ル故ニ(7)式ハ

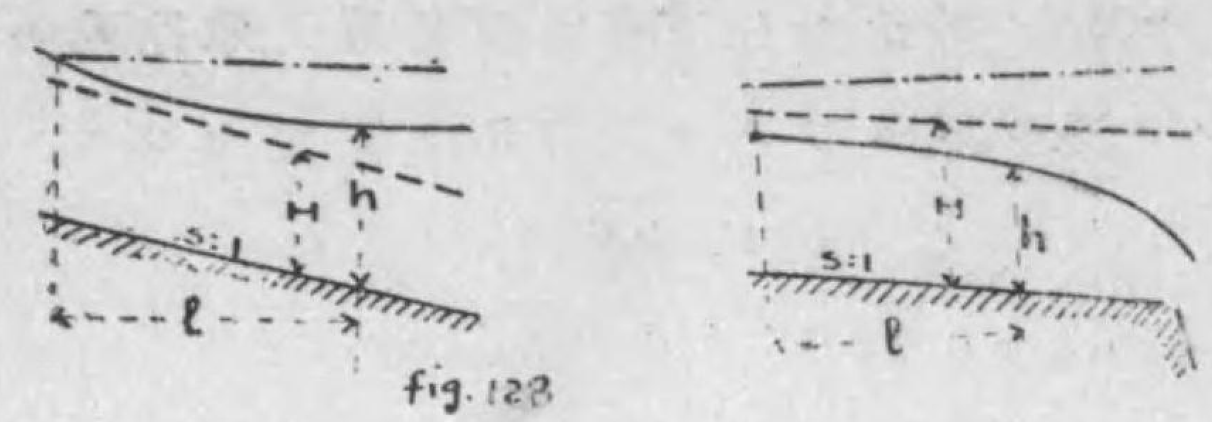
$$S.\ dl.-dh=\frac{-k}{g}.\frac{v^2.\ b}{A}.dh+\frac{v^2}{c^2h}dl.$$

$$\frac{dh}{dl}=\frac{S-{v^2}/{c^2h}}{1-{kv^2b}/{gA}}=\frac{S-{Q^2}/{b^2h^3c^2}}{1-{Q^2}/{b^2h^2}\ {kb}/{gA}} \cdots\cdots\cdots\cdots (8)$$

Uniform flow ニ於テハ $dh=o$ ナル故ニ $S-{v^2}/{c^2h}=0$ 即チ chezy 氏ノ式ニ一致ス即チ　$v=c\sqrt{sh}$　今此ノ場合ニ於ケル水深ヲ特ニ H トセバ　$Q=c\,bH\sqrt{HS}$ ニシテ(8)式ニ代入シ次ノ如ク簡單ナラシムルコトヲ得

$$\frac{dh}{dl}=S\frac{1-\left(\frac{H}{h}\right)^3}{1-\frac{kc^2s}{g}\left(\frac{H}{h}\right)^3}=S\frac{\left(\frac{h}{H}\right)^3-1}{\left(\frac{h}{H}\right)^3-\frac{kc^2s}{g}} \cdots\cdots\cdots\cdots (9)$$

(9)ノ中央項ニ就テ H ト h トノ比ニ關シ dh ガ(+)ニナリ或ハ o 或ハ負ニナル場合アルヲ相像スベシ即チ H<h ナル時ハ dh ハ(+)ニシテ水面ハ Uniform flow ノ水面ト水平線トヲ漸近線トセル curve 即チ Backwater curve (脊水曲線)トナリ H=h ノ時ハ Uniform flow 又



(A) (B)

タ H>h ナル時ハ dh 負ニシテ恰モ B 圖ノ如ク急激ニ水ヲ落ス如キ場合ニシテ Drop-down curve(沈下曲線)ト云フ

又タ $\frac{h}{H}=m.$ ト置ケバ $\frac{dh}{dm}=H$ ナルニヨリ移項ノ結果

$$\frac{dl}{dm}=\frac{H}{s}\left(1+\frac{1-kc^2s/g}{m^3-1}\right)$$

積分シテ

$$l=\frac{H}{s}m.+\frac{H}{s}(1-kc^2s/g)\int\frac{dm.}{m^3-1}$$

茲ニ $\int\frac{dm}{m^3-1}=\frac{1}{2}\int\left(\frac{m+1}{(m^2+m-1)(m-1)}-\frac{1}{m^2+m+1}\right)dm.$

$$=-\frac{1}{2}\left\{\frac{1}{3}\log_e\frac{m^2+m+1}{(m-1)^2}+\frac{2}{\sqrt{3}}\tan^{-1}\frac{2m+1}{\sqrt{3}}\right\}=-F(m)$$

故ニ

$$l=\frac{H}{s}m-H\left(\frac{1}{s}-\frac{kc^2}{g}\right)(F_{(m)})+c \quad\cdots\cdots\cdots\cdots(10)$$

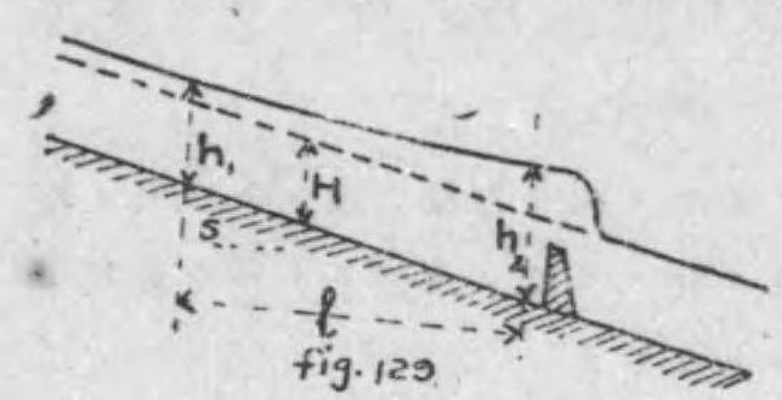
是レヲ backwater curve ニ對スル等式ナリトス

今川ヲ横ギリ dam ヲ設ケタル其ノ場所ニ生ジタル水深ヲ h_2 トシ其レヨリ上流 l ナル距離ニ於ケル

水深ヲ h_1 トセバ各別ニ(10)式ニ入レ其ノ差ヲ求ムレバ可ナリ仍テ C ヲ除クコトヲ得從ツテ

$$l=\frac{h_2-h_1}{s}+H\left(\frac{1}{s}-\frac{kc^2}{g}\right)\left\{F\left(\frac{h_1}{H}\right)-F\left(\frac{h_2}{H}\right)\right\}\cdots\cdots(11)$$

本式ハ Backwater curve ノ任意ノ距離ト其ノ水深トノ關係ヲ表ハスモノナリ脊水曲線ハ上流最終迄續ケルモノナル故ニ Backwater limit



(脊水界)ヲ計算セントスル時ハ其ノ地形ニ應ジ h ノ大サヲ適當ニ定メテ上式 l ヲ求ムルヲ普通トス

$F\left(\frac{h}{H}\right)$ ノ値ヲ計算シタル表ハ次ノ如シ

$\frac{H}{h}$	$F\left(\frac{h}{H}\right)$	$\frac{H}{h}$	$F\left(\frac{h}{H}\right)$	$\frac{H}{h}$	$F\left(\frac{h}{H}\right)$	$\frac{H}{h}$	$F\left(\frac{h}{H}\right)$
0.998	1.952	.946	.854	.82	.454	.58	.183
.996	1.721	.942	.830	.81	.437	.56	.169
.994	1.586	.938	.808	.80	.420	.54	.156
.992	1.490	.934	.787	.79	.404	.52	.144
.990	1.416	.930	.768	.78	.389	.50	.132
.988	1.355	.926	.749	.77	.374	.48	.121
.986	1.304	.922	.732	.76	.360	.46	.110
.984	1.259	.918	.715	.75	.347	.44	.100
.982	1.220	.910	.684	.74	.334	.42	.091
.980	1.185	.906	.670	.73	.322	.40	.082
.978	1.153	.902	.656	.72	.310	.38	.074
.974	1.097	.89	.617	.71	.299	.36	.066
.970	1.050	.88	.588	.70	.288	.34	.059

.966	1.008	.87	.562	.68	.268	.32	.052
.962	.971	.86	.537	.66	.249	.28	.040
.958	.938	.85	.515	.64	.231	.20	.020
.954	.903	.84	.493	.62	.214	.10	.005
.950	.880	.83	.473	.60	.198	0	0

Kノ値ハ1以上1.3位ニシテ尚研究ヲ遂ケザレバ精確ナル價ヲ定メ難シ Merriman 氏ハ初メヨリ是レヲ考ヘズ Boevy 氏ハ 1.1 ニ取レリ

今一例トシテ5呎ノ深サニテ流ル、川ニ堰堤ヲ設ケテ10呎ノ深サニ達シタル時上流何程ノ距離ニ於テ6呎ノ水深トナルヤ此川ノ元勾配ハ 0.000189 ニシテ C=65 ナリトス

$$H=5.\quad h_2=10.\quad h_1=6.\quad \frac{1}{s}=5291.\quad k=1.\quad \frac{c^2}{g}=131$$

$\dfrac{H}{h_2}=0.5$ 故ニ前表ヨリ $F\left(\dfrac{h_2}{H}\right)=0.132$

$\dfrac{H}{h_1}=0.833$ ナル故ニ $F\left(\dfrac{h_1}{H}\right)=0.479$

故ニ $l=5291\times(10-6)+5(5291-131)(0.479-0.132)=30125'$.

又本問題ニ於テ $d_1=5.2'$ ナル原水位ヨリ堰堤築造ノ爲メ 0.2 呎ノ水面隆起ニ止メン爲メニハ堰堤ニ於ケル水深ヲ何程ニスベキカハ

$$30125=5291\,(d_2-5.2)+25800\left(0.9709-F\left(\frac{h_2}{H}\right)\right)$$

又ハ $\quad 32590=5291h_2-25800\,F\left(\dfrac{h_2}{H}\right)$

此ノ解決ハ試算ニヨラザル可カラズ

$h_2=8.0$ トセバ $F\left(\dfrac{h_2}{H}\right)=0.218$ 左邊ノ差 $36700-32590=4110=e$

$h_2=7.0$ 〃 $=0.305$ $29200-32590=-3390$

$h_2=7.4$ 〃 $=0.263$

直角軸ニ於テ第129圖ノ如ク三点ヲ取ルコトニヨリ略正確ナル値ヲ求ムルコトヲ得ベシ

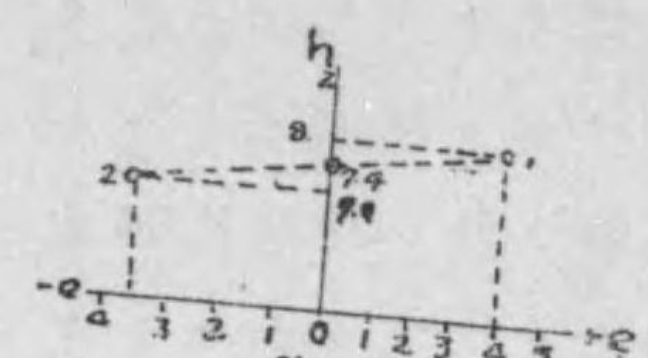


fig 129,

自然河川ニ堰堤ヲ築キタル場合生ズル水位ノ隆起ニ關シ(11)ニ得タル等式ハ往々理論的式トシテ用ヒラル、ヲ見レドモ種々ナル假定ニ根基シ其ノ得タル結果ハ自然河川ニ對シ果シテ適當ナルヤ否ヤ蓋シ疑問ト云ハザル可カラズ又下ニ擧グル如キ Non-uniform flow ト考ヘズシテ計算セラルル、便法アリ

1). 脊水曲線ヲ抛物線ナリト假定スルモノニシテ係案河川ニ關シ未ダ具体的調査ヲ遂ケザル場合ハ極メテ便法トシテ用ヒラレ寧ロ安全ナル結果ヲ得ルモノト稱セラル (Parabolic method)

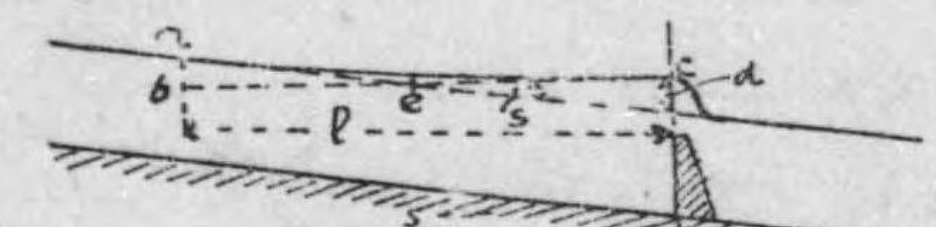


fig.130.

ac 曲線ハ c ニ項点ヲ有スル parabola ニシテ從ツテ

$$ce = eb = \frac{\overline{cd}}{s}$$

故ニ $\quad l = 2\dfrac{\overline{cd}}{s}$

スタ c ヨリ上流 x ナル距離ニ於ケル水位ノ高マリ $y = \overline{cd} - sx + \dfrac{s^2 s^2}{4\,\overline{cd}}$ ヨリ求ムルコトヲ得

尙他ニac曲線ヲ直線圓孤等ニ假定シタルモノアリ(willcock's method 等)

2). 堰堤築造前ノ各水位ヲ知ル時ハ築設後同水量ニ對スル隆起水位ハ次ノ如クシテ定ムルコトヲ得

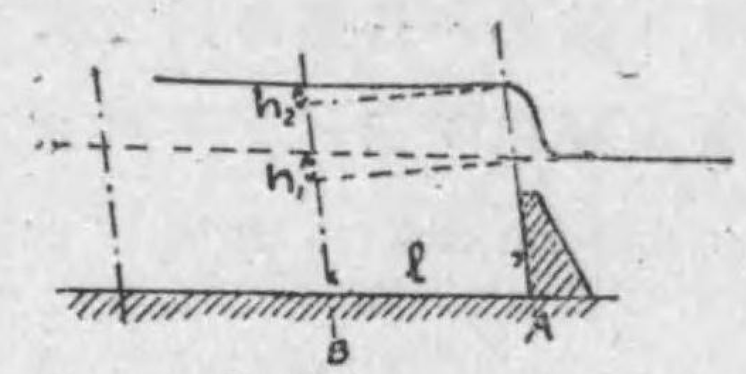


fig 131.

一例トシテBナル斷面ヲ取リテ考フルニ築造前ノ流積·潤邊·係數ヲ夫々 A_1. p_1. c_1 トシ

$$Q \doteqdot c_1\sqrt{R_1 S_1}\,A_1 \quad \text{又ハ} \quad Q^2 = c_1^2 A_1^3 \frac{h_1}{l p_1}$$

堰堤築造後ニ於テハ

$$Q^2 = C_2^2 A_2^3 \frac{h_2}{l p_2}$$ ニシテ前式ト對照シ h_2 ヲ求ムレバ

$$h_2 = \frac{C_1^2 A_1^3 P_1}{C_2^2 A_2^3 P_2} h_1$$

ヨリ h_2 ヲ求メ斯クノ如クC.D斷面ニ及ボシ脊水曲線ヲ折線的ニ求ムルコトヲ得概略ヲ求ムル塲合ハ $C_1 = C_2$ トスルモ可ナリ

原水位ノ明瞭ナラザル時ハ先ヅA斷面ノ流積ヲAトシ潤邊ヲpトシBニ於ケル兩岸ヲ假リニ .75 to 1

ノ勾配トシBニ於ケル水面幅ヲb其ノ高マリヲhトセバ同斷面ニ於ケル徑深Rハ

$$R = \frac{A + bh}{p + 2\sqrt{h^2 + (0.75h)^2}} = \frac{A + bh}{p + 2.5h.}$$

又 $s = \frac{h}{l}$ ナル故ニchezy氏公式ニヨリ

$$v^2 = c^2 \frac{A + bh}{p + 2.5h.} \; \frac{h}{l}$$

解キテ $$h = \sqrt{\frac{pl}{bc^2} v^2 + \left(\frac{A}{2b} - \frac{1.25l}{bc^2} v^2\right)} = \left(\frac{A}{2b} - \frac{1.25l}{bc^2} v^2\right)$$

本式ニ夫々A.B斷面ノdataヲ代入シテhヲ求メ更ニKutter氏公式等ヲ用ヒQヲ求メ與ヘラレタル流量ニ一致スルヤ否ヤヲ確メツヽ順次上流ニ及ボスモノトス(Lyndon's - Hydro-electric power.)

3). Reuhlmann's formula. etc. (リユールマン氏公式其他)

Ruehlmann 氏公式ハ

$$l = \frac{H}{s}\left\{ F\left(\frac{y_2}{H}\right) - F\left(\frac{y_1}{H}\right) \right\}$$

括弧內ノ値ハ上記Merriman氏ノモノト異ナリ次表ノ如シ但シ y_2 ハdamニ於テ高メラレタル水深 y_1 ハ上流 l ナル距離ニ於ケル同上H.Sハ上記ノ通リナリ又タBackwaterノ限界ヲ知ラントセバ $F\left(\frac{y_1}{H}\right) = 0$ トシ

$$l = \frac{H}{s} F\left(\frac{y_2}{H}\right)$$ ヨリ見出シテ可ナリ

$\frac{y}{H}$	$F\left(\frac{y}{H}\right)$	$\frac{y}{H}$	$F\left(\frac{y}{H}\right)$	$\frac{y}{H}$	$F\left(\frac{y}{H}\right)$
0.01	0.007	.40	1.152	.80	2.050
.05	.570	.45	1.588	.85	2.110
.10	.835	.50	1.661	.90	2.168
.15	1.005	.55	1.731	1.00	2.284
.20	1.136	.60	1.798	2.00	3.359
.25	1.246	.65	1.863	3.00	4.384
.30	1.343	.70	1.927	4.00	5.396
.35	1.431	.75	1.989	5.00	6.412

尙他ニ Grashof-Bresse 及ビ Tolkmitt ノ方式アリ何レモ表ヲ利用スルモノナリ詳細ハ君島博士著渠工ニアリ參照ヲ乞フ

Drop-down curve

fig 151.

瀧ノ上流ニ於ケル又タ極メテ急勾配ヲ水ノ落下スル時水面ニ生ズル曲線ニシテ理論ハ(11)式ト變リナシ

$$l=\frac{h_1-h_2}{s}+H\left(\frac{1}{s}-\frac{kc^2}{g}\right)\left\{F\left(\frac{h_1}{H}\right)-F\left(\frac{h_2}{H}\right)\right\}$$

但シ h ハ H ヨリ大ナル故ニ backwater curve ノ表ヲ用フル能ハズ仍テ次表ニヨルベシ

$\frac{h}{H}$	$F\left(\frac{h}{H}\right)$	$\frac{h}{H}$	$F\left(\frac{h}{H}\right)$	$\frac{h}{H}$	$F\left(\frac{h}{H}\right)$	$\frac{h}{H}$	$F\left(\frac{h}{H}\right)$
0.999	2.183	.940	.798	.800	.346	.50	—.088
0.995	1.645	.930	.743	.780	.306	.45	—.144

.990	1.413	.920	.695	.760	.270	.40	—.198
.985	1.276	.910	.653	.740	.235	.35	—.251
.980	1.178	.900	.614	.720	.202	.30	—.303
.975	1.102	.880	.546	.70	.171	.20	—.404
.970	1.040	.860	.487	.65	.099	.10	—.505
.960	.940	.840	.435	.60	+.033	0	—.605
.950	.862	.820	.389	.55	—.029		

10). Channel with horizontal bed (水平底面ヲ有スル水路)

前項(8)式ヨリ $S=o$ トシ

$$\frac{dl}{dh}=-\frac{c^2b^2d^3}{Q^2}+\frac{kc^2}{g}$$

h_1 及 h_2 ヲ限界トシテ積分シテ

$$l=\frac{c^2b^2}{4Q^2}(h_1^4-h_2^4)-\frac{kc^2}{g}(h_1-h_2)\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

今 $Q=20$ 立方呎/秒　$b=5'$.　$c=89$.　$h_1=2'.o$　$h_2=1'.91$. $k=1$. トセバ $l=317'$.

(1)式ヨリ d ヲ水深ノ差トセバ

$h_1=h_2+d$. トシ

(1)式ハ

$$l=\frac{c^2b^2}{4Q^2}(4dh_2^3+6d^2h_2^2+4d^3h_2+d^4)-\frac{kc^2}{g}d.$$

l ヲ短カク取レバ d^2 以上ハ無視スルモ可ナリ仍テ

$$l=\frac{c^2b^2}{4Q^2}(4\,d\,h_2^3)-\frac{kc^2}{g}\,d.$$

$$Q=\sqrt{\left(c^2A^2h_2-\frac{Q^2kc^2}{g}\right)\frac{d}{l}}=c\sqrt{\left(A^2h_2-\frac{Q^2k}{g}\right)s.}$$

本式ニヨリ horizontal bed ヲ有スル水路ノ流量ヲ知ルコトヲ得

11). Change of sections (斷面變化)

1°. 水路ノ底勾配ニシテ steady flow ガ b_1 ナル幅ヨリ b_2 ナル幅ニ漸次減小シタル場合ニ生ズル水位ノ差

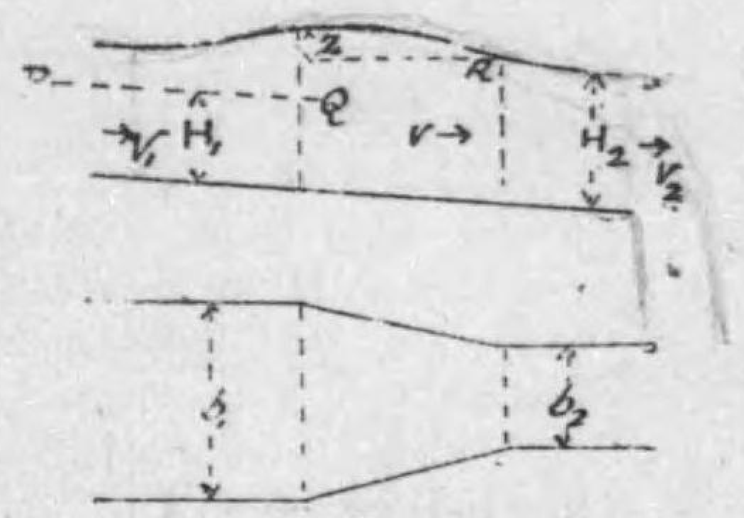


fig. 132

PQハ廣キ部分ニ於ケル uniform flow ノ水位

H_2 ハ狹キ部分ニ於ケル同上

今潤邊ニ於ケル摩擦ヲ無視シテ

$$z+H_1+\frac{v_1^2}{2g}=H_2+\frac{v_2^2}{2g}$$

$$z=H_2-H_1+\frac{v_2^2-v_1^2}{2g}$$

2°. 上記ノ問題ニ於テ b_1 ヨリ b_2 ニ漸減シ更ニ短キ距離ニ於テ b_1 ニ復歸セル場合ニハ

$$z=k.\frac{v^2-v_2^2}{2g}$$

K=1.1 ヲ取リテ可ナリ

1° 2° 共ニ右邊 v 又ハ v_1 ヲ計算スル爲メニ z ヲ考ヘニ入ル丶ヲ要スル故ニ z ヲ計算スル場合ハ試算

ニヨラザル可カラズ

Pier obstruction ノ場合

$$z=k\frac{v^2-v_1^2}{2g}=\frac{kQ^2}{2g}\left(\frac{1}{A^2}-\frac{1}{A_1^2}\right)$$

但シAハ pier 等ニテ狹メラレタル殘リノ流積 A_1 ハ pier ノスグ上流ニ於ケル流積ニシテ築造前ノ流積ニ pier ニヨリ高メラレタル水深ニ相當セル流積ヲ加ヘタルモノナリ今築造前ノ流積ヲ A_o トシ pier ニヨリ減セラル丶流積ヲ a トシ橋脚上流ニ於ケル川ノ水面幅ヲ b トシ築造後高メラル丶水位ヲ Z ヲ以テ表ハセバ

$Q=V_oA_o$　但シ築造前ノ平均流速ヲ V_o トス

$A=A_o-na$　n ハ主トシテ pier ノ上下兩端形狀ニヨリ異ナル係數

$A_1=A_o+bZ$

上式ニ代入セバ

$$Z=k\frac{Q^2}{2g}\left\{\left(\frac{1}{A_o-na}\right)^2-\left(\frac{1}{A_o+bz}\right)^2\right\}$$

$$=k\frac{v^2}{2g}\left\{\left(\frac{1}{1-\frac{na}{A_o}}\right)^2-\left(\frac{1}{1+\frac{bz}{A_o}}\right)^2\right\}$$

普通 K=1.1 若シクハ $\frac{K}{2g}$ =0.017 又 n ハ尙實驗ニ俟タザル可カサルモ川心ニ設ケタル四角ノ Pier ハ 2 乃至 3 ニ取ルヲ可トスルガ如シ(例題參照)

Merriman 氏ハ (Treatice on Hydraulics. 10th edition)

$$Z=\frac{Q^2}{2g}\left\{\left(\frac{1}{cA}\right)^2-\left(\frac{1}{A_1}\right)^2\right\}=\frac{v^2}{2g}\left\{\left(\frac{A_0}{cA}\right)^2-\left(\frac{A_0}{A_1}\right)^2\right\}$$

$$c=0.75+0.35\frac{A}{A_0}-0.10\left(\frac{A}{A_0}\right)^2$$

Navier　氏ノ實驗ニヨレバ

四角ノ端ヲ有スルモノハ	$c=0.85$
三角形ノモノハ	$=0.90$
半圓形ノモノハ	$=0.95$

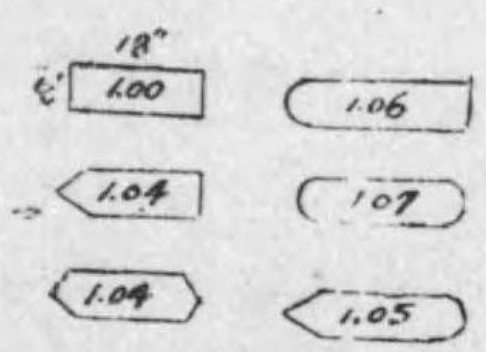


fig. 133

Negler　氏ノ實驗ニ於テ三十五種 pier ノ形ニ就キ研究シタル結果ニ基キ內實用的ノ形ニ對シ c ナル係數ノ比ヲ四角ヲ單位トシ示セバ次ノ如シ (Trans. of. Am. So. of. C. E. 1917)

兩端半圓形ノモノ最良ニシテ兩端四角ノモノニ比シ7%大ナリ

12). Bend of channel (水路ノ曲リ)

水路ノ曲線部ニ於テ外側ノ水位ガ內側ニ比シ高キハ常ニ吾人ノ經驗スル所ナリト雖モ其ノ理論ニ就テハ未ダ明瞭ナル解決ヲ見ズ今P点ノ水滴ヲ考ヘンニPナル

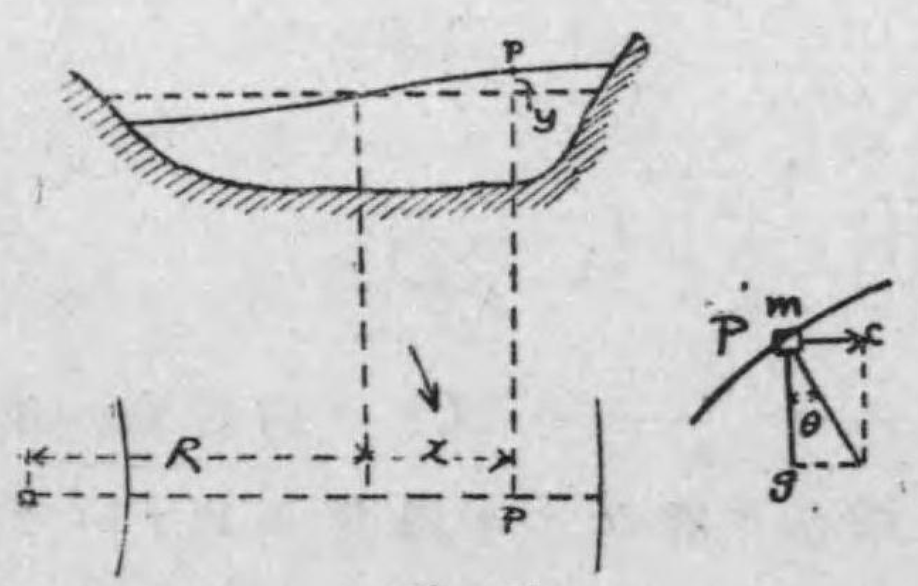


fig. 134.

水ノ分子ハ重力ト遠心力トニヨリテ左右ニ移動スベキ故ニ該二力ノ合成力ガ水面ノ方向ニ直角ナル如キ位置ニ於テ平衡ヲ保ツニ至ルベシ

即チ　Centrifugal force $=\dfrac{m\,v^2}{R+x}$

Gravity　force $=mg$

即チ水面ノ方向

$$\frac{dy}{dx}=\tan\theta=\frac{m v^2}{R+x}\Big/mg=v^2/(R+X)g$$

故ニP点ノ高マリハ

$$y=\int dy=\int\frac{v^2}{g}\frac{dx}{R+X}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

v ヲ斷面全部ニ同一ナリト假定セバ

$$y=\frac{v^2}{g}\log(R+X)+C.$$

$$x=0\quad y=0\quad ナル故ニ\quad C=-\frac{v^2}{g}\log R.$$

$$y=\frac{v^2}{g}\log\left(1+\frac{x}{R}\right)=0.0715\,v^2\log\left(1+\frac{x}{R}\right)$$

曲部ノ外岸ニ於ケル高マリヲ h トセバ

$$h=0.0715\,v^2\log\left(\frac{b}{2R}\right)$$

$\dfrac{b}{2R}$ ノ小ナル時ハ略　$h=0.0715\,v^2\left(\dfrac{b}{4R}\right)$ トスルモ可ナリ

然レドモ水路ニ於ケル流速ガ平等ニ v ナリトノ假定ハ多クノ場合實際ト隔ルコト遠ク又タ平均流

速ヲ用ヒタリトスルモ尙誤差ヲ生ズルヤ言ヲ俟タズ本章ノ初メニ述ベシ如ク水路ノ流速變化ハ未ダ研究全カラズシテ實地每ニ觀測スルノ外ナシ特ニ曲線部ニ於テハ遠心力ニ基ク橫流ヲ生ジ且ツ水路ノ斷面ヲモ不規則ニ陷ラシムル故ニ正整ナル人工的水路ヲ除キテハ恐ラク一律ニ解決セシコト困難ナルベシ從ツテ河川ニ於テハ(1)式 v ヲ x ノアル函數トシテ表シ積分スルカ又タハ初メヨリ略式積分方法ニヨル外ナカルベシ

13). Unsteady flow (不定流)

アル一定斷面ニ於ケル流速水位常ニ變化スル如キ flow ヲ unsteady flow ト云ヒ其ノ理論ハ可ナリ複雜ナルモノナリ河川ノ出水時ニ於ケル水流ノ狀況ハ時々刻々水位及流速ノ增減アリテ正ニ unsteady flow ナルヲ以テ正確ナル流量ハ勿論本解法ニヨラザル可カラズ然レドモ理論複雜シテ略値ヲ得ルニ過ギサルヲ以テ極メテ急激ナル變化ナラザル限リ短時間ヲ標準トシテ恰モ定流ノ如ク見做シ且ツ小區間ノ直線部ヲ撰ビテ uni-

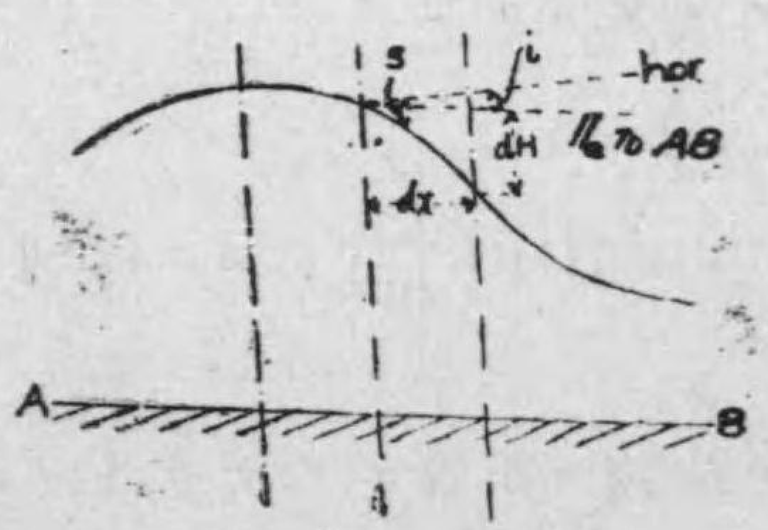


Fig. 135.

form flow ノ如ク考ヘ大略計算シテ實際上差支ナキ場合尠カラズ

今 A ナル斷面ニ於ケル Mean velocity ヲ v トシ Uniform steady flow ノ勾配ヲ i (又ハ河床勾配)又タ前後 l ナル距離ニ於ケル流速ヲ v_1 v_2 トセバ S ヲ水面ノ勾配トシ

$$S = \frac{v^2}{C^2R} + \frac{1}{g}\left[\frac{dv}{dt} + \frac{v(v_2 - v_1)}{l}\right]$$

(Wasserbaus 1 Band p 414.)

l ヲ短カク取ル時ハ多クハ約 $v_2 = v_1$ ナル故ニ大略

$$S = \frac{v^2}{C^2R} + \frac{1}{g}\cdot\frac{dv}{dt} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

A ナル Section ニ於ケル velocity ノ時間的變化ヲ知ル時ハ $\frac{dv}{dt}$ ヲ計算シ得ル故ニ S ヲ見出シ得ルモ逆ニ v ヲ見出スコト困難ナリ $\frac{dv}{dt}$ ノ値ハ第一項ニ比シ極メテ小ナル故ニ先ヅ之レヲ無視シ

$$S = \frac{v^2}{C^2R}$$

又タ圖ヨリ i ヲ低水面ノ勾配トシ

$$S = i + \frac{dH}{dx}.$$

即 $$S = i + \frac{dH}{dx} = \frac{v^2}{C^2R}$$

又タ $$v^2 = c^2\left(i + \frac{dH}{dx}\right)R$$

ヨリ $\frac{dv}{dt}$ ノ略值ヲ求メ(1)式ニ入レテ $\frac{dH}{dt}$ ヲ知レバ

vヲ求メ得ル式ヲ得レドモ可ナリ複雜ナリ今極メテ簡單ニ大略ヲ得ル方法ヲ述ベンニ

$$S = i + \frac{dH}{dx}.$$

波ノ傳波速度ヲwヲ示セバ $dx = w.dt$ ナル故ニ

$$S = i + \frac{1}{w}\frac{dH}{dt}.$$

$\frac{dH}{dt}$ 小ナル時ハchezy氏式ヲ用フルモ差支ナカルベキ故ニ

$$v = c\sqrt{R.\left(i + \frac{1}{w}\frac{dH}{dt}\right)}$$

又ハ $$v = \frac{c}{\sqrt{w}}\sqrt{R\left(iw + \frac{dH}{dt}\right)}$$

wハ川心ニ沿ヒ設ケタル數個所ノ量水標ニ於テ水位,時間,距離ヨリ求メ得ル數又 $\frac{dH}{dt}$ ハ其ノ斷面ニ於ケル水位ノ時間的變化ナリ

有潮河川ニ於テ平時ノ潮流モ亦大略上記ノ式ヲ以テ求メ得ルモ著者ノ調査シタル河川ニ於テハ大約次ノ式ヲ以テ表シ得タリ

$$v = c\left\{v_0\frac{R_0^2}{R^2} \pm \triangle H\right\}^n.$$

$\triangle H$ ハ一時間單位ノ潮位ノ差 v_0. R_0. ハ最干潮時ニ於ケル流速及徑深 v. R. ハ任意ノ時ニ於ケル流速,徑深Cハ係數ニシテ1ナリキ. 本式ニヨリテ得タル流速ト實測流速トノ對照圖ハ第136圖ノ如シ

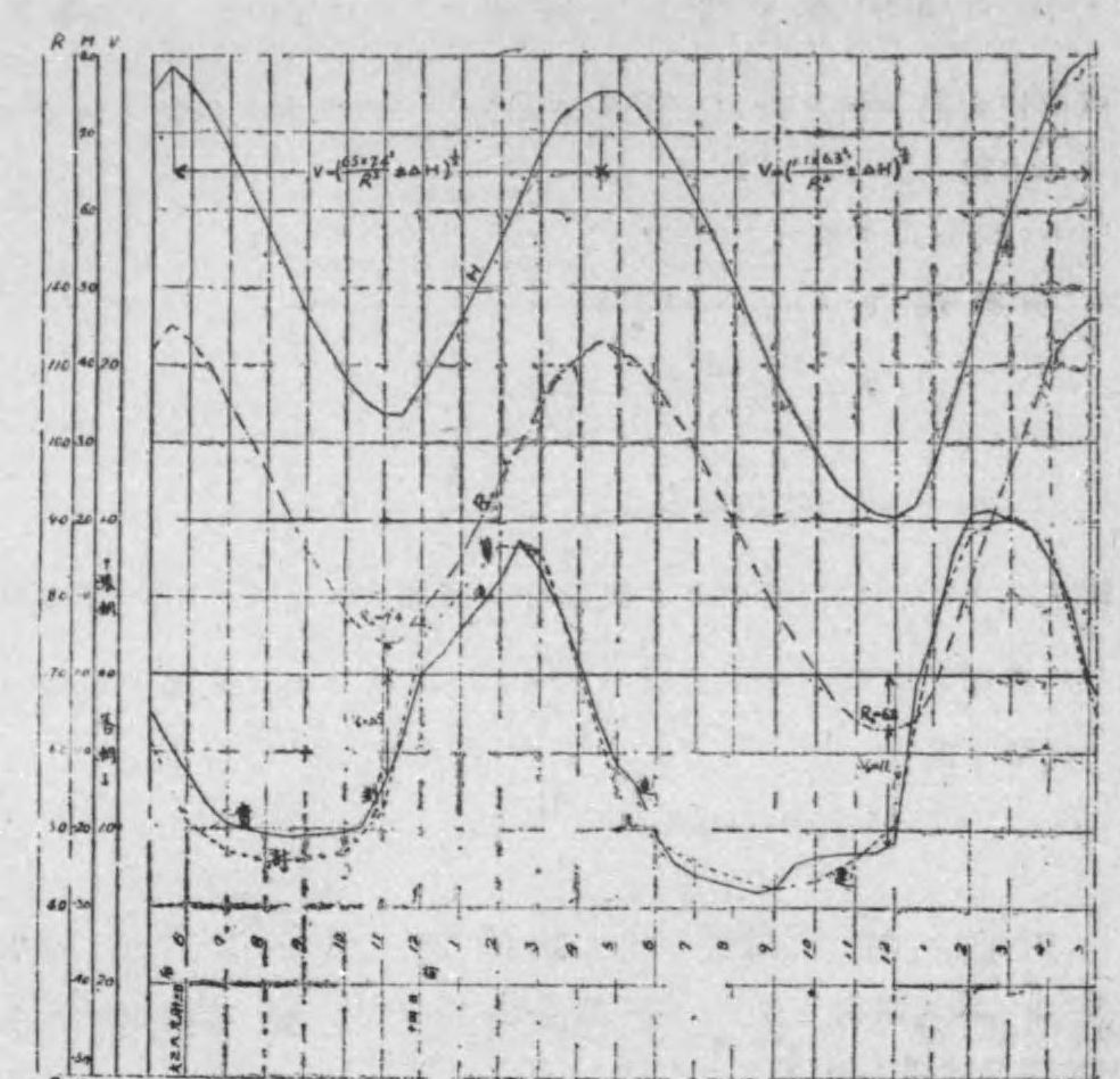


Fig 136.

nハ1ヨリ$\frac{1}{2}$迄變化スルモ如キモ上記圖表ニ於テハ流速0.5呎/秒以下ハ1其レ以上ハ$\frac{1}{2}$ヲ取レリ

但シ本式ハ尚他ノ種々ナル河川ニ於ケル實驗ヲ經ルニアラザレバ容易ニ眞ヲ定メ難シ

本圖表ハ低水時ニ於ケル水面勾配約$\frac{1}{3000}$流域面積10平方里ヲ有スル惡水路ニ於ケル實測ノ一部ナリトス

14). Illustrative Example (例題)

兩岸法勾配1割水面勾配(水路勾配) $\frac{1}{2000}$ 500立方呎毎秒ノ流量ニ對スル水路ヲ設計セヨ但シ

Kutter氏公式ヲ用ヒ　n=0.015 トス

fig. 116 ヨリ　$p=l+2dy=b+2.82d.$

$$A=\frac{2b+2d}{2}\times d=(b+d)d.$$

$$R=\frac{b+d}{b+2.82d}d.$$

假リニ V=5.0 トシ必要ナル斷面積ヲ計算スルニ $\frac{500}{5}=100$ 平方呎而シテ水深ヲ4呎トセバ底幅ハ $\frac{100}{4}-4=21$ 故ニ先ヅ底幅ヲ20呎トシテ計算ヲ進ム

$$A=(20+4)\times 4=96$$

$$R=\frac{96}{20+2.82\times 4}=3.06$$

Manning氏ノ圖表ヨリ V=4.75 故ニ Q=96.×4.75=456 立方呎/秒　又タ Kutter氏公式圖表ヨリ N=3.8　D=0.7

$$v=\frac{N\ R}{\sqrt{R}+D}=\frac{3.8\times 3.06}{1.75+0.7}=4.7 \text{ 呎/秒} \quad Q=96.\times 4.75=451.$$

兩氏何レノ公式ニヨルモ其ノ結果ハ相似タリ然レドモ尙與ヘラレタル 500立方呎ヨリ小ナル故ニ水深ヲ 4.5 呎トセバ仝樣ニ

Manning 氏公式ヨリ　V=5.0　　Q=110.×5.=550.

Kutter　氏　〃　　V=5.0　　Q=　　〃

500 立方呎ニ比シ大ナル故ニ水路ヲ設計スル場合ニハ多ク此ノ斷面ニテ安全ナリト雖モ尙 500 立方呎ニ接近セシメンニハ更ニ水深ヲ 4.3 呎トシ

Manning 氏公式ヨリ　V=4.9　　Q=104.5×4.9=512

Kutter　氏　〃　　〃　　〃　　〃

尙接近セシメントセバQト水深トヲ直角座標軸ニ表ハシ與ヘラレタル 500 立方呎ニ對スル水深ヲ求ムレバ可ナリ

(2) 水深4呎水面幅20呎底幅12呎ナル水路ニ於テ Bazin 氏公式ヲ用ヒ氷結シタル場合ト然ラザル場合トヲ比較セヨ

普通土床水路ニ對スル Bazin 氏公式ノ係數　　m=2.35

極メテ滑カ即チ氷ノ面ニ於ケルモノト假定セル　m=0.109

平素ノ $p=12+2\times\sqrt{4^2+\left(\frac{20-12}{2}\right)^2}=23'.3$

氷結シタル時ノ係數ハ

$$\frac{23.3\times 2.35+20.0\times .109}{23.3}=2.43$$

$$A=\frac{20+12}{2}\times 4=64 \text{ 平方呎}$$

平素ノ p=23.3 又タ $R=\frac{64.}{23.3}=2.74$

故ニ Bazin 氏公式ヨリ

氷結セザル時ハ　$c=\dfrac{157.6}{1+\dfrac{2.35}{\sqrt{2.74}}}=65.2$

氷結シタル時ハ　$c=\dfrac{157.6}{1+\dfrac{2.43}{\sqrt{2.74}}}=64.6$

$Q=C\sqrt{RS.}$ ナル故ニQハCニ比例ス即チ表面平滑ナル氷結ハ1%ノ流量ヲ減少ス

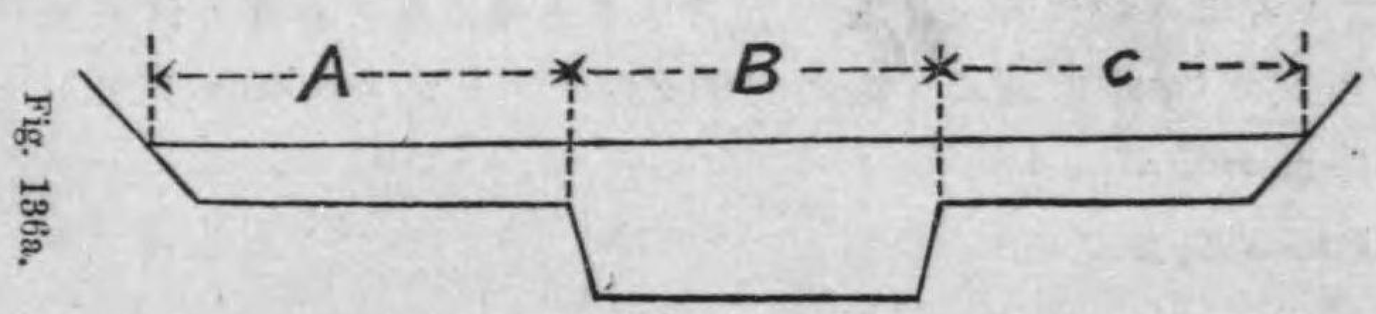


Fig. 136a.

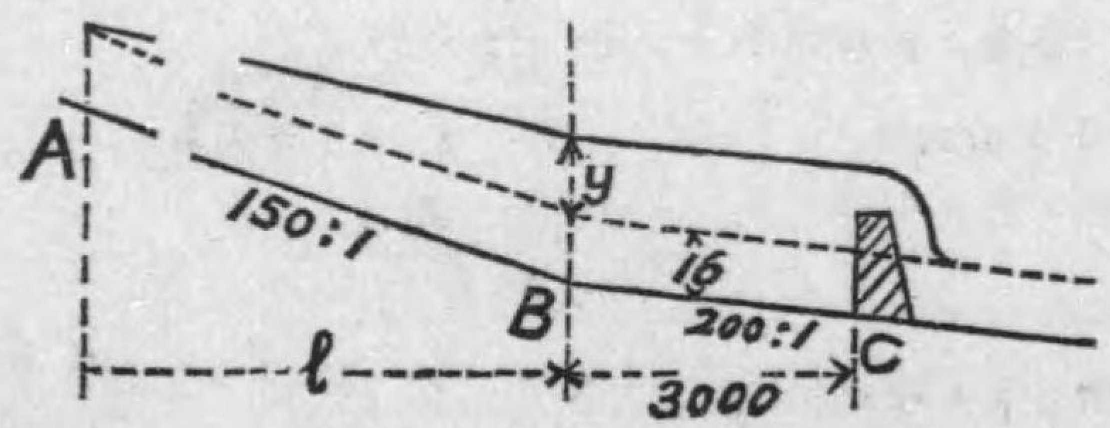
(3) 今洪水敷ト低水敷トニ分タレタル河川ニ於テ流量ヲ計算センニ洪水敷ニ於ケル粗度係數 n=0.04 低水敷ヲ n=0.025 トシ水深ヲ夫々5.呎15呎トシ 30,000 立方呎毎秒ヲ流シ得ル水路勾配ヲ見出ス但シAノ長サ 100. Bノ長サ 250 呎 Cノ長サ 150 呎　Rハ約水深ト相等シト假定ス　$S=\frac{1}{20000}$ ト假定シ Kutter 氏式ヨリ

Aノ部分ニ對シ	V=2.4	A=500	Q=500×2.4=1200
B 〃	=8.3	=3750	=31130
C 〃	=2.4	=750	=1800
		計	34130

又タ $S=\dfrac{1}{2500}$ トセバ

Aニ對スル	Q= 27750
B 〃	= 1100
C 〃	= 1650
計	30502

即チ約2500分ノ一ヲ以テ可トス元來公式ハ必ズシモ正確ナルモノニアラザル故ニ成ルベク安全ノ側ニ計畫シ多少ノ數値ニ增加アルハ差支ナキモノナリ



Fig· 136b.

(4)流量27,000立方呎/秒ヲ有スル河川ヲ横ギリ平均河床上高25呎ノ堰堤ヲ築設スルモノトス但シ河床ハ堰堤ヨリ上流3000呎ノ間ハ$\dfrac{1}{200}$ノ勾配ニシテ其レ以上ハ$\dfrac{1}{150}$ナリ又タ築造前ノ水深ハ何レモ16呎ニシテChezy氏公式ニ於ケルCハ60ナリトシBackwaterノ及ボス限界点ヲ求ム

Francis 氏公式ヨリ

$$Q=3.33\times LH^{\frac{3}{2}}\left\{1+0.26\left(\frac{LH}{A}\right)^2\right\}$$

$Q=27,000$ cu. ft/sec　$L=270.^{ft}$　$A=250\times20=5000$ sq.ft トシHヲ求レバ先ヅ活孤内ヲ除キ(P 110堰ノ流量圖表ヨリ)

$$Q=3.33\ L\ H^{\frac{3}{2}} \quad ヨリ \quad H=9.'65$$

又タ Q=9.'3 トセバ

$$Q=3.33\times270\times9.3^{\frac{3}{2}}\left\{1+0.26\left(\frac{270\times9\cdot3}{5000}\right)^2\right\}=27171.\ {}^{cu.ft}/_{sec}$$

故ニ9.3ヲ以テ溢流水深トス從ツテdamノ爲メニ高メラルヽ水深ハ25.+9.3−16=18.3最モ簡易ナル拋物線ノ方法ニヨリ

$$y=18.3-.005\times3000+\frac{3000^2}{200^2\times4\times18.3}=6.'02$$

即チBニ於テ高メラルベキ水深ハ6.'02ナリ又タ此ノ隆起ノ上流ニ及ボス距離lハ

$$l=2\times6.02\times150=1806.'$$

ナリトス又タ是レヲ Merriman 氏ニヨレバ

$$l=\frac{h_2-h_1}{s}+H\left(\frac{1}{s}-\frac{kC^2}{g}\right)\left\{F\left(\frac{h_1}{H}\right)-F\left(\frac{h_2}{H}\right)\right\}$$

ナル式ヨリヲ $l=3000'$　$h_2=18.3+16=34.2.$　$k=1.0$　$S=\dfrac{1}{200}$　$C=60$　$g=32.2$ ヲ挿入シ試算ニヨリテh_1ヲ求ム即チ

$$h_1=4.5+16=20.5 \qquad \frac{H}{h}=\frac{16.0}{20.5}=.790$$ 是レニ對スル $F\left(\dfrac{h}{H}\right)=0.404$

故ニ

$$l=6676.3-200\times20.5+1411.2\times.404=3146.4$$

又タ同様ニ $h_1=5.0+16=21$ トセバ

$$l=6676.3-200\times21.+1411.2\times.360=2984.0$$

即チ3000/0ニ於ケル水位ノ高マリハ4.5乃至5.0呎ニシテ4.95呎約5呎トシテ可ナリ

次ニBノ高マリヲ5呎トシテA点ノ距離lヲ見出サンニ

$$S={}^{1}/_{150} \qquad F\left(\frac{h_2}{H}\right)=.360$$

$$l=2991-150\ h_1+608\ F\left(\frac{h_1}{H}\right)$$

$\dfrac{H}{h_1}=\dfrac{16.0}{16.1}$ ト置キ $F\left(\dfrac{h_1}{H}\right)=1.586$ ナル故ニ計算ノ結果

$$l=2991-150\times16.1+608\times1.586=1540.0$$

Aニ於テ尚一寸ノ高マリアリト假定シテ $l=1540'$ ヲ得

Backwater ニ就テハ大体右ノ如クシテ計算スベキモ Merriman 氏ノ方法ハ勾配急ナル場合ハ適用スベカラズ又タ河床ノ勾配斷面ノ形

狀等著シク不規則ナル場合及Qガ一定ナラザル場合ハ何レモ正確ナル結果ヲ得ルコト難シ

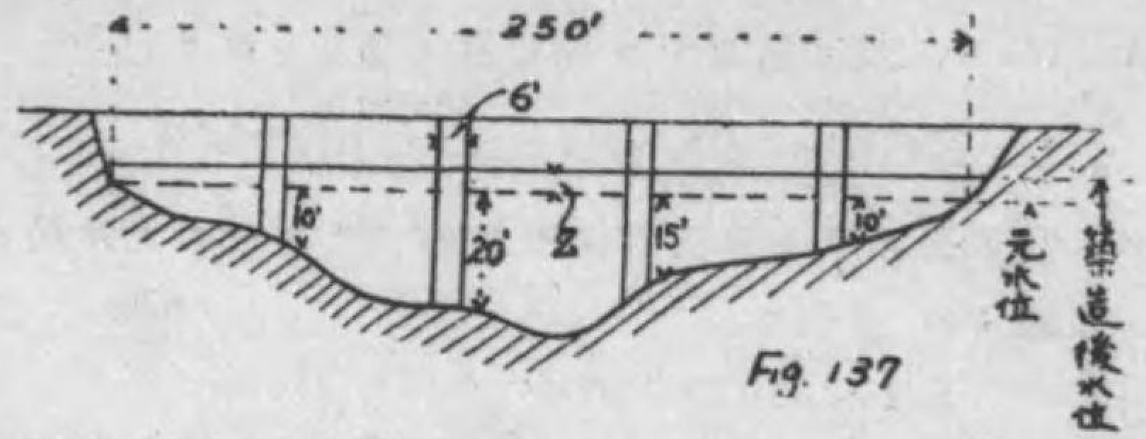


Fig. 137

(5)今流積 3750 平方呎洪水量 22,500 立方呎每秒ノ河川ニ於テ上圖ノ如ク橋脚ヲ設クル時生ズル水面ノ隆起如何

Pier ニヨリ減ゼラルヽ流積ハ $6\times(10+20+15+10)=330$ 平方呎第11項 Merriman 氏ノ擧ゲタル公式ヲ用ヒ

$$C=0.75+0.35\frac{3750-330}{3750}-0.10\left(\frac{3750-330}{3750}\right)^2$$

$$=0.75+0.32-0.08=0.99$$

$$v=\frac{22500}{3750}=6.\ 呎/秒$$

$$Z=\frac{36}{64.4}\left[\left(\frac{3750}{0.99\times3420}\right)^2-\left(\frac{3750}{3750+250\times Z}\right)^2\right]\cdots\cdots\cdots(1)$$

先ヅ右邊ノ Z ヲ除外シ　$Z=0.128$ ニシテ試算ノ結果(1)式ニ $Z=0.'13$ トセバ約差支ナキヲ知ル

又タ Art. (11) ヨリ $n=2$ トセバ

$$Z=\frac{36}{64.4}\left[\left(\frac{1}{1-\frac{2\times330}{3750}}\right)^2-\left(\frac{1}{1+\frac{250z}{3750}}\right)^2\right]$$

右邊ノ Z ヲ O トセバ $Z=0.'27$ ヲ得仍テ試算ノ後 $Z=0.'30$ トセバ約差支ナキヲ知ル n ハ半圓形橋脚ニ於テハ 1.5 九十度三角形ニ於テ 1.8 四角形ニ於テ 2.0 以上ニ取レバ安全ナルガ如シ

大正十三年二月十日印刷
大正十三年二月十一日發行
（非賣品）

發行所　名古屋市中區御器所町
名古屋高等工業學校土木敎室

著作兼發行者　愛知縣西春日井郡庄内村稻生七三番地
水谷鏘

印刷者　名古屋市中區下笹島町三十番地
西雪勘三郎

印刷所　名古屋市中區下笹島町三十番地
千代田印刷株式會社
電話本局七二七番

終