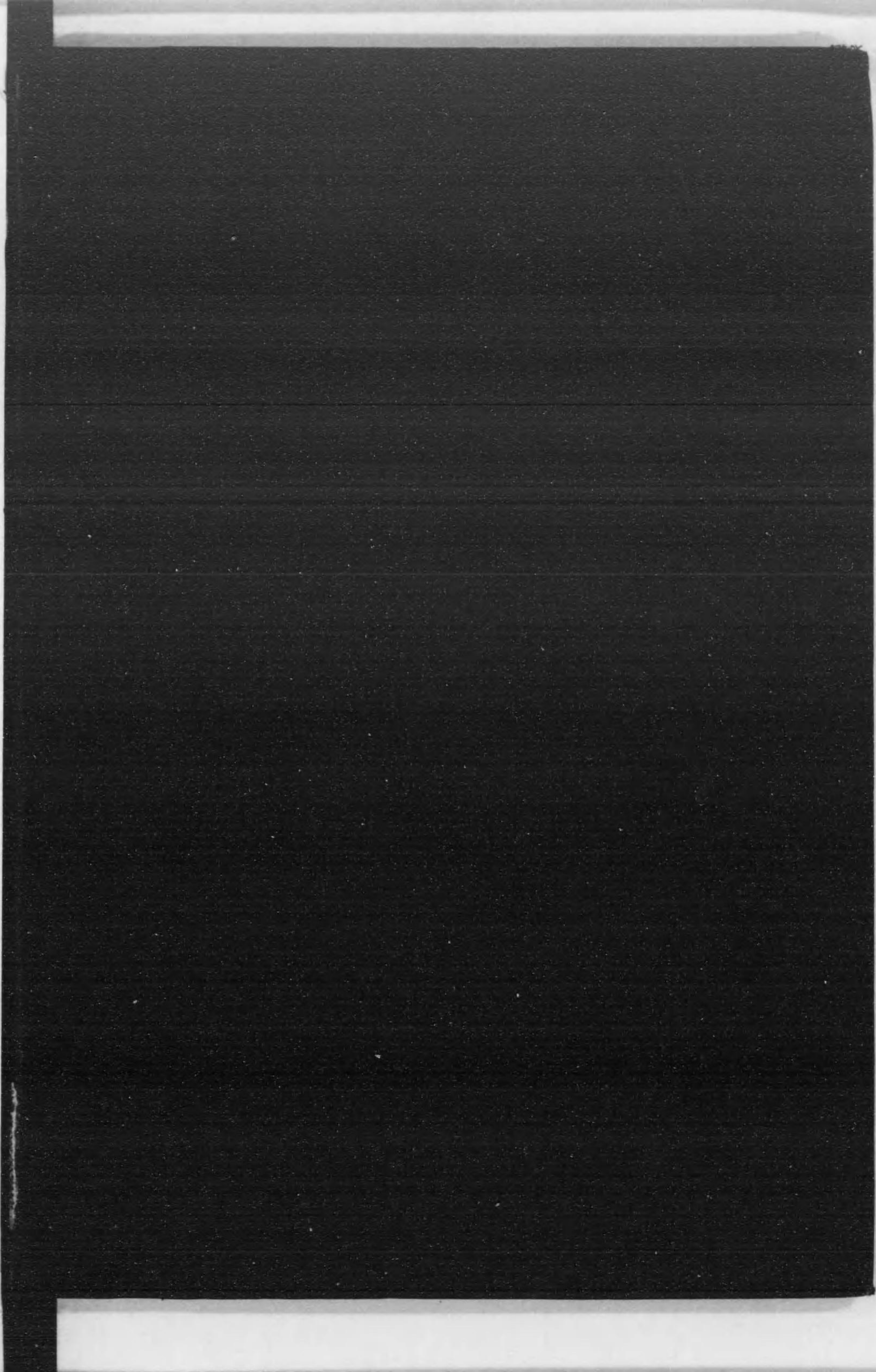




始



372
392

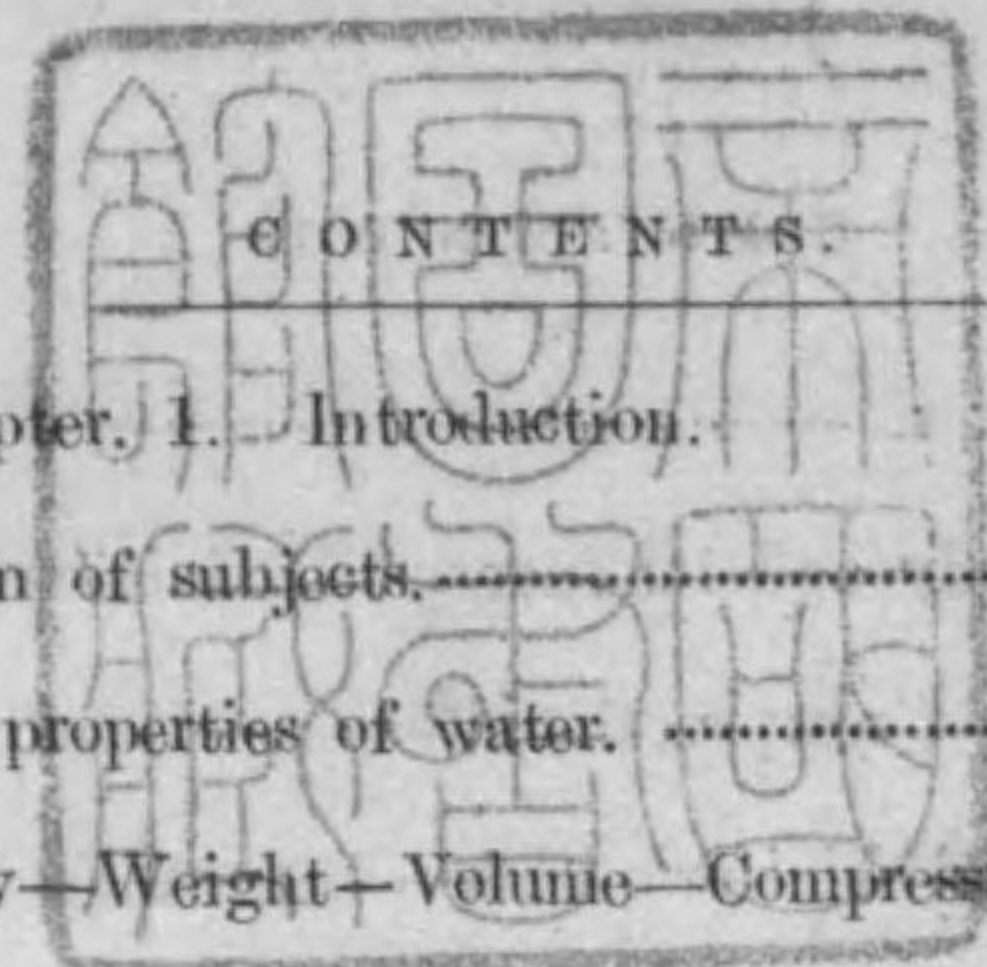
HYDRAULICS.

BY

SHO. MIZUTANI.



1 9 2 4



	Page.
CONTENTS	
1	
Chapter. 1. Introduction.	
1). Definition of subjects.....	1
2). Physical properties of water.....	2
Density—Weight—Volume—Compressibility—Unit.	
Ice.—Cohesion—Adhesion—Capillary—Surface tension	
Viscosity.	
3). Atmospheric pressure.....	8
4). Acceleration due to gravity.....	10
Chapter 2. Hydrostatics.	
1). Definition for a perfect fluids.....	11
2). Head and pressure.....	12
3). Transmissibility of pressure.....	13
4). Loss of weight in water.....	15
5). Resultant pressure and centre of pressure.....	17
For general planes.—Approximate method for finding	
centre of Pressure.—Division of equal pressure—Rapid	
graphical determination.	
6). Illustrative examples (10 Prob.).....	26
Chapter. 3. Motion of water.	
1). Two modes of motion.....	35
Stream Line motion—Turbulent motion—Critical	
velocity.	



2). Flow of water.	37
Falling body and its energy—Definition of flow—	
Discharge—Cross sectional area—Mean velocity—	
Steady flow—Uniform flow—Bernoulli's theorem.	
3) Illustrative examples. (3 prob.).....	44
Chapter 4. Methods of water measurement.	
1). Volumetric measurement.	48
2). Measurement by weight.	48
3). Pitot tube	49
4). Venturi meter.....	52
5). Current meter.....	56
6). Other methods.	58
Diaphragm method—Chemical method, etc	
Chapter 5. Flow from Orifice.	
1). Orifices and flow of orifices.....	61
Orifice—Flow from orifice.—Vena contracta.—Path	
of jet.	
2). Velocity and discharge of flow from orifice.	64
Large Orifice—Small orifice.	
3). Hydraulic coefficients C_c , C_v , C_d	71
Coefficient of velocity—Contraction—Discharge.	
Illustrative examples	

4). Standard orifice.	76
5). Submerged orifice	79
6). Partially submerged orifice.	80
7). Orifice under variable head.	82
8). Illustrative <u>examples</u>	84
9). Loss head of orifice.	85
10). Various forms of orifice.	86
Mouthpiece.—Short tube—Bell mouthed Orifice—	
Converging tube and Diverging tube.—Nozzle—	
gate and sluice.	
11). Illustrative <u>examples</u> (3. Prob.).....	93
Chapter 6. Flow from weirs.	
1). Definition of terms.	95
Weir.—Nappe.—Depth of weir.—Velocity of app-	
roach.— <u>Contraction</u> .	
2). Classification of weirs.	97
3). Theoretical velocity and discharge.	98
4). Experiments on weir discharge and empirical	
formulas.	104
Boileau—Mullin.—Francis—Ftely stearns—Bazin—	
Barnes—King—Smith—Choise of formulas.	
5). Submerged weir or drowned weir.	115


- 6). Experimental formulas for submerged weir.....116
 Ftely and stearns—Francis—Herchel—Smith—Bazin
- 7). Triangular weir.118
 Trapezoidal weir.
- 8). Incrination of weir face.....120
- 9). Oblique weirs.120
- 10). Coefficient of discharge due to various forms of
 nappe.....121
 Adherent.—Depressed.—wetted underneath.
- 11). Procedure to measurement.122
- 12). Broad crested weir.123
- 13). Experiments on weirs with down stream slope or
 apron of various incrinations.126
 Bazin—Cornel university.
- 14). Experiments on the models of actual dams.....128
- 15). Applications and examples of weir theory (6. Prob.)....129
 Weir under variable head.—Weir of incrimed crest.
 —Raise of water from construction of dam.
- Chapter. 7. Flow in Pipes
- 1). Definition.134
 Pipes—Lost head—Perimeter and hydraulic radius.
- 2). Distribution of velocity in Pipes.135

- 3). Hydraulic grade line.137
- 4). Lost head.139
 due to friction—Change of section—Entrance—
 Outlet—Curvature.—Valves. etc.
- 5). General equation for mean valocity153
- 6). Long pipes and short pipes.....155
 gate.—Culvert—Penstock—Inverted syphon.
- 7). Empirical formulas for long pipe.....158
 Chezy—Darcy—Weisbach—Kutter—Flamant.—
 Noble—Hazen william.
- 8). Choise of the formula.....164
- 9). Formula for stream line flow.....165
 Reynolds—Boston
- 10). Elevation of pipe.....166
- 11). Equivalent length of non-uniform main168
- 12). Branching pipe connecting reservoirs at different
 elevations170
- 13). Water main in town171
- 14). Discharge in diverging mains.....172
- 15). Water hammer in pipes173
- 16). Illustrative examples (5. Prob.)175
- Chapter. 8. Flow in Channels.

1).	Definition	181
	Channel—Conduit—Ditches and Canals—Perimeter and hydraulic mean depth.—steady flow—uniform flow.	
2).	Distribution of velocity	185
	Vertical velocity Curve—Horizontal velocity curve.	
3).	Permissible velocity in open channels.....	193
	Siltng velocity—Scouring velocity.	
4).	Mean velocity formulas	197
5).	Experimental formulas.....	197
	Chezy—Prony—Eytelwein—Darcy Bazin—Kutter— Bazin—Biel—Manning—Barnes—William Hazen .	
6).	Most effective forms of channel.....	209
7).	Ordinary Sewers	211
	Circular conduit—Egg shape sewer	
8).	Rectangular and trapezoidal section	215
9).	Flow of water in open channels of varying cross section and slope.	216
	Backwater curve—Drop down curve	
10).	Channel with horizontal bed.....	229
11).	Change of sections	30
	Pier obstruction.	

12).	Bend of channels.....	232
13).	Unsteady flow.	234
14).	Illustrative examples. (5. Prob.).....	238

322-392



Hydraulics (水理學)

Chapter I. Introduction (緒論)

1). Definition (定義)

一般ニ静止ノ状態ニアリ又タハ運動ヲ續ケツ、アル液體ニ關シ其ノ物理的性質ヲ研究セントスル科學ヲ Hydromechanics (液體力學)ト稱シ取扱フ液體ノ状態ニヨリテ二様ニ分類スルコトヲ得即チ一ツハ静止中ノ液體ニ關スルモノニシテ是レヲ Hydrostatics (液體靜力學)他ハ運動中ノ液體ニ關スルモノニシテ是レヲ Hydrodynamics (液體動力學)ト云フ。

Hydraulics (水理學)ト稱スルハ主トシテ技術者ガ計畫ニ對スル必要上 Hydromechanics ヲ實用的ニ其ノ實驗的智識ニヨリテ簡易ナラシメタルモノニシテ Practical Hydromechanics (實用液體力學)トモ稱スルヲ得ベキモノナリ。

自然界ニ見出サルベキ液體ノ有スル状態ハ嚴密ニ言ハバ殆ンド皆運動ヲ持續セルモノニシテ從ツテ Hydraulics ハ Hydrodynamics ニ關スルモノナリト云フヲ得ベシト雖モ比較的緩漫ナル運動又タハ其ノ運動ニヨル力學上ノ影響著シカラザル場合ハ恰モ

静止セル液體ノ如ク假想シテ Hydrostatics フ適用シ
實際支障ヲ感ズルコトナシ。

2). Physical properties of water (水ノ物理的性質)

Hydraulics フ研究スルニハ先ヅ水ノ性質ヲ知ラザ
ル可カラズ水ハ Pure state 即チ蒸餾水ニ於テ殆ンド
無色、無味、無臭ノ透明體ニシテ最良ノ溶劑ナリ其ノ
密度、重量等ハ次ノ如シ。

1°. Density (密度)

普通ノ氣壓ノ下ニ攝氏 4° 即チ華氏 39° 内外ニ於
テ最大密度ヲ有シ温度ノ低下又ハ上昇ト共ニ密度
ヲ減少ス而シテ 32° Fニ於テ凍リ 212° Fニ於テ沸騰
ス尙氣壓ノ増加ト共ニ氷点ハ低下シ沸騰点ハ上昇
ス壓力ノ減少スル場合ハ此ノ逆ナリ。

2°. Weight (重サ)

水ノ重サハ Max. density ノ場合ニ於ケルモノヲ標
準トセルモ其ノ精確ナル數値ハ各實驗者ニ於テ必
ズシモ一様ナラズ一立方呎ニ就キ 62.379 听乃至
62.425 听ノ間ニアルガ如シ Rankine 氏ノ記スル所ニ
ヨレバ

T (度) F.	W. (每立方呎封度)	T (度) F.	W. (每立方呎封度)
32°	62.42	150°	61.18
50°	62.41	180°	60.55

70°	62.31	210°	59.82
100°	62.02		

物體ノ比重ハ其ノ重サト最大密度ニ於ケル同容積
ノ純水重量トノ比ヲ以テ表サル、モノナリ。

精確ナル水ノ重量ニ就テハ實用上一般ニヨリ以
上穿鑿スルノ必要ヲ認メズ實地考フベキ水ガ Pure
state ノモノニアラズシテ少ナクトモ多少ノ溶解物
ヲ有シ特ニ甚ダシキハ泥水ニ等シキモノスラアリ
テ各状態ニヨリ一様ナラズ故ニ寧ロ記憶シ易ク且
ツ計算上便ニシテ其ノ結果ヲ安全ナラシムベキ數
値例ヘバ每立方呎 62.4 听又ハ 62.5 听等ヲ採用スル
ヲ可トス。

海水ハ各地方ニヨリ濃淡一樣ナラザレトモ其ノ
密度ハ淡水ノ 1.026 倍内外ニシテ普通ノ温度ニ於テ
實用上每立方呎 64.0 听ヲ採用シテ差支ナシ。

3°. 水ノ容積ハ温度ト共ニ變化スルモノニシテ
Watt's dictionary of chemistry ニヨレバ

T° F	V.	T° F	V.
32°	1.000129	100°	1.00686
39°1	1.00000	150°	1.01995
50°	1.000253	200°	1.03807
70°	1.001981		

本表ハ Max. density = 於ケル容積ヲ Unit = 考ヘタルモノナリ。

4°. Compressibility (壓縮性)

普通水ハ壓縮シ得ザルモノノ如ク考ヘラレ居レルモノ精密ニ調ブレバ可ナリ Compressibility ヲ有スルモノニシテ其ノ率ハ温度ト溶解セル空氣ノ分量トニヨルモノノ如シ普通一氣壓ノ増加ニ於テ生ズル Volume ノ減少率ハ 32° F = 於テ 0.0000518 140° F = 於テ 0.0000412 ナリ從ツテ水中ニ於ケル水ノ重量 W.ハ概略。

$$W = W'(1 + 0.00005) \times \text{深} \div 34.$$

ナリ W' = 62.5 呎トセバ 34'ノ深サニ於テ 62.503. ^{oz}/_{立方呎}ナリ。

前記ノ如ク水ノ重量ハ實際精確ナル數値ヲ要セザル故ニ從ツテ各深サニ應ジテ其ノ單位重量ヲ變化セシムル如キハ實地計畫上不必要ナリトス。

5°. Unit of measure (單位)

Hydraulics = 用フル水ニ關スル單位甚ダ多シ一般ニ用フルモノハ英米ニ於ケル Cubic feet (立方呎)獨佛ニ於ケル Cubic meter (立方米)ニシテ又々英國ニ於テハ一氣壓ノ下ニ 62° F = 於ケル水 10^{oz}ノ容積ヲ稱シテ Imperial gallon (英我倫)ト云ヒ獨逸ニ於テハ 4° Cノ

水 1 Cubic decimeter ヲ 1 Litre (立)ト云フ我國ニ於テハ古來石斗升ヲ用ヒ又ハ立方尺ヲ用フ流量ニ於テ毎秒ニ於ケル立方尺ヲ個ト稱ス。

此等各單位容積ニ對スル水ノ重量及各國容積單位間ノ比較ハ次ノ如シ。

水ノ重サニ關スル單位比較表

淡 水		淡 水	
一立方呎 = 62.425	封 度	一立方米 = 2204.672	封 度
" = 28.3153	尙	" = 1000.0	尙
一英ガロン = 10.0	封 度	一 立 = 1.0	"
" = 4.5425	尙	" = 2.2047	封 度
一 封 度 = 0.0160	立方呎	一 尙 = 1.035317	立方呎
" = 0.1	英ガロン	" = 0.22097	英ガロン
" = 0.0004536	立方米	" = 0.001	立方米
一立方尺 = 7.4204	貫	一 貫 = 0.13478	立方尺
一 升 = 481.04	匁	" = 2.0788	升

海 水

一立方呎 = 64.0	封 度	一立方米 = 1026.	尙
一 英 噸 = 35.0	立方呎	一立方米 = 1.007	英 噸
" = 218.0	英ガロン	一 貫 = 0.131	立方尺
一立方呎 = 7.61	貫	" = 2.03	升

斗量單位ノ比較表

	立方尺	升	立方呎	英ガロン	米ガロン	立方米	リットル
立方尺 (Cub. sh.)	1.0000	15.4257	0.9827	6.1278	7.3514	0.0278	27.8256
升 (Sho.)	0.0065	1.0000	0.0637	0.3973	0.4766	0.0018	1.8039

立方呎 (Cub. ft.)	1.0176	15.6967	1.0000	6.2355	7.4805	0.0283	28.3153
英ガロン (Imp. gal.)	0.1632	2.5173	0.1605	1.0000	1.1997	0.0045	4.5410
米ガロン (U. S. gal)	0.1360	2.0983	0.1337	0.8336	1.0000	0.0038	3.7852
立方米 (Cub. m.)	35.9370	554.3526	35.3166	220.2165	264.1864	1.0000	1000.0
リットル (Litre)	0.0359	0.5544	0.5353	0.2202	0.2642	0.0010	1.0000

凡 例

1. U. S. gal. = 0.8336. Imp. gal.
1. Cub. m. = 5石5斗4升強
1. Lltre. = 0.5544 升

6°. Ice (氷)

Iceハ水面ニ生ズル Solid Sheet ニシテ其ノ氷結スル早サハ温度ニ無關係ニ且ツ厚サヲ増スニ從ヒ緩漫ナルモノナリ氷ノ膨脹率ハ温度ノ變化 30°F ヨリ (-30°F)ノ間ニ於テ 0.0000408 ヨリ 0.0000197 ノ間ニアリ (Barnes' Ice Formation 1906) 氷結中温度ノ變化ニ逢ヒ著シキ膨脹ヲ生ジ此際氷ノ厚サ大ニシテ其ノ自由ヲ制肘セラルル時ハ其ノ表面ニ於テ少ナカザル Ice thrust ヲ生ズルコトアリ Hydraulics ニ於テ特ニ貯水池堰堤ノ Stability ニ對シ寒國ニ於テハ考ヘニ取ラザル可カラザル事柄ナリトス。

7°. Cohesion (凝聚力). Adhesion (附着力) Capillary (毛管作用) Surface tension (表面張力) Viscosity (粘性)

Cohesion トハ相接スル Molecules (分子)ヲ互ニ分離セントスル力ノ作用ヲ受ケタル時之レニ抵抗セン

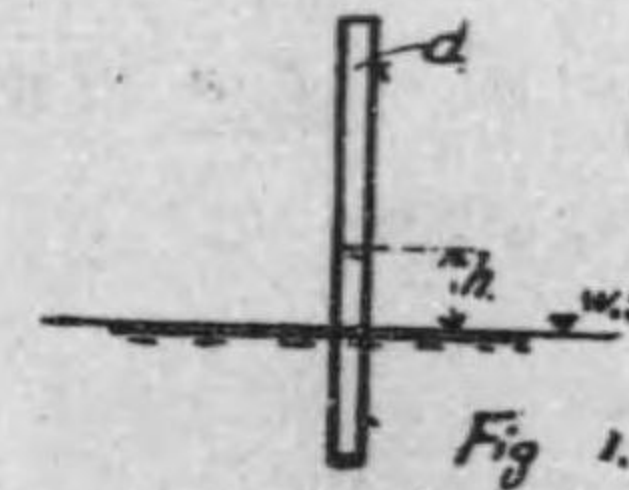
トスル性質ナリ恰モ Tensile stress (張力)ニ對スル抵抗カヲ生ズルニ似タリ Adhesion トハ水ト他ノ Solid body ノ Molecules トノ間ニ分離セントスル作用ヲ受ケタル時之レニ抵抗セントスル性質ナリ。

從ツテ水滴ノ或ル壁面ニ止マツテ未ダ落下セザルハ其ノ水滴ニ働ケル重力ノ大サ Cohesion 及ビ Adhesion ノ何レニモ打勝タザルノ證ナリトス。

Capillary ハ小穴ヲ有スル Tube ヲ水中ヨリ立テタル時其ノ干濕状態ノ如何ニヨリ水面ヨリ Tube 内ニ水位ノ上昇スルコトアルヲ見ル如キ現象ヲ稱スルモノニシテ恐ラク水分子ノ Cohesion 及 Adhesion ニ

ヨリ水面ニ所謂 Surface tension ヲ生ジ之レニ基キ Tube 内ノ水位ヲ上昇セシムルモノト思考セラル。

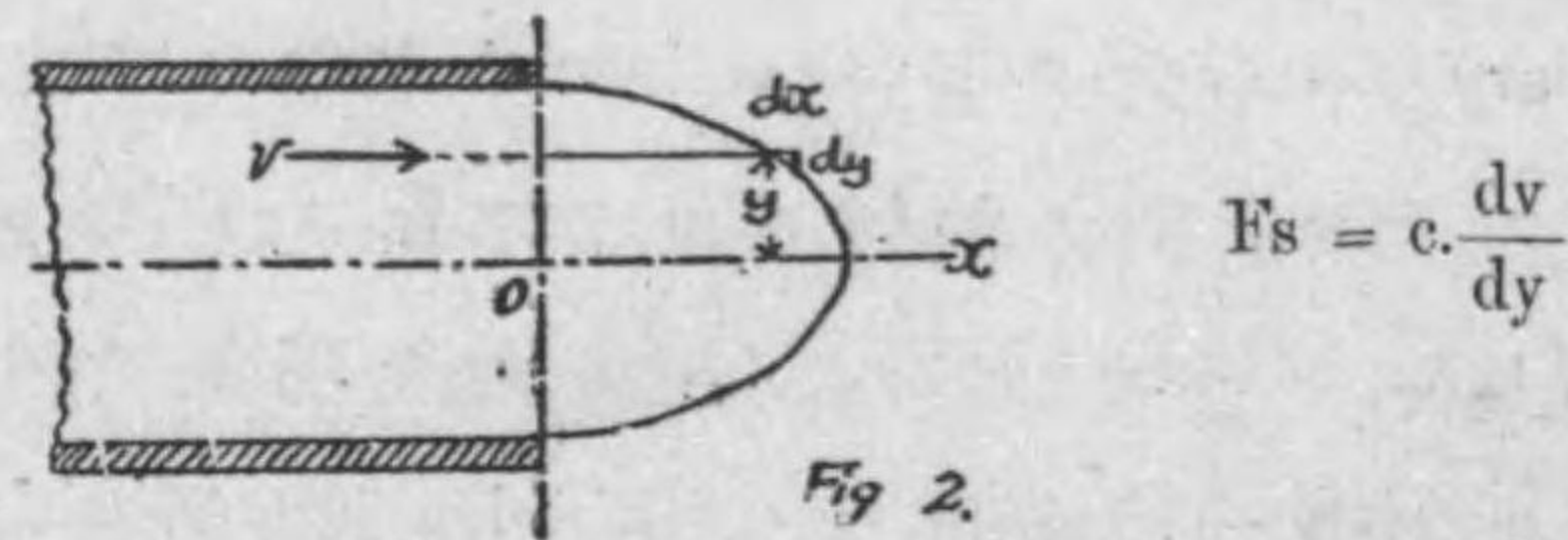
普通ノ温度例ヘバ 68°F ニ於テ



$$h = \frac{4 \times 0.005548 \cos 25^\circ 32'}{62.4 d} \text{ in ft.} = \frac{0.000383}{d}$$

一般ニ液體ハ其ノ相接觸セル Layer (層)間ニ連關セル Sliding motion (竝動)ヲ生ズル時ハ恰モ Friction (摩擦)ニ似タル抵抗ヲ生ズルノ性質ヲ有ス之レヲ Viscosity ト云ヒ常ニ流動セル液體ニ於テ生ズルモノニ

シテ所謂 Fluid friction ト云ヒ相接觸セル二面間ノ Shear stress ニ對スル作用ナルカノ如キ觀ヲナス此ノ Shear 又ハ Distortive force ノ大サハ Distortion ノ度ニ比例スル故ニ水流ニ於テハアル斷面ニ於ケル直角ナル方向ノ Velocity ノ變化率ニ比例ス例ヘバ水道鐵管内ノ流水ニ於テ



$$F_s = c \cdot \frac{dv}{dy}$$

$F_s = 0x$ ノ方向ニ於ケル y ナル距離ニアル相接觸セル二面間ニ働ク Distortive stress (or Shear)

$$c = \text{Coefficient of viscosity} \\ = 0.00002109 \text{ at } 68^\circ \text{ F.}$$

故ニ

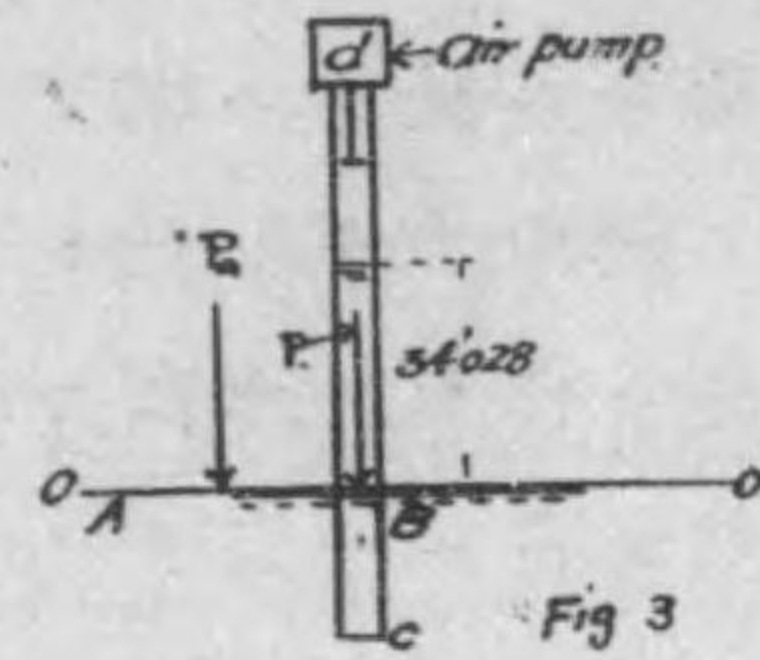
$$F_s = 0.00002109 \frac{dv}{dy}$$

即チ $\frac{dv}{dy}$ ノ値著シク大ナラザル限リ F_s ノ値モ亦小ナリ.

4). Atmospheric pressure (氣壓).

水面上三十五尺以上ヲ有スル如ク Pipe cd ヲ立テ

其ノ一端 d ニ Air pump ヲ取付クル時 Air pump ヲ未ダ働カシメザル前ニ於テハ Pipe 内ノ水位ハ外ノ水面ト殆ンド相等シカルベシ次テ d ニ於ケル Pump ニヨリテ Pipe



内ノ空氣ヲ排除スレバ管内ノ水ハ漸次高マリテ Pipe 内ノ空氣ノ出來得ル限リ排除セラレタル所謂真空ノ場合ニ於テ外水面上 34.028 呎ノ上昇ヲ見ル今此ノ場合ニ於ケル平衡状態ヲ見ルニ 0-0 水面ニ於ケル壓力ハ何レノ点ニ於テモ相等シカル可キ故ニ

$$P_a = P = w \times 34.028 = 62.5 \times 34.028 \text{ 呎/平方呎}$$

P_a ヲ呎/平方吋ニテ示ス時ハ

$$P_a = \frac{62.5 \times 34.028}{12 \times 12} = 14.7 \text{ 呎/平方吋}$$

即チ地球上ノ水面ニシテ空氣ニ接スルモノハ常ニ 14.7 呎/平方吋ノ壓力ヲ受ケ居レルモノナリ此ノ壓力ヲ所謂氣壓ト云ヒ壓力ノ單位トシテ之レヲ一氣壓ト云フ.

水ノ代リニ水銀ヲ用フル時ハ真空ニ於テ高マル

3/2

高サハ 760m.m. ニ相當セリ。氣壓ハ時期ニヨリ勿論
一様ナラズ夏季低氣壓ノ襲來スル時ニ於テハ往々
730 m.m. 内外ニ下ルコトアリスル場合ニ於テハ其ノ
區域ニ限リ水面ノ隆起ヲ生ズルノ理由ナリ。然レ
トモ Hydraulic ニ於テハ取扱上氣壓ハ何レノ水面モ
一様ニ同氣壓ヲ受クルモノト假定シ常ニ一定ナリ
トスルヲ普通トス。

5). Acceleration due to gravity (重力ノ加速度).

重力ノ加速度ハ Latitude (緯度) 及ビ Elevation (高サ)
ニヨリ一様ナラズ Pielce 氏ノ公式ニヨレバ、

$$g = \text{acceleration due to gravity}$$

$$= 32.894 \times (1 + 0.0052375 \sin^2 \theta) (1 - 0.000000957 h)^{1/2} \text{ft/Sec}^2.$$

Where θ = Latitude ; h = Elevation

極ニ於テハ $\theta = 90^\circ$ 若シ高サ零即チ水面ニ於テハ
 $g = 32.258$ 地球上ノ最大量ニシテ赤道ニ於テハ $\theta = 0$
又タ $h = 10,000$. トセバ $g = 32.059$ 殆ンド最小
量ヲ示ス東京ニ於テハ $g = 32.1494$ 又ハ 9.8 m/Sec^2 . 但
シ一般ニ $g = 32.16$ 又ハ $g = 32.2$ ヲ用ヒ $\sqrt{2g} = 8.02$;
 $\frac{1}{2g} = 0.01555$ トスルヲ普通トス。

Chapter. 2. Hydrostatics (静力学)

1). Definition for a perfect fluids. (完全流動體ノ定義)

一般ニ容レラレタル器ノ形ニ完全ニ適應スル如
キ物ヲ Fluid (流動體)ト稱シ更ニ壓縮シ易キモノヲ
Gas (瓦斯)ト云ヒ然ラザルモノヲ Liquid (液體)ト云フ。
Perfect fluid ト稱スルハ運動ニ際シ其ノ Body 内ニ又
タハ接觸セル他ノ面トノ間ニ其ノ運動ヲ妨クベキ
何等ノ抵抗力ヲモ生セザルモノヲ換言スレバ Cohesion,
adhesion, viscosity 等ヲ有セザルモノヲ云ヒ若シ外力
ノ作用如何ニ微小ナリト雖モ之レヲ重力ト直角ノ
方向ニ働カシメンカ永久運動ヲ持續スル如キ Fluid
ヲ云フ。随ツテ静止セル Fluid ニ働ク力ハ單ニ Com-
pression ノミニシテ他ノ Tensile stress 又タハ Shearing
stress 等ハ毫モ働キ得ザルモノナリ。

水ハ上記ノ如ク Cohesion, adhesion 及 Viscosity ヲ有
スル故ニ嚴密ニ言ヘバ Perfect fluid ニアラズ然レド
モ運動ニ對シ是等因子ノ及ボス影響ハ極メテ微々
タルモノナルガ故ニ是レヲ度外視シテ恰モ Perfect
fluid ナルカノ如ク取扱フモ差支ナシ斯クスル時ハ
實際上殆ント差支ヲ見ザルノミナラズ學理上及應
用上利便尠カラザレバナリ。

水ヲ Perfect fluid ト假定スルコトニヨリ次ノ如キ五ツノ定理ヲ生ズ。

- a). 水中ニアリテ静止セル物體ハ周圍ヨリ同一強度ノ壓力ヲ受ク。
- b). 水中ニアル物體ニ働ケル水壓ノ方向ハ常ニ其ノ物體ノ表面ニ直角ナリ。
- c). 廣大ナラザル静止セル水面ハ常ニ重力ノ方向ニ直角ナリ。
- d). 水中ニ於ケル任意ノ水平面上ニ於ケル任意ノ点ノ水壓力ハ何レモ相同ジ。

2). Head and Pressure (水頭ト水壓力).

1°. Velocity head (流速水頭)

Vナル Velocity ヲ以テ流ルル水ノ有スル Velocity head ハ其ノ水ガ静止ノ状態ヨリ落下シテ同一 V ナル

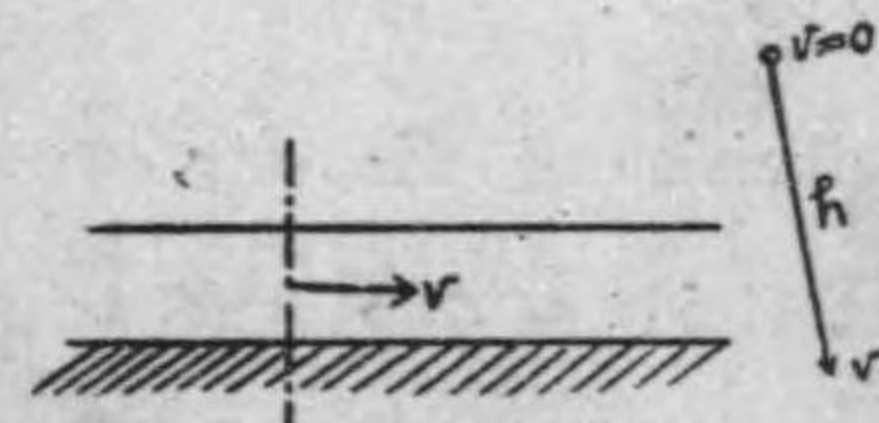


Fig 4

Velocity ヲ有スルニ至ル点マデノ距離ヲ以テ表ハスモノニシテ

Velocity head of flow

having velocity $v = \frac{v^2}{2g}$

換言スレバ Velocity head ハ flowing water ノ單位重量ノ有スル Kynetic energy ヲ表スモノナリ。

2°. Pressure head (壓力水頭).

或ル任意ノ二点間ノ壓力度ノ差ヲ稱シテ Pressure head ト云イ簡單ニ水面以下ノ深サヲ以テ其ノ点ニ於ケル Pressure head ト云フコト多シ又タ此ノ head ハ呎ニテ表ハスコト及ビ水ノ單位容積ノ重量ヲ乘ジテ呎ニテ表スコトアリ。

Pressure ハ其ノ点ニ於ケル面積ヲ Base トシ水深ヲ高サトシタル立方體ノ有スル重量ヲ以テ表ス即チ



Fig 5

$h = \text{head.}$

$w = \text{weight of a cub. ft. of water.}$

$p = \text{intensity of water pressure.}$

$P = \text{total water pressure.}$

$p = wh.$

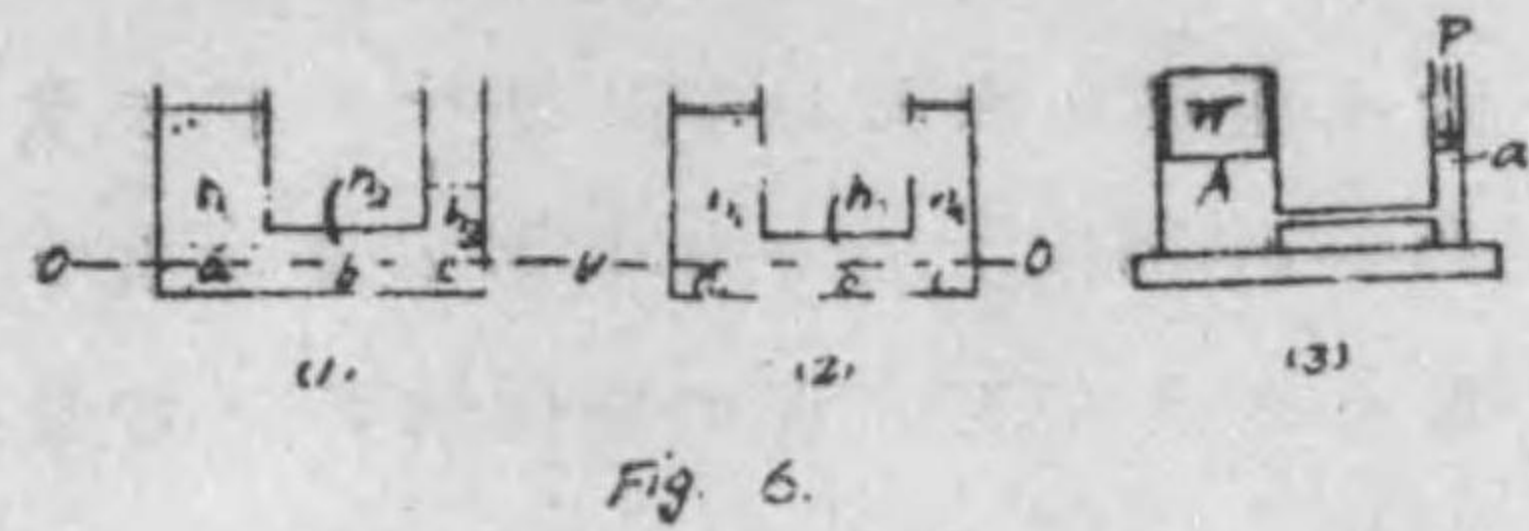
$P = wh. A.$

$w = 62.5 \text{ 呎}^3 / \text{立方呎}$

$P = 62.5 hA. ; h = \frac{P}{62.5 A} = 0.016 P = 0.016 \frac{P}{A}.$

3). Transmissibility of pressure (壓力ノ傳達性).

第1項ニ於テ記セシガ如ク水ハ約 Perfect liquid トシテ取扱ヒ得ル故ニ從ツテ或ル一点ニ於テ水ニ壓力ヲ加フル時ハ其ノ壓力ハ水ノ續ケル限リ何レノ部分ニモ Transmit セラル今説明ニ便ニセン爲メニ砂ト水トヲ各別ニ容レタル容器ニ於テ



(1) 圖ハ砂ヲ容レタル容器ニシテ其ノ任意ノ一水平面例ヘバ 0—0 上ニ於ケル a, b, c. 各点ノ壓力ハ傳達性ヲ有セザル故ニ夫夫 h_1, h_2, h_3 ニ對應スルモノナリ然ルニ水ヲ容レタル場合ハ第(2)圖ノ如ク其ノ表面ハ水平トナリ任意ノ一水平面 0—0 上ニ於ケル a, b, c 各点ノ壓力ハ等シク h ニ對應スルモノナリ。

上圖(3)ニ於テ小口ノ斷面積ヲ a 大口ノ斷面積ヲ A トスル時ハ各 Unit pressure ハ

$$\frac{P}{a} \text{ 及 } \frac{W}{A} \text{ ニシテ}$$

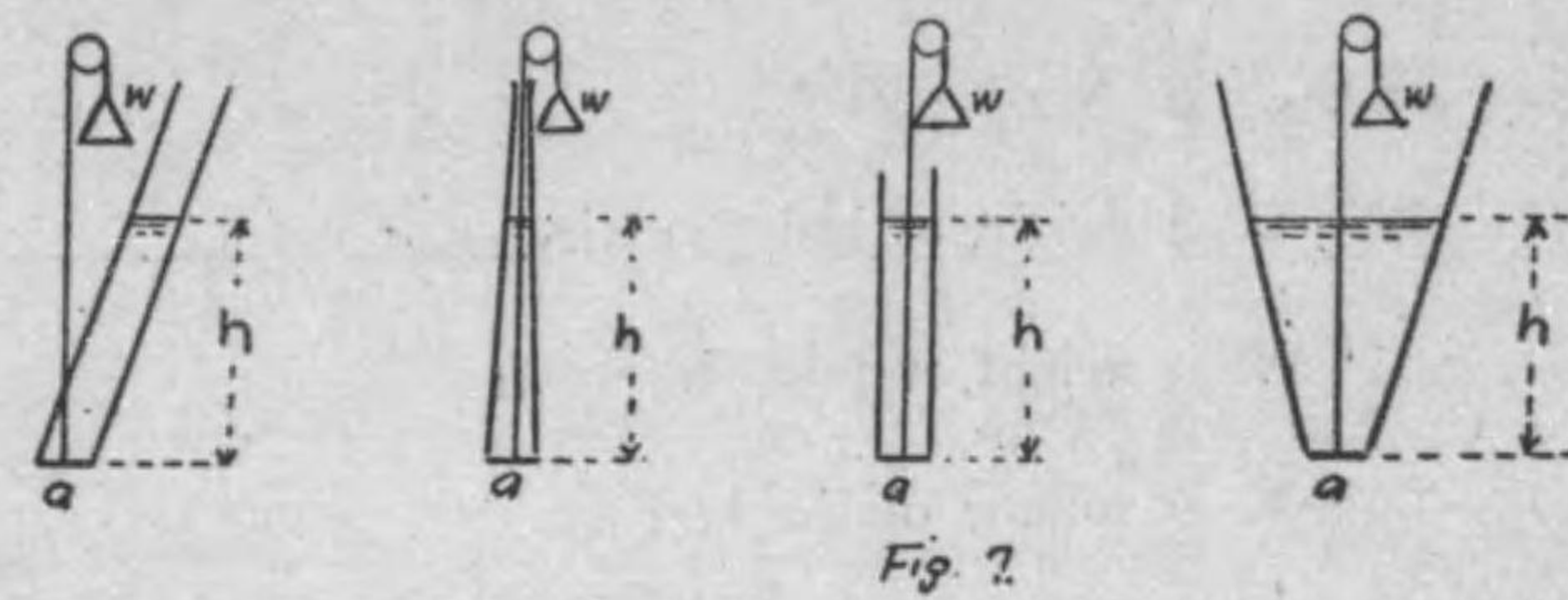
互ニ等シカル可シ故ニ

$$\frac{P}{a} = \frac{W}{A} \text{ or } W = P \left(\frac{A}{a} \right)$$

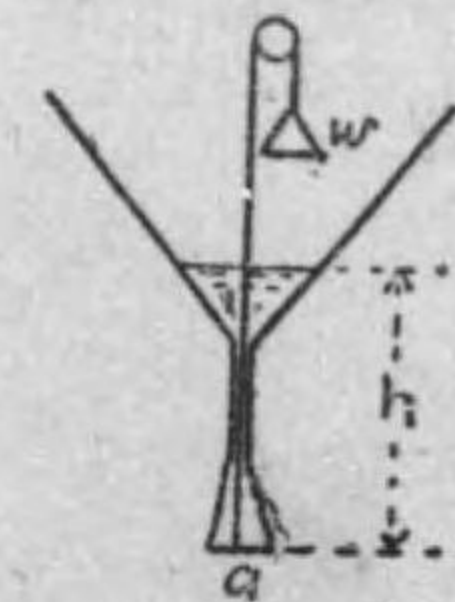
若シ $A = na$ トセバ $W = nP$.

即チ其ノ斷面ノ大小ニヨリテ P ト W ハ n 倍ノ差ヲ以テ平衡ヲ保ツヲ知ル此ノ理由ニヨリ水壓機ヲ

製作ス即チ僅小ナル力 P ヲ以テ大ナル壓力 W ヲ生



ゼシムル爲メナリ。



Water pressure ハ狹隘ナル間隔ヲ通ジテ尙傳達セラル、性質ニヨリ第七圖ノ如キ所謂 Hydrostatic paradox (靜水奇觀)ヲ生ズ。即チ第七圖ハ其ノ容器各異レルニ拘ラズ何レノ場

合モ皆等シク $W = w \cdot a \cdot h$ ナリ Retaining wall (擁壁)ニ於テ其ノ背面ニ間隙ヲ生ジ水ノ浸入スル時ハ夫ノ間隙狭シト雖ドモ恰カモ水ヲ支ヘタル堰ト何ラ撰ブコトナキ結果ヲ來スベシ故ニ Retaining wall ニシテ裏ニ停水スル虞レアル時ハ常ニ Weep hole (排水口)ヲ設ケテ速カニ排水ノ施設ヲナスヲ要ス。

4). Loss of weight in water (水中ニ於ケル重サノ減小).

一般ニ知ラレタル如ク水中ニ於ケル物體ノ重サハ其ノ爲メニ排除セラレタル水ノ重サニ相當スル重量ノ减小ヲ來スベシ即チ、

$$W = \text{weight of body in air}$$

$$W' = \text{weight of body in water}$$

$$V = \text{volume of the body}$$

$$W - W' = \text{loss. of weight in water} = w \cdot V.$$

然ルニ砂、砂利等ノ如キ空隙ヲ有スル物ハ空隙ヲ除キタルモノヲ以テ V トセザル可カラズ故ニ

$$W - W' = (1-p)Vw.$$

但 $p = \text{porosity or void}$ (空隙率).

又ハ

$$W' = W - (1-p)wV.$$

今 $W = 100 \text{ 噸/立方呎}$; $p = 40\%$; $w = 62.5 \text{ 噸/立方呎}$;

$V = 1$. トセバ

$$W' = 100 - 0.6 \times 62.5 = 62.5 \text{ 噸/0.}^3$$

然ルニカ、ル材料ノ空隙ニ入リタル水ハ Adhesion 及ビ Capillarity (毛細管作用)ヲ受ケテ自由ノ水トシテ働クコト能ハズ從ツテ

$$W' = W - (1-p)nwV$$

トスルヲ可トストノ説アリ而シテ fine material ニ對シテハ $n = p$. ナ用フ故ニ

$$W' = 100 - (1-p)pw \cdot V.$$

上記ノ例ニ於テハ

$$W' = 100 - 0.6 \times 40 \times 62.5 = 85 \text{ 噸/立方呎}$$

本問題ハ Sandy foundation ニ於ケル Weir 及 dam 並ニ堤防、土堰堤等ノ研究ニ必要ナル事項ナリ委細ハ

American Society C. E. LXX 1910. Experiment by Meam.

" aug, 1917. " " Colman.

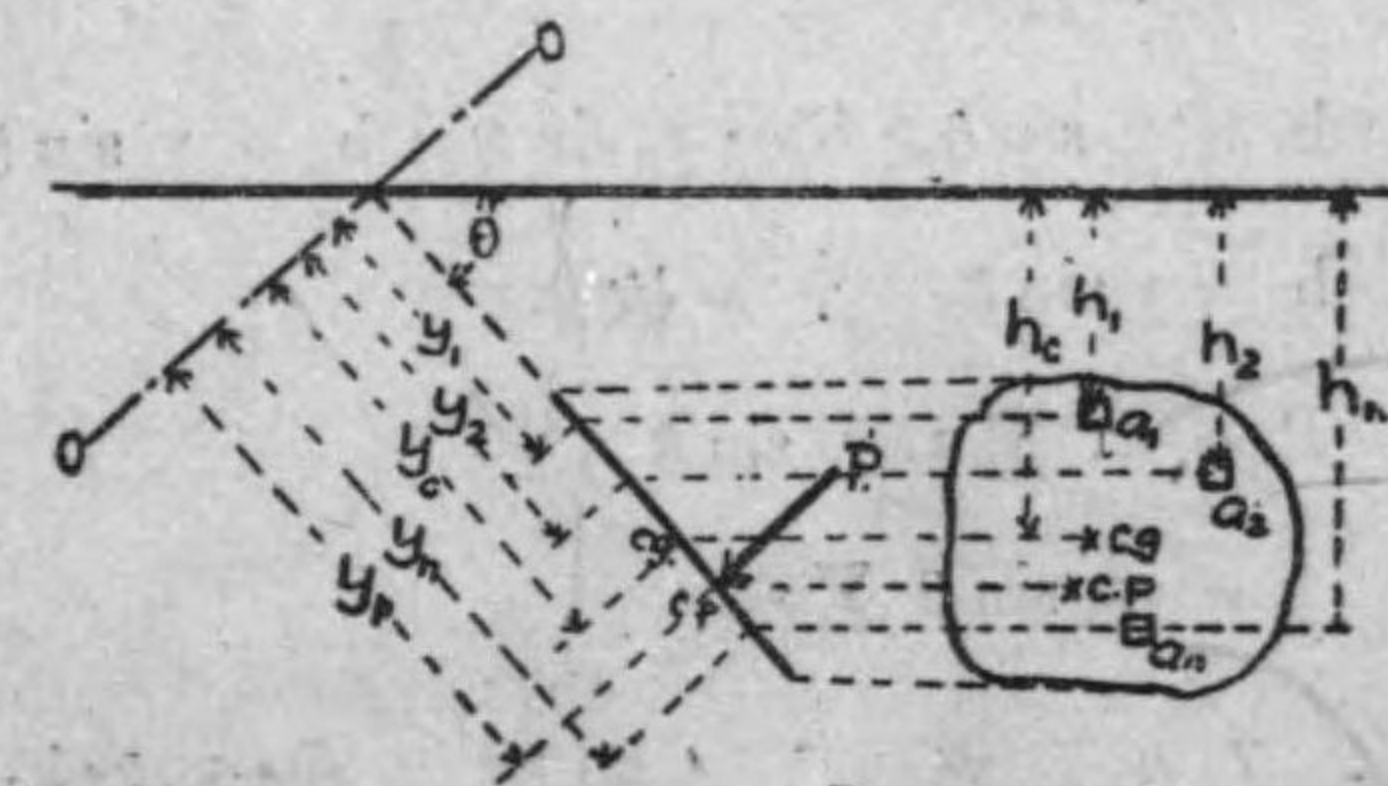
Retaining walls and bins Cain.

ヲ参照スベシ、

5). Resultant pressure and Centre of pressure. (水壓ノ合成力及水壓ノ中心).

力學ニ於ケル多クノ力ノ合成力及ビ其ノ働点ヲ求ムル方法ニ相當セリ.

1°. For general planes. (一般平面ニ對スル場合)



任意ノ Plane ニ對スル Resultant pressure P 及ビ Centre of pressure ノ点 y_p ヲ求メンニハ第八圖ニ於テ其ノ Plane 上ニ微小ナル面積 a_1, a_2, \dots, a_n ヲ取り是等ニ對スル水壓力ヲ合計シテ P ヲ求メ又タ是等ノ壓

力ガ0-0ノ周リニ起ス Momentニヨリテ y_p ヲ見出
サンニ

$a_1; a_2 \dots a_n$ ハ任意ノ plane上ノ各小面積.

$h_1; h_2 \dots h_n$ ハ各面積ニ對スル head.

斯クスル時ハ各小面積ニ働ク水壓力ハ

$$a_1 \quad \text{ニ對シテ} \quad w \cdot h_1 \cdot a_1.$$

$$a_2 \quad \text{''} \quad w \cdot h_2 \cdot a_2$$

$$\text{''} \quad \text{''} \quad \text{''}$$

$$a_n \quad \text{''} \quad w \cdot h_n \cdot a_n.$$

此等ヲ合セタルモノハ Pナル故ニ

$$P = w \cdot (a_1 h_1 + a_2 h_2 + \dots + a_n h_n).$$

$$= w \cdot \sum a \cdot h.$$

又タ $h_1 = y_1 \sin \theta$; $h_2 = y_2 \sin \theta$; $h_n = y_n \sin \theta$.

即チ $h = y \sin \theta$ ナル故ニ

$$P = w \cdot \sum a \cdot y \cdot \sin \theta$$

$$= w \cdot \sin \theta \sum a \cdot y.$$

各小面積ニアル定点ヨリノ距離ヲ乘ジテ是レヲ全
面積ニ總和シタルモノハ其ノ面積ニ其ノ面積ノ重
心ヨリ定点マデノ距離ヲ乘ジタルモノニ相等シキ
故ニ

$$\sum a \cdot y = A \cdot y_c.$$

故ニ

$$P = w \cdot \sin \theta \cdot A \cdot y_c.$$

$$= w \cdot A \cdot h_c.$$

即チアル任意ノ planeニ對スル Resultant pressure ハ其
ノ面積ニ對シ重心ニ於ケル Intensity of pressure (單位
面積ノ壓力)ヲ乘ジテ求ムルコトヲ得.

Pノ働点即チ Centre of pressureニ就テハ次ノ如ク
0-0ニテ Momentヲ取リテ求ムルコトヲ得ベシ.

$$\text{Sum of Moments} = w \cdot y_1 \sin \theta \cdot a_1 y_1 + w \cdot y_2 \sin \theta \cdot a_2 y_2 + \dots$$

$$\dots + w \cdot y_n \sin \theta \cdot a_n y_n = w \cdot \sin \theta \sum a \cdot y^2.$$

$$y_p = \frac{\text{Sum of Moments}}{P} = \frac{w \cdot \sin \theta \cdot \sum a \cdot y^2}{w \cdot \sin \theta \cdot \sum a \cdot y}$$

$$= \frac{\sum a y^2}{\sum a y} = \frac{\text{Moment of Inertia of A about 0-0}}{\text{Area Moment of A about 0-0}}$$

$$= \frac{I'}{M}$$



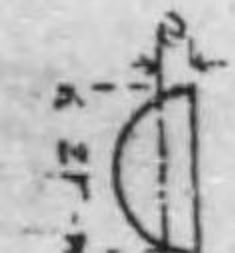

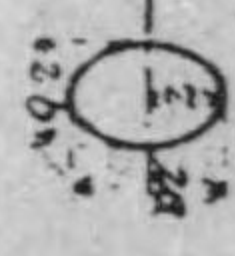


即チ本式ニ於テ一般ニ Centre of pressureノ位置ヲ求
メントセバ水面ニ axisヲ置キ此ノ axisニ對スル其
ノ Planeノ Moment of Inertia (隋率)及ビ Area Moment (面率)
ヲ求メテ其ノ比ヲ取レバ可ナリ.

更ニ本式ヲ變形シテ

$$y_b = \frac{I + A \cdot y_c^2}{A \cdot y_c} = y_c + \frac{I}{A \cdot y_c} = y_c + \frac{I}{M}$$

トスルコトヲ得 但シ

Aハ其ノ planeノ面積ノ大サ.

Neutralaxis (N. A.)..... Z = Dist. from extreme upper Point of area to N. A.	Area (A)	Z	I = Moment of Inertia about N. A.	$\frac{I}{A y_c}$	When Z = y_c , $\frac{I}{A y_c}$	when Z = y_c , y_p	When Z = y_c sin θ , P = Z. A. w.	Radius of gyration required = k^2
	b^2	$\frac{b}{2}$	$\frac{b^4}{12}$	$\frac{b^2}{12 y_c}$	$\frac{b}{6}$	$\frac{2}{3}b$	$\frac{b^3}{2}w$	$\frac{b^2}{12}$
	ab	$\frac{a}{2}$	$\frac{ba^3}{12}$	$\frac{a^2}{12 y_c}$	$\frac{a}{6}$	$\frac{2}{3}a$	$\frac{a^3b}{2}w$	$\frac{a^2}{12}$
	$\frac{\pi r^2}{2}$	$.424 r$	$.109 r^4$	$\frac{r^2}{14 y_c}$ (app.)	$\frac{r}{6}$ (app.)	$\frac{3}{16}\pi r$	$\frac{2}{3}r^3w$	$.696 r^2$
	πr^2	r	$.785 r^4$	$\frac{r^2}{4 y_c}$	$\frac{r}{4}$	$\frac{5}{4}r$	πr^3w	$\frac{r^2}{4}$
	πab	a	$.785 a^3b$	$\frac{a^2}{4 y_c}$	$\frac{a}{4}$	$\frac{5}{4}a$	πa^3bw	$\frac{a^2}{4}$
	$\frac{ab}{2}$	$\frac{2}{3}a$	$\frac{ba^3}{36}$	$\frac{a^2}{18 y_c}$	$\frac{a}{12}$	$\frac{3}{4}a$	$\frac{a^3b}{3}w$	$\frac{a^2}{18}$
	$\frac{ab}{2}$	$\frac{a}{3}$	$\frac{ba^3}{36}$	$\frac{a^2}{18 y_c}$	$\frac{a}{6}$	$\frac{a}{2}$	$\frac{a^3b}{6}w$	$\frac{a^2}{18}$

第一表

Properties of Common regular shapes : w = wt. of Cub. ft of Liquid.

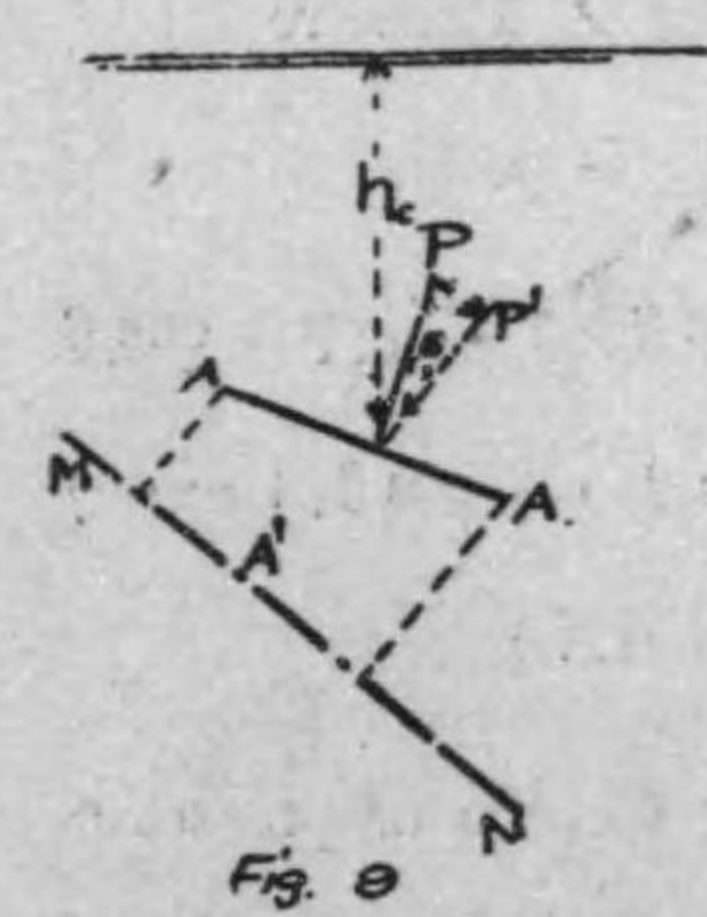
I' ハ水面ニ於ケル 0-0 axisニ對スル Moment of Inertia.

I ハ其ノ planeノ Centre of gravityニ於ケル Moment of Inertia.

M ハ水面ヲ Axisトセル時是レニ對スル Area Momentニシテ $A y_c$ ヨリ求ムルコトヲ得.

第一表ハ普通用ヒラル、Regular shapeノモノニ對スル A, I, y_c 等ヲ記載セルモノナリ.

斯克シテ求メタル Pハ言フ迄モナク Planeニ直角ナリ今任意ノ方向ニ對スル其ノ分力ヲ求メントセバ Pヲ分解シテ第九圖ノ如ク



$$P' = P \cos \theta.$$

$$= w \cdot h_c \cdot A \cos \theta.$$

$$= w \cdot h_c \cdot A'.$$

但シ $A' = A \cos \theta$.
= Aノ與ヘラレタル
方向ニ直角ナル Planeニ對スル
Projection (投影)ナリ.

即チ任意ノ方向ニ於ケル壓力ヲ求メントセバ其ノ Planeノ求メントスル方向ニ直角ナル Planeニ對スル投影面積ニ對シ該 Planeノ重心ニ於ケル Intensity of pressureヲ乘ズルバ可ナリ則チアル傾斜セル Plane

ニ對シ其ノ水平ナル方向ノ壓力ヲ求メントセバ先
 ヅ其ノ Plane ノ Vertical projection ヲ求メ是レニ重心ニ
 於ケル單位面積ノ壓力ヲ乘ズレバ可ナリ。 垂直壓
 力ヲ求メントスル時ハ Horizontal projection ヲ求メテ
 是レニ乘ズレバ可ナリ。

此ノ方法ハ Plane ノ ミナラズ Curved surface ニ對シ

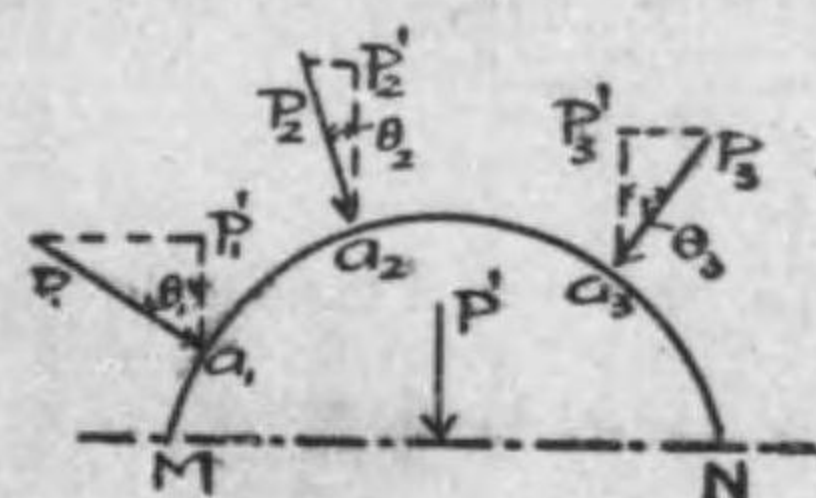


Fig. 10

テモ水深大ナル場合ハ適
 用スルコトヲ得第十圖ノ
 如キ場合ニ於テ

P = normal pressure.

P' = MN = 直角ナル方
 向ノ Pressure.

$$P_1 = p \cdot a_1 ; P_2 = p \cdot a_2 ; P_3 = p \cdot a_3.$$

$$P_1' = p \cdot a_1 \cdot \cos \theta_1 ; P_2' = p \cdot a_2 \cdot \cos \theta_2 ; P_3' = p \cdot a_3 \cdot \cos \theta_3.$$

$$P' = P_1' + P_2' + \dots = p(a_1 \cos \theta_1 + a_2 \cos \theta_2 + \dots)$$

$$= p (\text{Area MN.})$$

2°. Approximate method for finding Centre of pressure.

任意ノ Plane ヲ第十一圖ノ如ク多クノ層ニ別テ
 其ノ各ノ面積ト重心トヲ見出シ。

$$P = w \cdot h_c \cdot A.$$

是ニヨリテ各層上ノ壓力ヲ求メ其ノ力ニ對シ 0-0
 ヨリ各 Moment ヲ取リテ

$$y_D = \frac{w \cdot (h_1 A_1 y_1 + h_2 A_2 y_2 + \dots + h_n A_n y_n)}{w (A_1 h_1 + A_2 h_2 + \dots + A_n h_n)}$$

$$= \frac{\sum h A \cdot y}{\sum A \cdot h} = \frac{\sum A \cdot y^2}{\sum A \cdot y}$$

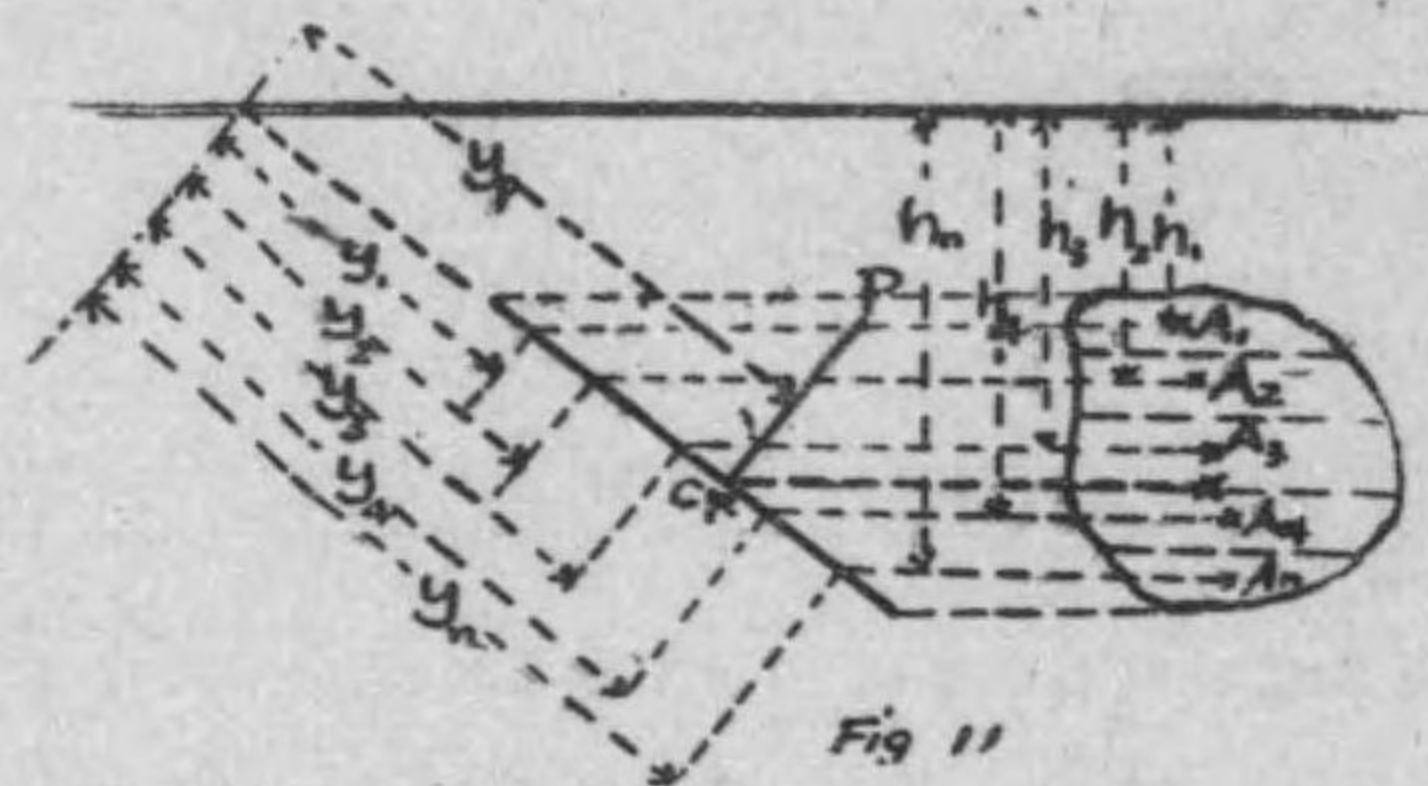


Fig. 11

ヨリ求メ若シクバ圖式力學ニ於ケル合力ヲ求ムル
 ト同一ニシテ Resultant 及ビ其ノ位置ヲ求ムルモ可
 ナリ。

3°. Division of equal pressure (等壓力分割法).

樋門々扉ノ設計等ニ於テ水壓合成力ヲ等シカラシムル如ク各區

劃ヲ定ムルヲ便宜トスルコトア
 リ、即チ第十三圖ノ如ク全水壓力
 テ n 等分シ其各區間ニ於ケル合
 成力 P_1, P_2, P_3 等ヲ何レモ相等
 シカラシムル如キ 1, 2, 3, 等ノ
 Section ノ深ヲ求ムレバ可ナリ。

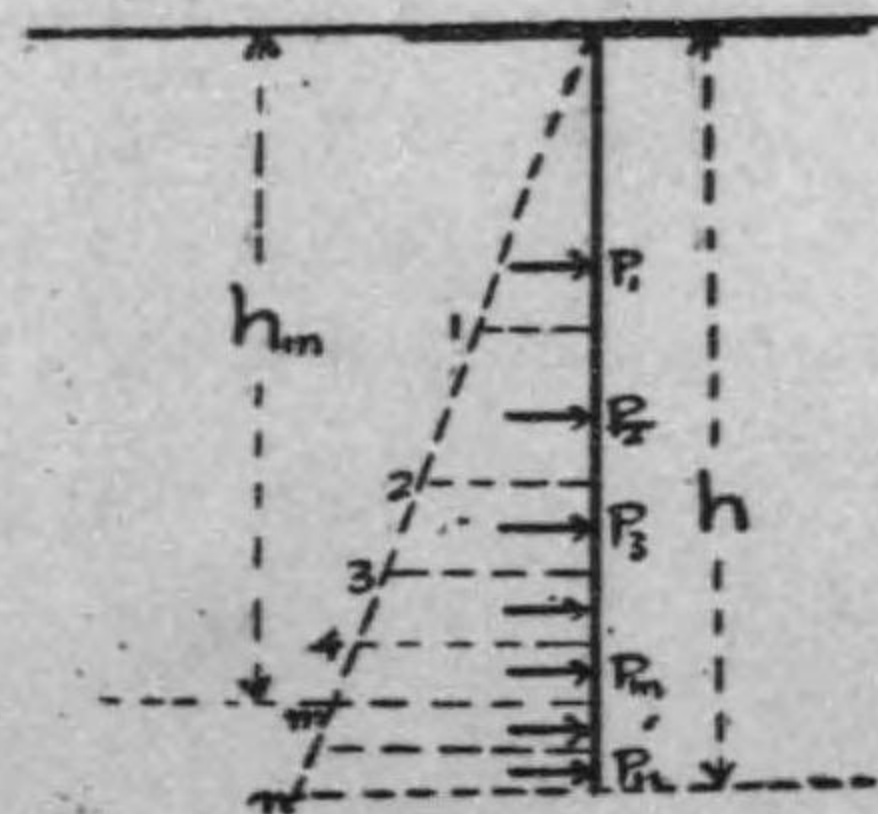


Fig. 13.

$$\text{Total water pressure} = w \frac{h^2}{2}.$$

今此レヲ n 等分セバ其ノ各 P ハ

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_n = \frac{wh^2}{2n}.$$

今任意ノ Section 即チ水面ヨリ m 番目マテノ深サ h_m ヲ求メントニ
 m ヨリ上ニ於ケル pressure ノ和ハ

Hand
 4.8.19

$$P_1 + P_2 + \dots + P_m = mP = m \cdot \frac{wh^2}{2n}$$

又 h_m ナル深サ迄ニ働ケル Water pressure. ハ

$$\text{Total water pressure above } m. = w \frac{h_m^2}{2}$$

此ノ兩者ヲ等式トシ

$$m \frac{wh^2}{2n} = w \frac{h_m^2}{2}; \quad h_m^2 = h^2 \frac{m}{n}$$

$$\text{又ハ} \quad \frac{h_m^2}{h^2} = \frac{m}{n} \quad \text{或ハ} \quad \left(\frac{h_m}{h}\right)^2 = \frac{m}{n}$$

$$\text{故ニ} \quad h_m = \left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{1}{2}} h \dots \dots \dots (1)$$

即チ n 等分シタル場合 m 番目ニ至ル深サハ上式ニヨリテ見出スコ

トナ得ベシ。又タ此ノ方法ハ圖式ヲ以テ簡單ニ見出スモ可ナリ。

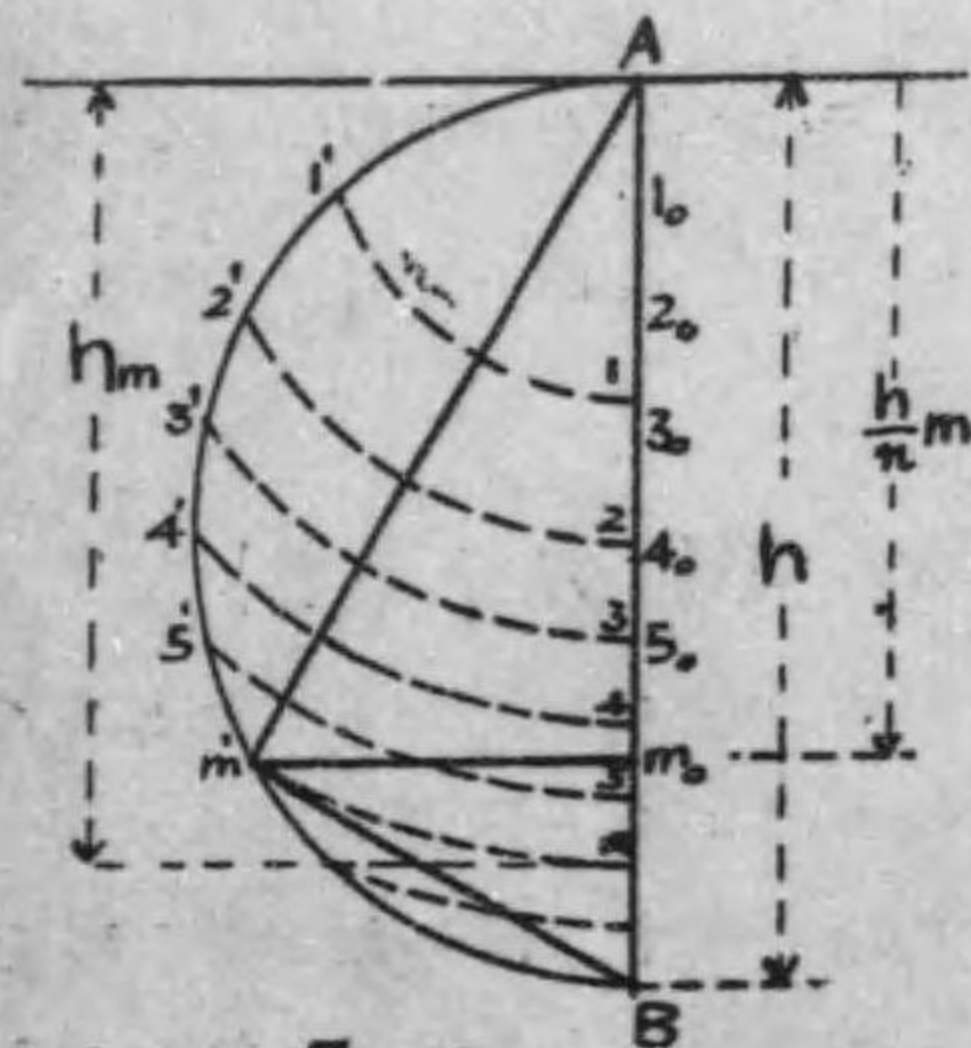


Fig 12.

與ヘラレタル plane AB ナ n 等分シ之レテ $1_0, 2_0, 3_0, \dots, n_0$ トシ各分点ヨリ直角線 $1_0 1', 2_0 2', 3_0 3'$ 等ヲ引キ別ニ圓キタル AB ナ直径トセル圓周ト $1', 2', 3'$ 等ニテ合セシム次ニ A ナ中心トシテ $A 1', A 2'$ 等ヲ半徑トシテ AB 上ニ移シ其ノ点ヲ 1, 2, 3

等トセバ是等ノ点ハ各 equal pressure ナ得ベキ Section ナ與フルモノナリトス何トナレバ m 点ヲ取リテ考フルニ

$$\triangle Am'B \propto \triangle Am_0 m'$$

$$\frac{Am'}{AB} = \frac{Am_0}{Am'}$$

$$Am'^2 = Am_0 \cdot AB$$

$$= \frac{h}{n} m \cdot h$$

欠

欠

加ハル水壓力及ヒ其中心如何.

$$P = w h_c A.$$

但シ $h_c = 30 - 2 = 28'$.

$$A = \frac{\pi \times 4^2}{4} = 12.57 \text{ sq. ft.}$$

故ニ $P = 62.4 \times 28 \times 12.57 = 21,964$ 封度.

方向ハ水平ナリ.

$$y_p = y_c + \frac{I}{Ay_c} = 28 + \frac{2 \times 2}{4 \times 28} = 28'.036$$

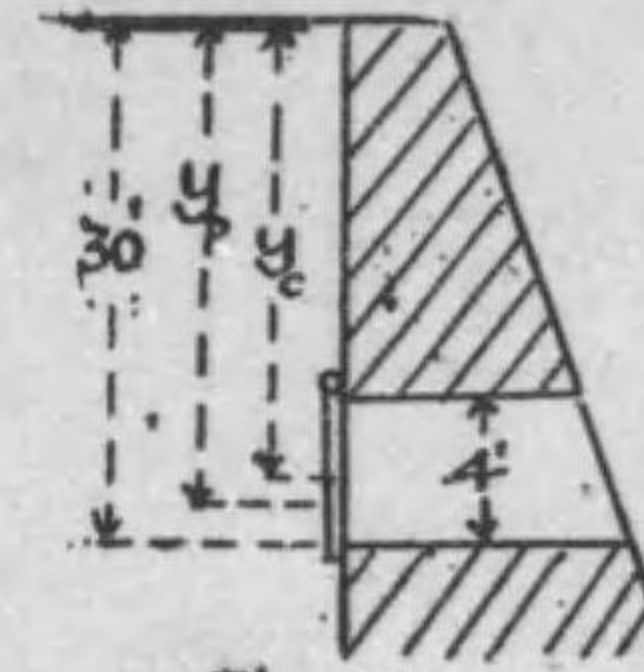


Fig. 21

若シ急速ニ此ノ扉ヲ閉ス時ハ流出中ナリシ水ノ作用ニヨリ其ノ下流ニ真空ヲ作ズルノ虞アリ若シ是レヲ考ヘニ入ル、時ハ

$$P = w. (h_c + 34) A.$$

$$= 62.4 \times (28 + 34) \times 12.57 = 48,760 \text{ 封度}$$

$$y_p = y_c + \frac{I}{Ay_c} = 62.4 + \frac{2 \times 2}{4 \times 62} = 62'.016.$$

但シ此ノ y_p ハ實際ノ水面ヨリ 34 呎上ニ axis ヲ取リタルモノナル故ニ實際ノ水面ヨリハ $62.016 - 34 = 28.016$ 呎ナリ.

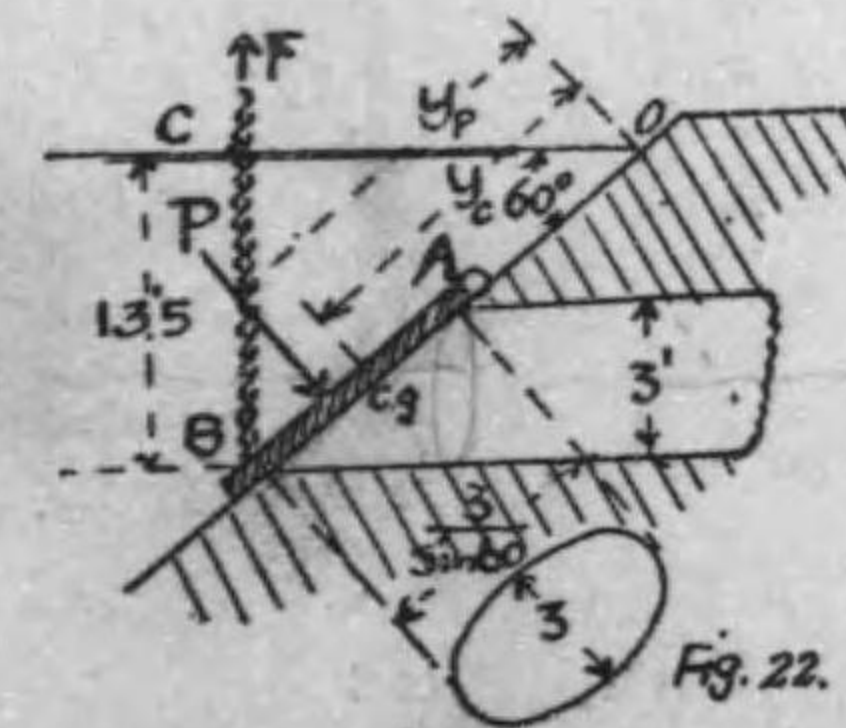


Fig. 22

(4) Dam ヲ横斷セル 3 呎徑ノ暗渠アリ其ノ入口ニハ上部 (A) ニ hinge (蝶鉸) ヲ有スル鐵扉ヲ付シ其ノ下部 B ニ引揚ケ鎖ヲ付シテ垂直 BC ナル方向ニ F ナル力ヲ以テ開カントス扉ハ水平ト 60° ノ角度ヲナシ水深ハ暗渠ノ底ニ於テ 13.5 呎ナリ今此ノ扉ニ働ク水壓力 P 及ヒ其ノ働点

並ニ鎖ノ重サ 25 封度扉ノ重サ 240 封度トセバ開扉ニ要スル F ノ大サ如何.

$$P = w. h_c A.$$

但シ $h_c = 13.5 - 1.5 = 12'.0$

$$A = \pi r \frac{r}{\sin 60^\circ}$$

故 =

$$P = 62.4 \times 12 \times \frac{3.14 \times 1.5^2}{0.866} = 6110. \#$$

$$y_p = y_c + \frac{I}{A y_c} = \frac{12.0}{\sin 60^\circ} + \left(\frac{1.5}{\sin 60^\circ} \right)^2 \frac{\sin 60^\circ}{4 \times 12}$$

$$= 13.86 + 0.05 = 13.91.$$

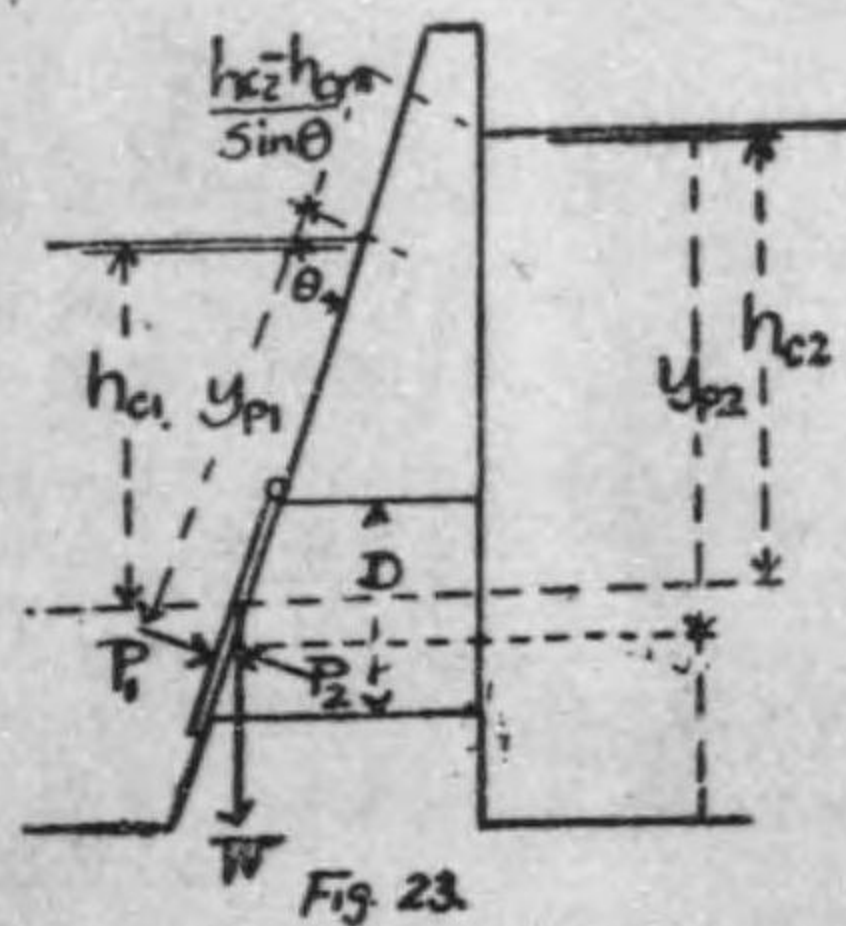
Taking Moment at o

$$F \times 13.5 \cot 60^\circ = P \cdot y_p = 6110 \times 13.91$$

$$F = \frac{6110 \times 13.91}{13.5 \times 0.577} = 10910. \#$$

鎖及扉ノ重量ヲ加ヘテ

$$F = 10910 + 240 \times \frac{1.5}{3.0} + 25.0 = 11,045. \#$$



(6) 第廿三圖ノ如キ兩側ニ水ヲ有
スル壁ニ設ケタル孔口ニ附セシ
招戸ニ於テ其ノ働キ始ムル場合
ノ戸ノ傾キ水深及戸ノ重サ間ノ
關係ヲ表ハセ。

戸ノ水中ニ於ケル重サ = W

戸ノ面積 = B x D.

$$P_1 = w \cdot h_{c1} \cdot A ; P_2 = w \cdot h_{c2} \cdot A.$$

$$y_{p1} = y_c + \frac{I}{A y_c} = \frac{h_{c1}}{\sin \theta} + \frac{D^2 \sin \theta}{12 h_{c1}}$$

$$y_{p2} = \frac{h_{c2}}{\sin \theta} + \frac{D^2 \sin \theta}{12 h_{c2}}$$

o-oニ於テ Momentヲ取リ

$$P_1 y_{p1} + W \cdot \frac{h_{c1}}{\tan \theta} - P_2 \left(y_{p2} - \frac{h_{c2} - h_{c1}}{\sin \theta} \right) = 0.$$

$$w \cdot h_{c1} \cdot A \cdot \left(\frac{h_{c1}}{\sin \theta} + \frac{D^2 \sin \theta}{12 h_{c1}} \right) + W \cdot \frac{h_{c1}}{\tan \theta}$$

$$- w \cdot h_{c2} \cdot A \cdot \left(\frac{h_{c2}}{\sin \theta} + \frac{D^2 \sin \theta}{12 h_{c2}} - \frac{h_{c2} - h_{c1}}{\sin \theta} \right) = 0.$$

$$h_{c1} \left(\frac{h_{c1}}{\sin \theta} + \frac{D^2 \sin \theta}{12 h_{c1}} \right) + \frac{W}{w A} \frac{h_{c1}}{\tan \theta}$$

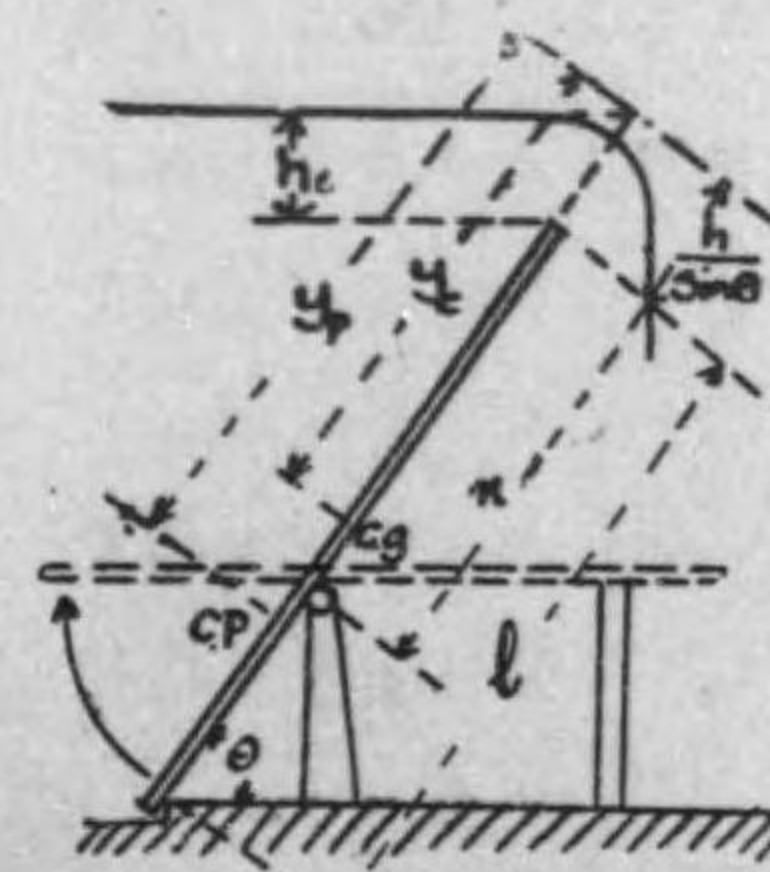
$$= h_{c2} \left(\frac{h_{c2}}{\sin \theta} + \frac{D^2 \sin \theta}{12 h_{c2}} - \frac{h_{c2} - h_{c1}}{\sin \theta} \right).$$

$$\frac{h_{c1}^2}{\sin \theta} + \frac{D^2 \sin \theta}{12} + \frac{W}{w A} \frac{h_{c1}}{\tan \theta} = \frac{h_{c2}^2}{\sin \theta} + \frac{D^2 \sin \theta}{12} - \frac{h_{c2}(h_{c2} - h_{c1})}{\sin \theta}$$

$$h_{c1}^2 + \frac{W}{w A} \cdot h_{c1} \cos \theta = h_{c2}^2 - h_{c2}^2 + h_{c2} h_{c1}$$

$$h_{c2} = h_{c1} + \frac{W}{w A} \cos \theta$$

Wノ小ナル時又ハthetaノ大ナル時ニハ h_c2 = h_c1. トナル



(7) 第廿四圖ノ如キ回轉堰即チ水位ノ
上昇ニ從ヒ堰上ヲ或ル深サニ溢流ス
ル時ハ自働的ニ回轉シテ点線ヲ以テ
示ス如キ位置ヲ取ルモノトス堰板ノ
長サヲlトシ上端ヨリnlノ長サニテ
支持セラレタル時支持点ニ摩擦等ノ
抵抗ナキモノト考ヘhトnトノ關係
ヲ式ニテ表ハセ。

堰ノ回轉ハ水位ノ上昇スルニ從ヒ

Center of pressure 漸次上昇シテ遂ニ支持点ニ合スル時ニ起ル故ニ

$$nl + \frac{h}{\sin \theta} = y_p \dots \dots \dots (1)$$

ナル條件ヲ満足セザル可カラズ故ニ

$$y_p = y_c + \frac{I}{A y_c} = \left(\frac{l}{2} + \frac{h}{\sin \theta} \right) + \frac{l^2}{12 \left(\frac{l}{2} + \frac{h}{\sin \theta} \right)}$$

$$= \frac{l}{2} + \frac{h}{\sin \theta} + \frac{l^2 \sin \theta}{6 (l \sin \theta + 2h)}$$

(1)式ニヨリ

$$nl + \frac{h}{\sin \theta} = \frac{l}{2} + \frac{h}{\sin \theta} + \frac{l^2 \sin \theta}{6 (l \sin \theta + 2h)}$$

$$\left(n - \frac{1}{2}\right)l = \frac{l^2 \sin \theta}{6(l \sin \theta + 2h)}$$

$$6\left(n - \frac{1}{2}\right)(l \sin \theta + 2h) = l \sin \theta$$

$$h = \frac{1 - 6\left(n - \frac{1}{2}\right)}{2 \times 6\left(n - \frac{1}{2}\right)} l \sin \theta = \frac{4 - 6n}{12n - 6} l \sin \theta$$

$$= \frac{2 - 3n}{6n - 3} l \sin \theta$$

$$= \frac{2 - 3n}{3n - 1} \frac{l}{3} \sin \theta$$

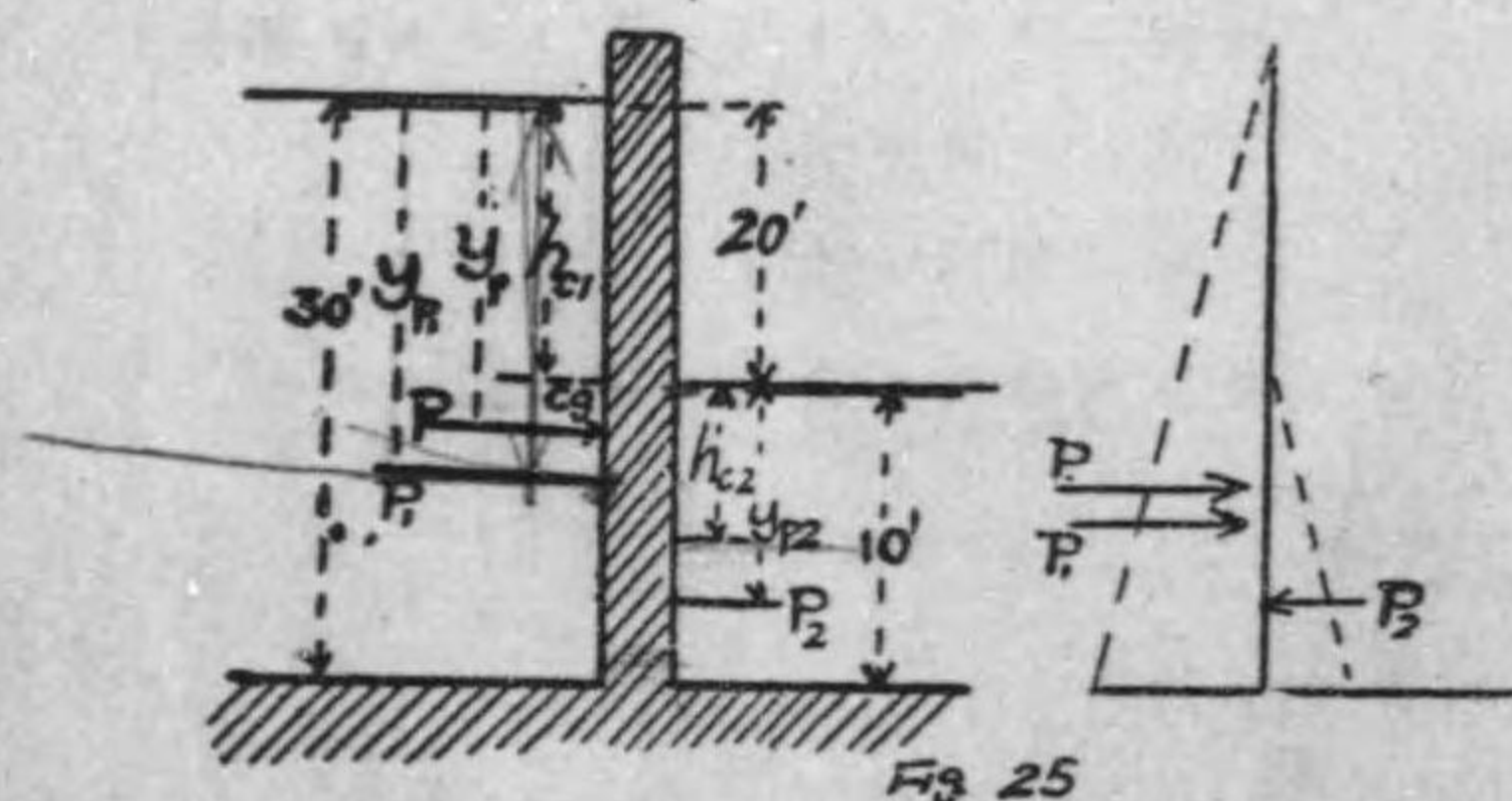
即ち本式ヨリ n を知リテ h を求ムルコトヲ得。

若シ $n = \frac{2}{3}$ 即ち數ヨリ $\frac{1}{3}$ ノ所ニテ支ヘタリトセバ $h = 0$ 溢流

セズシテ回轉スベシ又々 $n = \frac{1}{2}$ トセバ $h = \infty$ 無限大トナリテ如何ニ溢流スルモ回轉セザル可シ。

尙 h を知リテ n を見出サントセバ

$$n = \frac{1}{2} + \frac{l \sin \theta}{6(l \sin \theta + 2h)}$$



Resultant pressure 及 Centre of pressure 如何。

$$P_1 = \text{Total upper normal pressure} = w \cdot hc_1 \cdot A = 62.4 \times 15 \times 30 \times 8 = 224,640 \#$$

壁面垂直ナル故ニ P_1 ノ水平ナリ。

$$P_2 = \text{Total lower normal pressure} = w \cdot hc_2 \cdot A = 62.4 \times 5 \times 10 \times 8 = 24,960 \#$$

ヨリ求ムルコトヲ得ベシ。

(*) 第廿五圖ノ如ク隔壁ニ於テ一室ハ水深 30'。他室ハ 10' ニシテ壁ノ長サ 8' ナル時此ノ壁ニ働ク

P_2 ノ方向モ水平ナリ。

$$\text{Resultant pressure } P = P_1 - P_2 = 224,640 - 24,960 = 199,680 \text{ lbs.}$$

P_1 ノ働点ハ

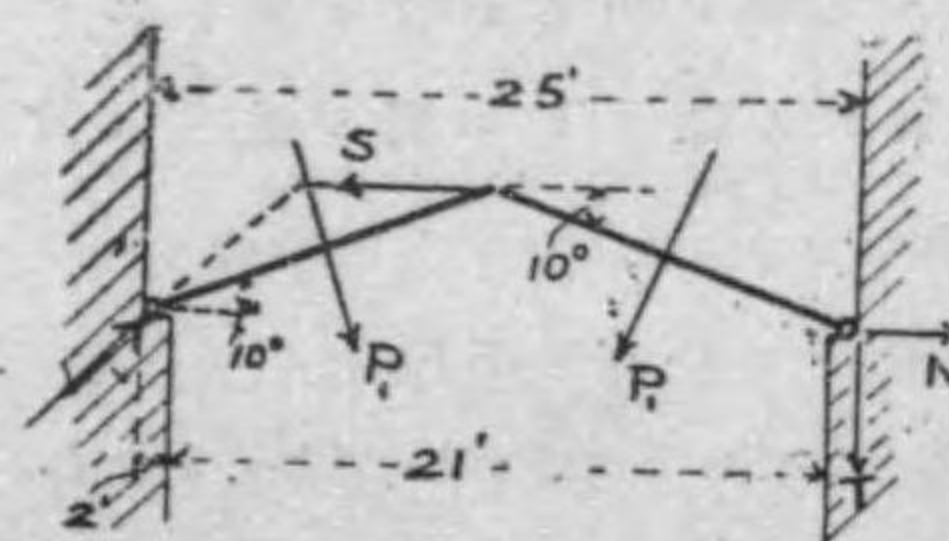
$$y_{p1} = \frac{2}{3} \times 30 = 20'$$

P_2 ノ働点ハ

$$y_{p2} = \frac{2}{3} \times 10 = 6\frac{2}{3}'$$

P ノ働点即ち Centre of pressure ハ 0-0 ニテ Moment を取りテ見出スコトヲ得。

$$y_p = \frac{224,640 \times 20 - 24,960 \times 6.67}{224,640 - 24,960} = 19.16 \text{ ft.}$$



(*) Span 21 呎ナル閘門ニ於テ

10°ノ角度ニ二枚ノ合掌扉ヲ設ケタル時其ノ扉ニ起ル直應力及壁ニ及ボス力 N.T. ノ大サヲ求ム。

S ち Crown ニ於ケル水平力トスレバ

$$S = \frac{P_1}{2 \sin 10^\circ}$$

第廿六圖ノ force diagram ヲ

$$R = \sqrt{S^2 + P_1^2 - 2SP_1 \cos(90^\circ - 10^\circ)}$$

$$\cos(90^\circ - 10^\circ) = \sin 10^\circ \quad \text{且上式 } S \text{ ノ式ヲ入レ}$$

$$R = \sqrt{s^2 + 4s^2 \sin^2 10^\circ - 4s^2 \sin^2 10^\circ} = s$$

即ち $R = S$ 。ニシテ 角 ABC = 角 ACB = $90^\circ - 10^\circ$ ナルコト及ビ 角 BAC = $180^\circ - (90^\circ - 10^\circ) \times 2 = 2 \times 10^\circ$ 。ナルコトヲ知ル從ツテ 角 CAD = $90^\circ - 2 \times 10^\circ$ 。ナルニヨリ

$$T = R \cos(90^\circ - 2 \times 10^\circ) = \frac{P_1}{2 \sin 10^\circ} \sin(2 \times 10^\circ)$$

$$N = R \sin(90^\circ - 2 \times 10^\circ) = \frac{P_1}{2 \sin 10^\circ} \cos(2 \times 10^\circ)$$

$$\text{扉内ニ於ケル直壓力} = S \cos 10^\circ = \frac{P_1}{2 \sin 10^\circ} \cos 10^\circ.$$

今水深 20' ニ於ケル深 1' ニ對スル各數値ヲ見出サンニ海水トシ
テ一立方呎ヲ 64 lbs トシ

$$R = S = \frac{P_1}{2 \sin 10^\circ} = \frac{1}{2 \sin 10^\circ} \cdot \frac{25}{2 \times .342} \cdot 64 \times 20 = 46780 \text{ lbs.}$$

$$N = 46780 \times \cos(2 \times 10^\circ) = 46780 \times 0.939 = 43,960, \text{ lbs.}$$

$$T = " \times \sin(2 \times 10^\circ) = " \times .342 = 16,000, "$$

$$Q = \text{直應力} = 46780 \times 0.985 = 46,080, "$$

尙扉ノ設計ニ對シテハ上記直應力ノ外ニ水壓ニヨル Bending
Moment ヲモ合セ考フルヲ要ス.

(10) 第廿七圖ノ如キ圓形頭部ヲ有スル水槽ノ内外水位ヲ異ニスル
モノアリ今半徑ヲ r トシ水深 20' ニ於ケル深サ 1' ニ對シ生ズル P
ナル應力ノ大サ如何.

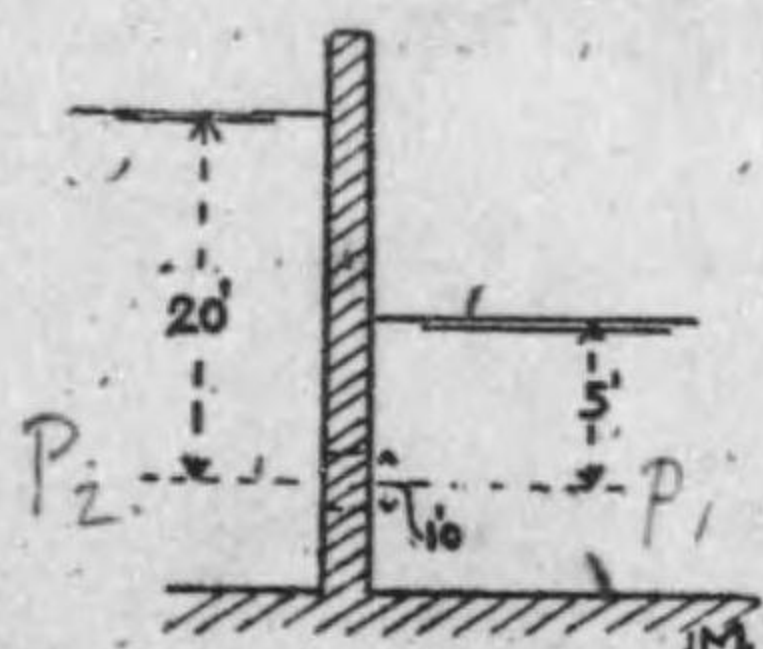


Fig. 27

水深 20' ニ於ケル水壓ハ

$$p_1 = w \cdot h = 62.4 \times 20 = 1248, \text{ \#/sq.ft.}$$

水深 5' ニ於ケル水壓ハ

$$p_2 = w \cdot h = 62.4 \times 5 = 312, \text{ \#/sq.ft.}$$

P1 ニヨリテ生ズル

$$P_1 = r \cdot p_1 = 1248 r.$$

P2 ニヨリテ生ズルモノハ

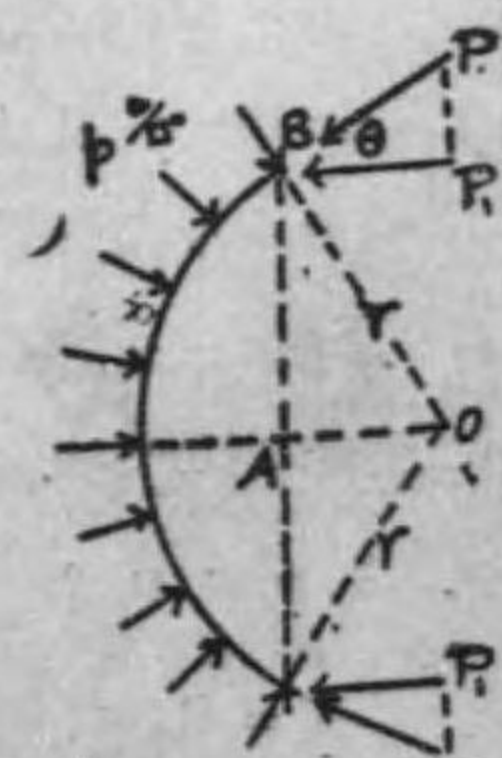


Fig. 28

$$P_2 = r \cdot p_2 = 312 r.$$

故ニ

$$P = 1248 r - 312 r = 936 r.$$

若シ欠圓ノ場合ニハ第廿八圖ノ如ク.

$$P = P_1 \frac{1}{\cos \theta}.$$

但シ

$$P_1 = p \cdot \overline{AB}.$$

$$\cos \theta = \frac{\overline{AB}}{OB} = \frac{\overline{AB}}{r}$$

故ニ

$$P = p \cdot \overline{AB} \frac{1}{\frac{\overline{AB}}{r}} = pr$$

即チ欠圓ニ於テモ其ノ直應力ハ pr. ヲ以テ表ハサル内壓力ノ場
合モ亦同シ.

Chapter 3. Motion of water (水ノ運動)

1). Two modes of motion. (運動ノ二態)

水ノミナラズ他ノ fluid ニ於テモ其ノ motion ニ 2
ツノ相異ナレル状態アリテ特ニ Hydraulics ニアリ
テハ是レアルガ爲メニ水ノ運動ヲ一律ニ定ムルコ
トヲ得ズシテ研究上困難ヲ來サシムルモノナリ.

水ノ Mass ニ外力ヲ働カシメ其ノ運動ヲ促進シ又
ハ遅緩セシムル時其ノ Mass ハ外的運動ノ變化ヲ來
スト共ニ内的ニモ亦其ノ働キヲ受ケテ摩擦其他ノ
如キ抵抗力ヲ生ジ即チ外力ニヨリ與ヘラレタル勢
力ハ一ツハ外的運動ノ變化ニ他ハ内的運動ノ爲メ
ニ消費セラルルモノナリ.

而シテ其ノ内的運動即チ Mass 内ニ於ケル所謂

friction ノ状態ヲ委細ニ研究スル時ハ受ケタル外力換言スレバ其ノ時ノ外的作用ノ強弱ニヨリ二様ノ状態ヲ呈スルコトヲ知ルヲ得ベク即チ外的作用ノ弱キ場合例ヘバ極メテ緩漫ナル速度ニテ流ル、水ノBodyニ於テハ單ニViscosityヲ有スルノミ而カモDistortion小ナル故ニ其ノ量モ亦極メテ僅小ナルベク而シテFrictionハ其ノ時ノVelocityニ比例スルモノノ如ク又外的作用強ク例ヘバ數尺ノ速度ニテ流ルル水ノ如キハMass内ニ個々ノ渦卷ヲ生シ水分子ノ秩序ハ錯亂セラルベキ故ニ爲メニ要スベキ勢力多ク從ツテFrictionハ其ノ時ノVelocityノ2乗ニ比例スルガ如ク約二様ノ現象ヲ認ムルモノニシテ前者ヲStream line motion (線的水流)又タハNonsinuous motion (直線運動)後者ヲTurbulent motion (渦的水流)又ハSinuous motion (波狀運動)ト云フ。

1883年 Osborne Reynolds ハ糸又ハ Ink ヲ是等ノ水流

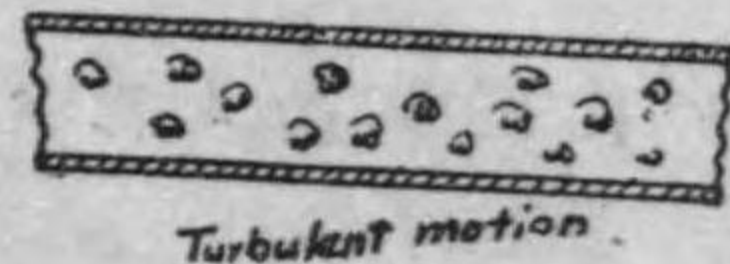


Fig. 29

ニ投シテ上記ノ如キ2 Modesヲ見出し且ツFrictionトVelocityトノ關係ヲ研究セリ。

Stream line motionハvelocity極メテ小ナルカPipeノ徑極メテ小ナル場合ニ生ズル現

象ニシテ實地計畫上其ノ研究ヲ必要トスルコト少ナク爲メニ未ダ是レニ對スル研究ハ全タカラズ然ルニTurbulent motionハ技術上取扱フ殆ンド大部分ノ水流ニ對スルモノナル故ニ幾多ノ實驗ヲ經テ今日不完全ナリト雖日常使用スル如キ各權威者ノ實驗公式ヲ生ジタル所以ナリトス而シテ此等實驗公式ハ皆Turbulent motionニ對スルモノナル故ニStream line motionノ水流ニハ適用シ得ズ即チ此ノMotionノ變化ヲ起スベキ限界流速ヲ所謂Critical velocityト稱シ未ダ明瞭ナラザレモ Reynolds氏ノ實驗ニヨレバCritical velocityニハ高低二種アリテ普通温度ニ於テ

徑	1"	2"	3"	6"	12"	
温度 68°F	.26	.13	.09	.04	.022	lower critical velocity ft/sec
"	1.68	.84	.56	.28	.140	higher "

Barnes and Coker氏ハ尙此ノ2倍ノVelocityニ達スルコトアリト言ヘリ何レモ實驗ノ方法ニヨリカク結果ヲ異ニスルモノト考ヘラル。

海潮ノ運動ハ干潮時ニ於テ流速零ニシテ漸次速度ヲ増シ滿潮時ニ於テ再ビ零トナル此間Velocityノ大ナル時ハTurbulent motionヲナセドモ滿干潮ニ近キ時ニハStream line motionヲ起スモノナリ。

2). Flow of water. (水流)

1°. Falling bodies and energy (落體及勢力).

水流ヲ生ズル根源ハ地球ノ重力ニ歸セラルベカラズ從ツテ Falling body ノ公式ヲ水流ニ適用シ.

單ニ重力ノミノ働キニヨリ静止ノ状態ヨリ h ナル距離ヲ落下シタル水ハ

$$V = \sqrt{2gh} = 8.02\sqrt{h}$$

ナル Velocity ヲ有ス尙此レニハ空氣ノ抵抗ト及ビ水路ヲ流ル、水ハ水路壁トノ摩擦等ヲ考ヘニ入ル、ヲ要ス.

W 噸ノ水ノ有スル Kinetic energy ハ其ノ時ノ Velocity ヲ V トシ

$$K. E = W \cdot \frac{V^2}{2g}, \text{ (ft. pounds)}$$

又々 h ナル高サニアル W 噸ノ水ノ有スル Potential energy ハ

$$P. E = W h, \text{ (ft. pounds)}$$

又々 $h = \frac{\text{Intensity of pressure (p)}}{w}$

ナル故ニ

$$P. E = W \cdot \frac{P}{w}, \text{ (ft. pounds)}$$

トモ表スコトヲ得.

2°. Definition of flow (水流ノ定義)

Flow of water (水流)ハ一般ニ水ノ Body ノ移動ヲ意味シ各部ニ於ケル高サ又々ハ壓力ノ不平衡ニヨリ生ズルモノナリ.

Stream of water (水流)

空中ニ放出セララル、Flow 又々ハ固體ヲ以テ製作セラレ或ハ固體内ニ設ケラレタル水路ノ中ニ流ル、Flow ヲ云フ.

3°. Discharge or Volume of flow (流量).

アル一定時間普通一秒時間内ニアル一定ノ断面ヲ通過スル水量ヲ云フ一秒間ニ立方呎ヲ以テ表ハセシ流量ヲ秒呎ト云ヒ立方尺ニテ示シタルモノヲ我國ニ於テ個ト云フ.

今 Q ナ秒呎ニテ表ハセシ流量.

V ナアル一定断面ヲ水ノ通過スル平均速度.一秒間ニ呎

A ナ断面積平方呎

トモバ次ノ關係アリ.

$$Q = AV.$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$A = \frac{Q}{V}.$$

4°. Cross sectional area (横斷面積)

横斷面積ハ Flow ノ方向ニ直角ナル Plane ヲ以テ Flow ヲ横斷シタル其ノ面積ヲ云ヒ水路ノ横斷面トハ自ラ別ナリ.

5°. Mean velocity of flow. (平均流速)

横斷面各点ノ Velocity ハ一樣ナラズ普通兩側及底部ニ小ニシテ中央ニ於テ大ナルヲ原則トスカ、ル不同ナル Velocity ヲ横斷面全般ニ平均シタルモノヲ平均流速ト云フ尙詳細ハ開渠ノ章ニ譲ル.

6°. Steady flow (定流)

或ル一定ノ Section ニ於テ常ニ Stream ノ Sectional area, 壓力, 方向及ビ Mean velocity 不變ナル如キ Flow ヲ稱シテ Steady flow ト云フ從ツテ Steady flow ハ常ニ流量一定ナルモノニシテ嚴密ニ言ヘバカ、ル水流ハ事實ニ於テ存在スルコトナカルベキモ唯短時間ヲ採リテ考フル時ハ多クハ約 Steady flow ト考フルモ差支ナキ場合多シ.

Steady flow ニアラザル flow ヲ Unsteady flow ト云フ.

7°. Uniform flow. (整流)

Stream ノ相隣リタル各断面ニ於テ其ノ Mean velocity 相等シキ Steady flow ヲ Uniform flow ト云フ從ツテ Uniform flow ハ各 Section, discharge, area, mean velocity

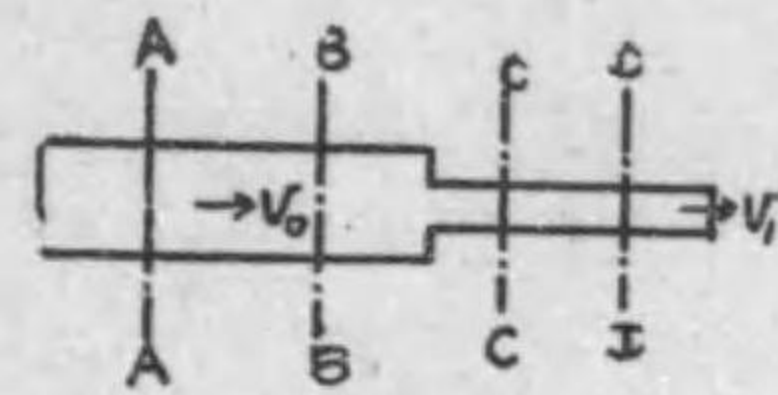


Fig 30

長サニ亘リ何レモ等シキモノナリ。

第三十圖ノ如キ pipe 中ヲ流ル、flow ハ Steady flow ナリト雖モ A, B ト C, D トハ

Section ヲ異ニシ Mean velocity ヲ異ニスル故ニ AD 間ニ於テハ Uniformflow ト稱スルヲ得ズ。

常ニ Constant discharge Q ヲ流ス時ハ A 及 B ニ於テハ

$$V_0 = \frac{Q}{A_0} \quad \text{又ハ} \quad Q = V_0 A_0$$

又タ C 及 D ニ於テハ

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} \quad \text{又ハ} \quad Q = V_1 A_1$$

$$\text{故ニ} \quad V_0 A_0 = V_1 A_1 \quad \text{又ハ} \quad \frac{V_0}{V_1} = \frac{A_1}{A_0}$$

即チ Mean velocity ハ Area ニ逆比例シテ同一ノ流量ヲ保ツモノナリ之レヲ Continuity of flow (水ノ連続性)ト云フ。

3). Bernoulli's theorem.

Steady flow ニ於テハ何レノ Section ニ就テ考フルモ

Potential energy + Pressure energy + Kinetic energy = Constant. 即チ何レノ点モ其ノ有スル Energy ノ和ハ同一ナリトノ定理ニシテ Velocity 又タハ Head ヲ見出スニ必要

ナルモノナリ。

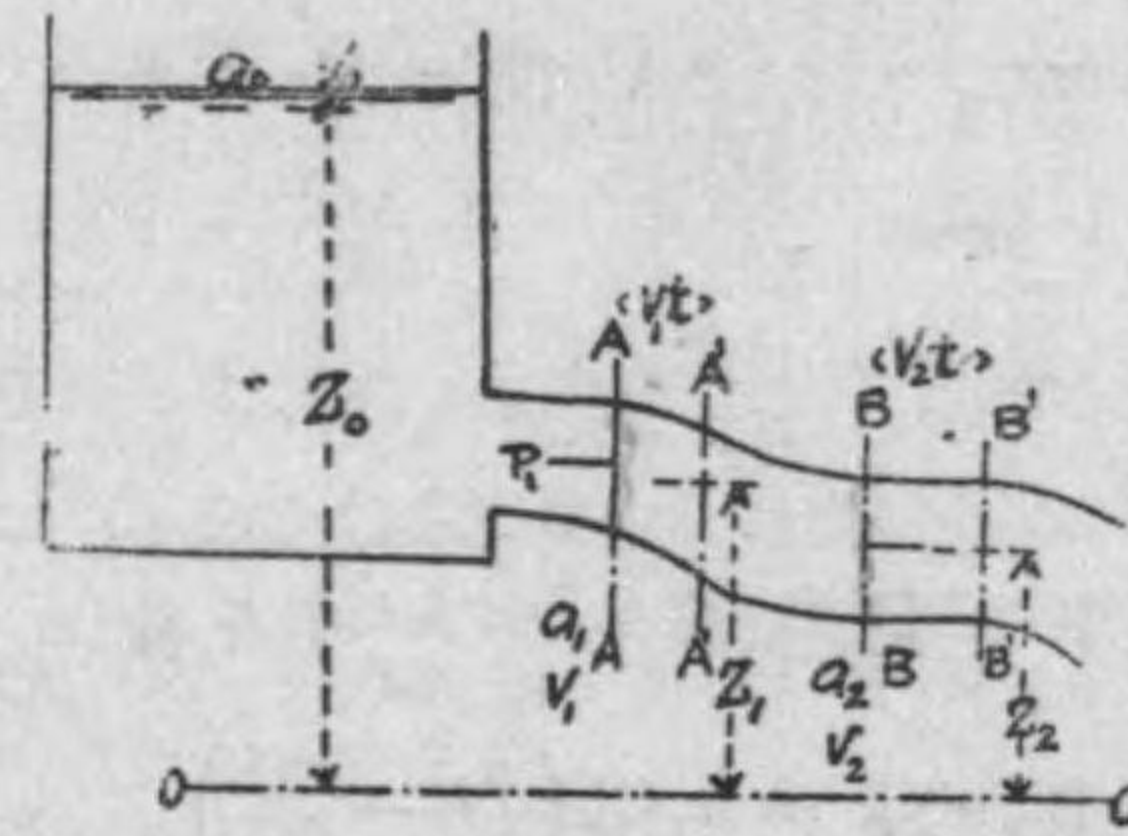


Fig. 31.

第三十一圖ノ如キ水槽ヨリ分タル水路中任意ノ二断面 A 及 B ヲ取り次ニ t 時間後ニ A ハ A' ニ B ハ B' ニ

移リタリト考フ即

チ AB 間ノ水ハ A'B' ニ流下シ其ノ中 A'B 間ハ前後共通ニシテ變化ナキモノト考ヘ得ル故ニ唯 AA' 間ノ水ガ BB' 間ノ水ニ移リタリトシテ差支ナシ始メ AB 間ノ水ニ働キシ外力ハ V1 ナル流速ト P1, P2 ナル水壓ト及ビ Z1 ナル高サニヨルカナリトス今此等ノ力ガ A'B' ニ流下スル爲メニナセシ Work done (仕事) ヲ考フルニ單位時間ノ Discharge ヲ Q トシ

$$\text{Workdone by gravity} = w.Qt. (z_1 - z_2) \text{ (ft-pound)}$$

$$\text{Workdone by } P_1 = a_1 P_1 v_1 t = Q P_1 t. \quad "$$

$$\text{Workdone by } P_2 = -a_2 P_2 v_2 t = -Q P_2 t. \quad "$$

(力ノ方向ト逆ニ仕事シタル故ニ negative work トス)

故 = Total workdone
 = $w \cdot Qt (Z_1 - Z_2) + Qp_1t - Qp_2t$
 = $w \cdot Qt (Z_1 - Z_2) + Qt (p_1 - p_2)$

又 t 時間 = 變化シタル Kynetic energy ノ量ハ BB' 間
 = 於ケル水ノ有スル Energy ヨリ AA' 間 = 於ケルモ
 ノヲ減ジタルモノニ等シ故 =

$$w \cdot Q \cdot t \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

此ノ量ハ施サレタル仕事ノ量 = 等シカル可キ故 =

$$w \cdot Q \cdot t \cdot (Z_1 - Z_2) + Qt (p_1 - p_2) = w \cdot Q \cdot t \cdot \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

又ハ $w \cdot (Z_1 - Z_2) + (p_1 - p_2) = w \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right)$

或ハ $Z_1 + \frac{p_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g}$

$\frac{p_1}{w} = h_1 ; \frac{p_2}{w} = h_2$ ナル故 =

$$Z_1 + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

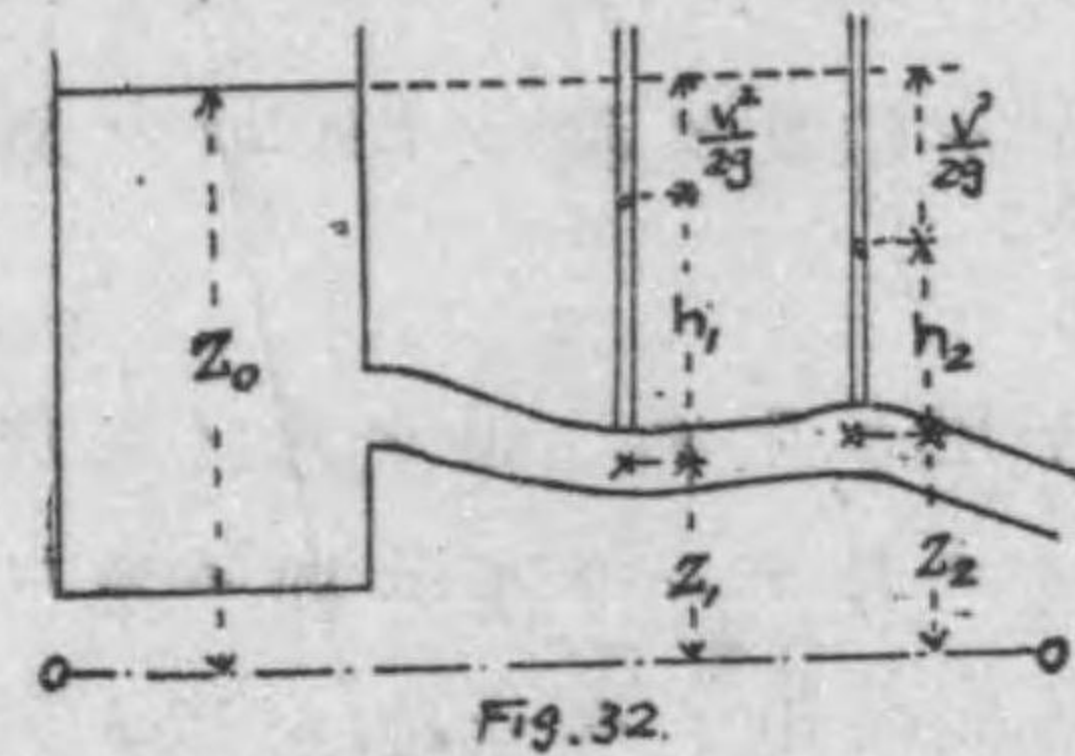
而シテ A.B. 断面ハ任意ノ場所ニ撰ミタルヲ以テ第
 三十一圖ノ如ク水槽ノ表面ニ取ルモ差支ナシ故 =

$$Z_0 + 0 + 0 = Z_1 + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{v_2^2}{2g} = \text{Constant.}$$

又ハ $Z_0 - (Z_1 + h_1) = \frac{v_1^2}{2g}$

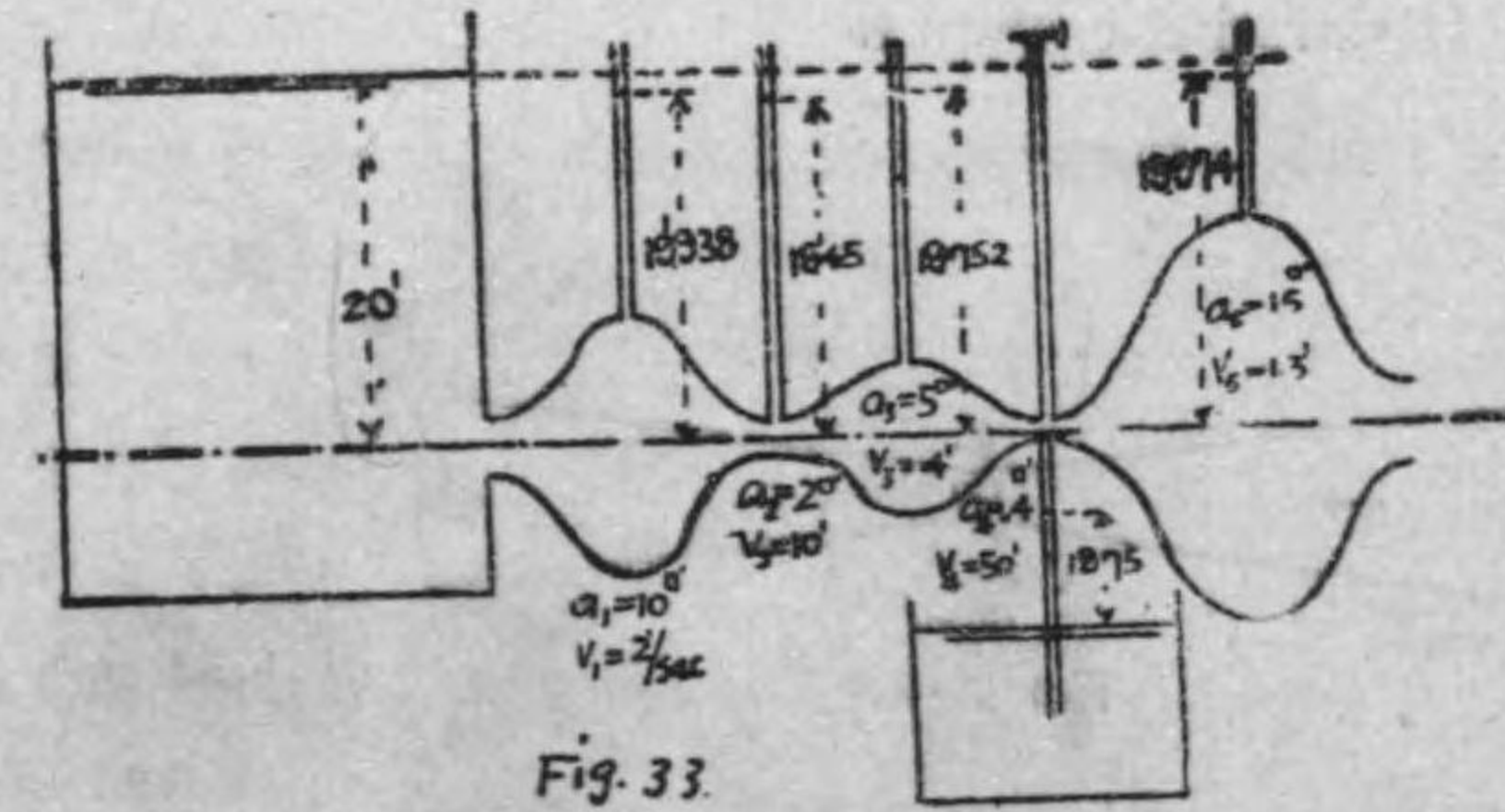
$$Z_0 - (Z_2 + h_2) = \frac{v_2^2}{2g}$$

是レヲ圖示スレバ



0-0 ナル一水平面
 ヨリ水面迄ノ間隔
 Z_0 ハ常ニ何レノ点
 ニ於テモ流速水頭
 $\left(\frac{v^2}{2g} \right)$ 壓力水頭(h)
 及其高サZノ和ニ
 等シキヲ知ルベシ。

今此定理ヲ用ヒ次ノ如キ設備ニ於テ各 Piezometer
 (水位計)ニ上ル水位ヲ知ランニ。



Axis ヲ管ノ中心ニ取レバ Z ハ何レモ零ナリ仍テ

$$20.0 = \frac{2^2}{2g} + h_1 \text{ or } h_1 = 20.0 - 0.0155 \times 2^2 = 19.938$$

同様 = $h_2 = 20.0 - 0.0155 \times 10^2 = 18.45$

$$20.0 = \frac{4^2}{2g} + h_3 \text{ or } h_3 = 20.0 - 0.0155 \times 4^2 = 19'.752$$

同様ニ

$$h_4 = 20.0 - 0.0155 \times 50^2 = -18'.75$$

"

$$h_5 = 20.0 - 0.0155 \times 1.3^2 = 19'.974$$

第4ノSectionニ於テハHeadハ負トナリ其ノHeadニ相當スル水ヲ吸上グル結果ヲ現シEjectorノ原理トナル。

此ノ定理ハ以後屢々用ヒラル。但シ此ノ定理ニハ尙Pipe内ノ摩擦抵抗ヲ考フルヲ要ス即チ第三十三圖ニ於テ得タルPiezometer中ノ各水位ハPipeノFrictionニヨリテ生ズル水位ノ低下ヲ考ヘニ入ル、ヲ要スルモFrictionニ關シテハ後項Pipeノ項ニ於テ説明セントス。

4). Illustrative examples

(1) 第三十四圖ノ如ク水平ノ位置ニ置カレタル断面10平方呎管ノ一

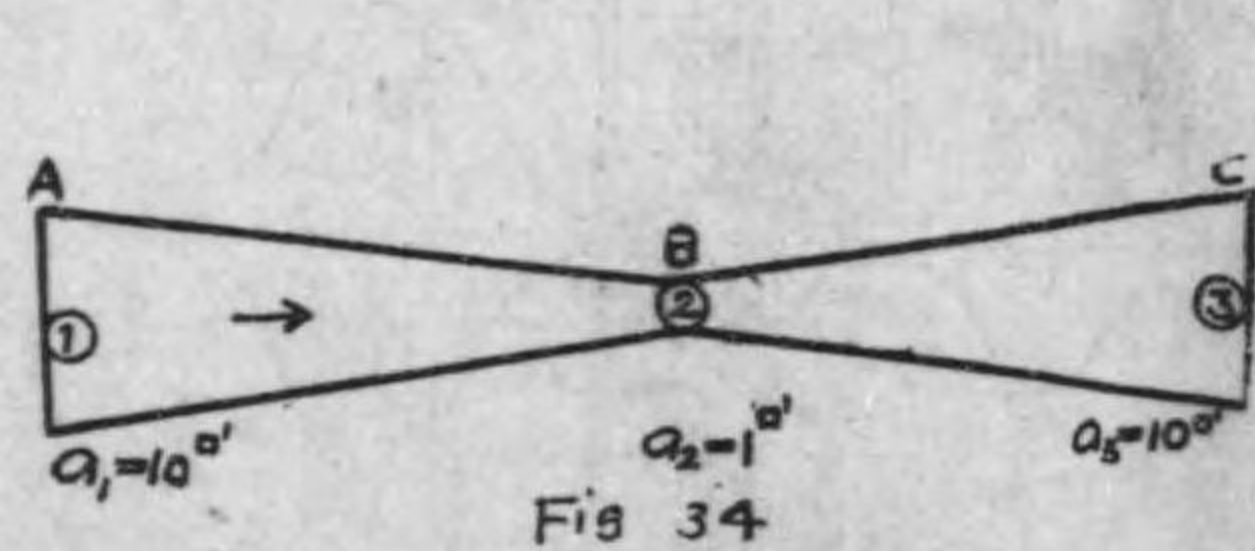


Fig 34

部ニ於テ断面ヲ1呎ニ縮小シタル場合若シAニ於ケルPressure head(壓力水頭)ヲ100呎トシ且ツ

流速ヲ3呎毎秒トセバBニ於ケルPressure head及ビVelocityヲ計算セヨ。

又タAトBトノPressure headノ差ヲ2呎トセバAニ於ケルVelocity如何。

先ツBernoulli's theoremヲ適用シ。

$$Z_1 + \frac{P_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$0 + 100 + \frac{3^2}{2g} = 0 + \frac{P_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g} \dots (1)$$

又タ $a_1 v_1 = a_2 v_2 = Q$ ナル故ニ

$$v_2 = \frac{a_1}{a_2} v_1 = \frac{10}{1} \times 3 = 30 \text{ 呎/毎秒}$$

故ニ(1)式ニヨリ

$$\frac{P_2}{w} = 100 + \frac{3^2}{2g} - \frac{30^2}{2g} = 100 - 13.85 = 86'.15$$

即チ求ムル流速ハ30呎/毎秒ニシテ其ノPressure headハ86'.15ナリ。

又タ最初ノ式ニヨリ

$$\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_1}{w} - \frac{P_2}{w}$$

ニシテ $\frac{P_1}{w} - \frac{P_2}{w} = 2 \text{ ft}$ 且ツ $v_2 = \frac{a_1}{a_2} v_1 = 10 v_1$ ナル故ニ

$$\frac{v_1^2}{2g} (100 - 1) = 2$$

故ニ $v_1 = \left(\frac{4g}{99}\right)^{\frac{1}{2}} = 1.14 \text{ 呎/毎秒}$

(2) Syphon Spillway. (彎管溢流路)

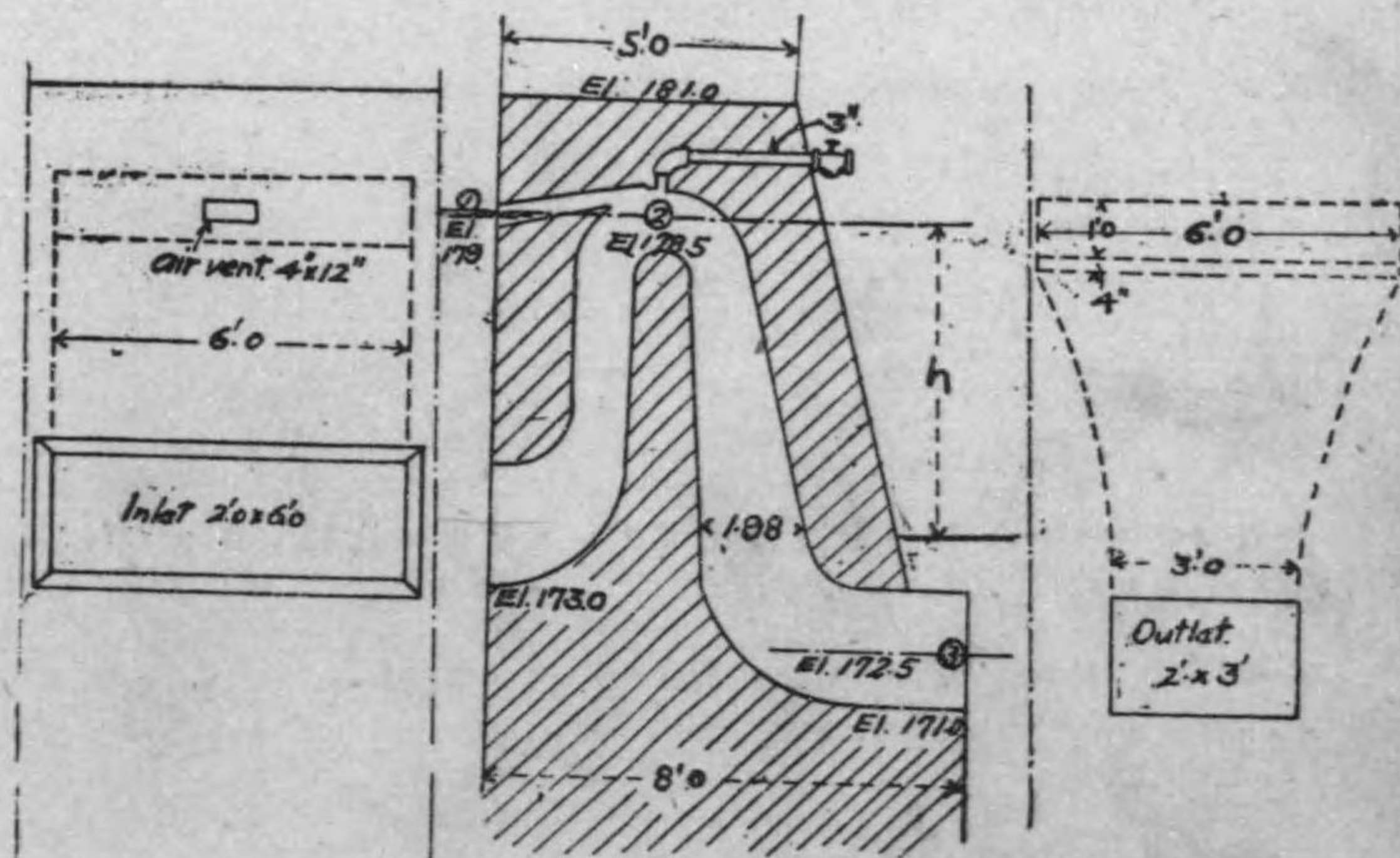


Fig 35.

第三十五圖ノ如キ Syphon (Glens falls feeder in U. S. A. discussed in Proceeding of. Am. so. of. C. E. Vol 158 1922). ニ於テ其ノ Head (落差) ト Discharge トノ關係ヲ表ハセ.

圖ニ於ケル入口水面①頂上②吐口③ニ對シBernoulli's theoremヲ適用シ

$$Z_1 + \frac{P_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g} = Z_3 + \frac{P_3}{w} + \frac{v_3^2}{2g}$$

軸ヲ水面ニ採リ

$$Z_1 = 0; \quad Z_2 = 0; \quad Z_3 = -(179 - 172.5) = -6.5$$

$$\frac{P_1}{w} = 0; \quad \frac{P_3}{w} = (179 - 172.5) - h; \quad \frac{v_1^2}{2g} = 0$$

故ニ

$$0 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{w} = \frac{v_2^2}{2g} + (6.5 - h) - 6.5$$

$$= \frac{v_2^2}{2g} - h$$

故ニ

$$V_2 = \sqrt{2gh}$$

$$a_2 = a_3 \quad \text{トセバ}$$

$$V_2 = \sqrt{2gh}$$

又々

$$Q = a_2 v_2 = a_2 \sqrt{2gh}$$

②ニ於ケル Pressureヲ求ムレバ

$$\frac{P_2}{w} = -\frac{v_1^2}{2g} = -\frac{2gh}{2g} = -h$$

即チ

$$P_2 = -wh$$

今此ノ Dischargeニ付キ實地調査セラレシ結果ニ比較シ其ノ Efficiencyヲ見出しニ

Head (ft)	$Q (= a_2 \sqrt{2gh}) \text{ cu. ft. / sec}$	實驗セラレシ流量 cu. ft. / sec	C.
5.50	112.84	69.9	61.52 %
5.66	114.48	70.8	61.80
5.77	115.58	69.9	60.40

即チ實際上ノ Discharge $Q = Ca_2 (2gh)^{1/2}$ ヲ以テ表ハサレCノ値ハ 60% 内外ニ相當スル如キモ實施計畫上普通安全ノ爲メ 50%位ニ取ルコト多シ.

3). Converging flow. (漸縮流)

一般的ニ Bernoulli's theoremニヨリ

$$Z + \frac{P}{w} + \frac{v^2}{2g} = \text{Constant}$$

ニシテ軸ヲ水平ニ考フル時ハ

$$\frac{P}{w} + \frac{v^2}{2g} = \text{Constant} \dots \dots (1)$$

又々 Sectional areaヲaトセバ

$$av = \text{constant} = a_1 v_1$$

又々 $a = kx$ ナリト假定セバ $\frac{a_1}{x_1} = \frac{a}{x}$

又ハ $\frac{Q}{v_1 x_1} = \frac{Q}{v x}$ ナルニヨリ $v = \frac{x_1 v_1}{x}$

從ツテ(1)式ハ

$$\frac{P}{w} + \frac{x_1^2 v_1^2}{2g x^2} = \text{Constant} = C$$

又ハ $\frac{P}{w} = C - \frac{x_1^2 v_1^2}{2g x^2} \dots \dots (2)$

又々(1)式ヨリ

$$\frac{P_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = C$$

(2)ト組合セ

$$\frac{P}{w} = \frac{P_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} - \frac{x_1^2 v_1^2}{2g x^2}$$

即チ $\frac{P - P_1}{w} = \frac{v_1^2}{2g} \left(1 - \frac{x_1^2}{x^2} \right)$

(2)ト(1)トノ Pressureノ差ハ

$$P_2 - P_1 = \frac{w v_1^2}{2g} \left(1 - \frac{x_1^2}{x^2} \right)$$

本式ニヨリテ水位ノ差ヨリ Velocityヲ計算スルコトヲ得.

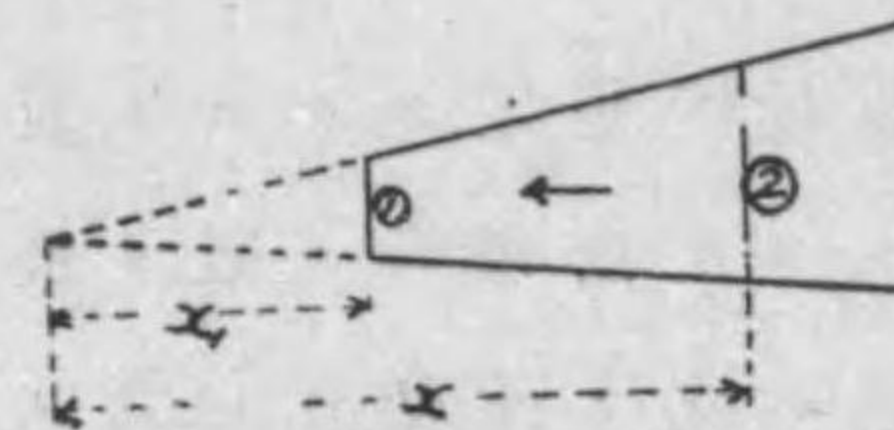


Fig 36

Chapter 4.

Methods of water measurement.

(水量測定法)

Hydraulics = 於テ最モ必要ナル事項ノ一ツハ種々ノ條件ヲ與ヘテ其レニ基キ流量ヲ想定スルコト及ビ實地ニ就キテ種々ノ方法ニヨリ出來得ル限リ最モ精確ナル流量ヲ知ルコト並ニ此ノ流量及ビ其ノ時ニ於ケル水位、水面勾配、其他ノ條件ヲ合セ考ヘ他ノ一般の場合ニ於ケル流量ノ想定ヲ誤ラシメザルコト等ナリ。

水量ヲ測定スル方法ハ

1.) Volumetric measurement (容積測定法)

アル時間内他ニ漏出セザル如キ完全ナル設備ヲ有シ且容量ヲ明カニセラレタル水槽ニ水ヲ流入セシメ其ノ満水ニ至ル時間ヲ計リ

$$Q = \frac{\text{水槽ノ容積}}{\text{満水ニ要セシ時間}} \quad (\text{立方呎/每秒})$$

本法ハ直接流量ヲ知リ得ル方法ニシテ最モ精確ヲ期シ得ルモノナリ。

2.) Measurement by weight (重量測定法)

第一ノ方法施シ得ザル場合ハ本法ニヨリ其ノ重量ヲ測リ別ニ單位容積ノ重量ニヨリ是レヲ容積ニ換算スル方法ナリ。

此ノ方法ハ(1)ノ方法ト共ニ他ノ測定法ノ検査ニ用ヒラル、モノナリ。

3.) Pitot tube (ピトー管)

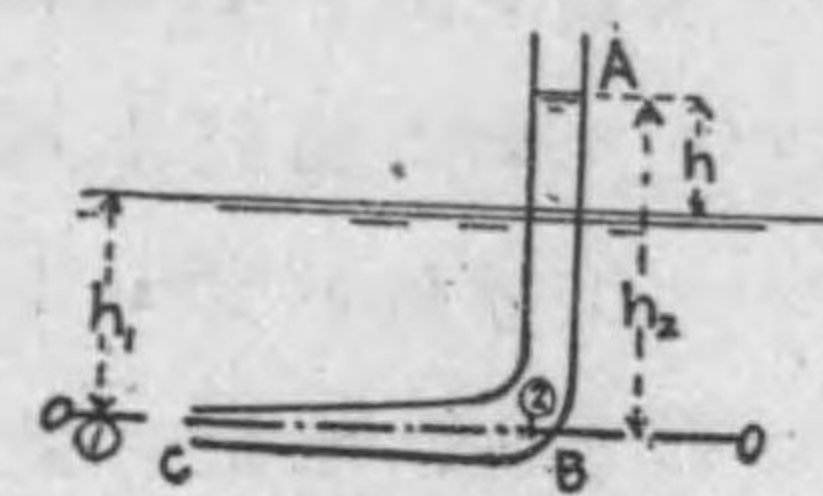


Fig. 37.

第三十七圖ノ如ク水面以下 h_1 尺ナル 0-0 軸ニ沿ヒテ ABC ノ如キ曲管ヲ置キ C ヲ開放シテ上流ニ向ハシメ管内ニ自由ニ水ヲ流入セシム

今(1)ヲ C ヲヨリ可ナリ遠ザカリテ曲管ノ爲メニ固有ノ流速 v ニ變化ヲ受ケザル 0-0 上ノ一点トシ他ニ B ニ於テ(2)ナル点ヲ取り是ノ兩点ニ對シ Bernoulli's theorem ヲ適用シ。

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{w} + Z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{w} + Z_2 \quad (\text{neglecting the friction in pipe}).$$

但シ $v_1 = v$.

$$\frac{P_1}{w} = h_1; \quad \frac{P_2}{w} = h_2; \quad Z_1 = Z_2 = 0; \quad v_2 = 0$$

故ニ

$$\frac{v^2}{2g} + h_1 = h_2.$$

$$h_2 - h_1 = \frac{v^2}{2g}$$

又 $h_2 - h_1 = h$ ナルニヨリ

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

仍テ $v = (2gh)^{1/2}$

即チ本式ニヨリテ hヲ知ルコトヲ得バ vヲ計算スルヲ得.

1750年 French engineer Pitot 氏ハ上記ノ如ク head hヲ知リテ Velocityヲ見出し得ルコトヲ知リ第三十八圖ノ如ク二本ノ曲管ヲ用ヒ一ツハ上流他ハ其レト

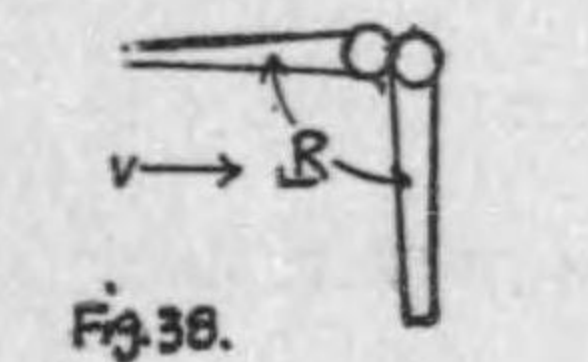
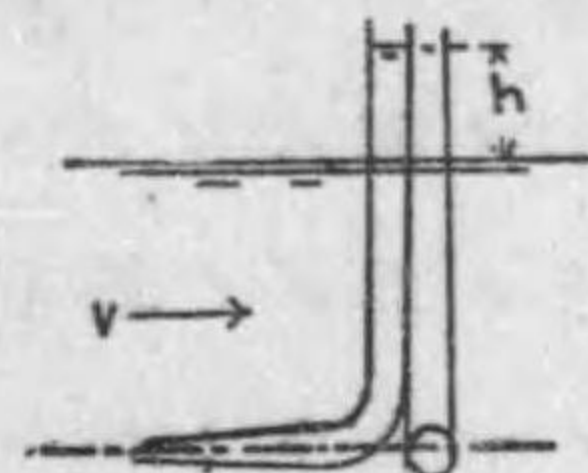


Fig. 38.

直角ノ方向ニ置キ其ノ水位ノ差 hニヨリテ流速ヲ測定セリ.

Pitot tubeハ観測ニ手間取ルコトナク甚ダ便利ナリト雖モ hニヨリテ算出セラレシ Vハ概ネ實際ノモノヨリ小ナル値ヲ與フルコト及ビ hノ値モ僅小ニシテ観測ニ不精密ヲ來スノ虞アリ 1856

年 Darcy 氏ニヨリテ Darcy-pitot tube作ラレシモ尙精確度ノ優レザルモノトシテ一般ニ使用セラレザリキ.

1888年 Freeman 氏消火用 Nozzleノ研究ニ當リ噴出水ノ流速ヲ知ラン爲メ pitot tubeヲ用ヒ其ノ結果 $v = (2gh)^{1/2}$ ヨリ計算セシモノハ他ノ正確ナル測定ニ比シ 1% 以下ノ差ニ過ギサリシト云フ其ノ研究ニヨリ Pitot tubeハ高速度ノ水ノ流速ヲ知ル正確ナ

ル機械ナリト認メラル、ニ至レリ.

1897年 Cole 氏 1898年 Hatell 及ビ Fenkell 両氏ニヨリ Detroit 市ニ於テ水壓管中ノ流速ヲ圖ルニ使用セラレ其ノ結果ニ成功セリ此ノ Tubeノ入口ハ $\frac{1}{32}$ inch 徑ニシテ一方ハ上流ニ他方ハ唯水ノ Static headヲ知ル目的ニ相接シタル二本ノ Tubeヲ管中ニ漏水セザル如キ設備ノ下ニ挿入シ且ツ Pitot tubeハ使用前静止セル水ニ於テ整正ヲ施セリ其ノ結果ニヨレバ $V = C\sqrt{2gh}$ ニシテ Cハ其ノ機械ニヨリ 0.86 乃至 0.95 又 Vニヨリ變化スル割合ハ極メテ僅カナリシト云フ.

Tubeノ形ニ就テハ經驗上種々ナルモノアレドモ U. S. Geological surveyニテ用ヒラレシモノハ第三十九圖(a)ノ如ク Pitometerトシテ現今販賣セラル、モ

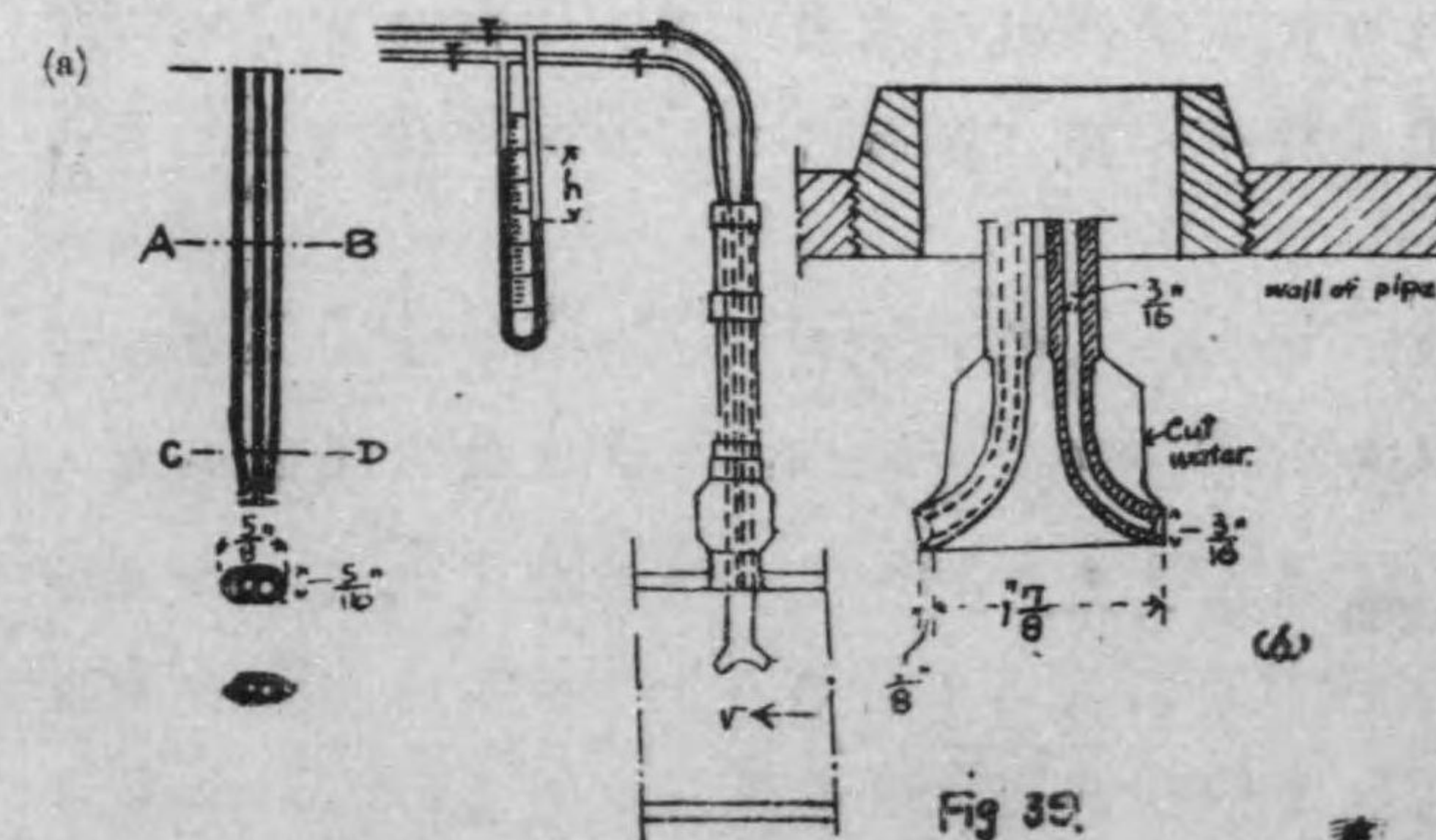


Fig. 39.

ノハ(b)圖ノ如シ。

4.) Venturi meter. (ベンチュリーメーター)

流量常 = Q = シテ断面 a_1 ナル管ニ於テ第四十圖

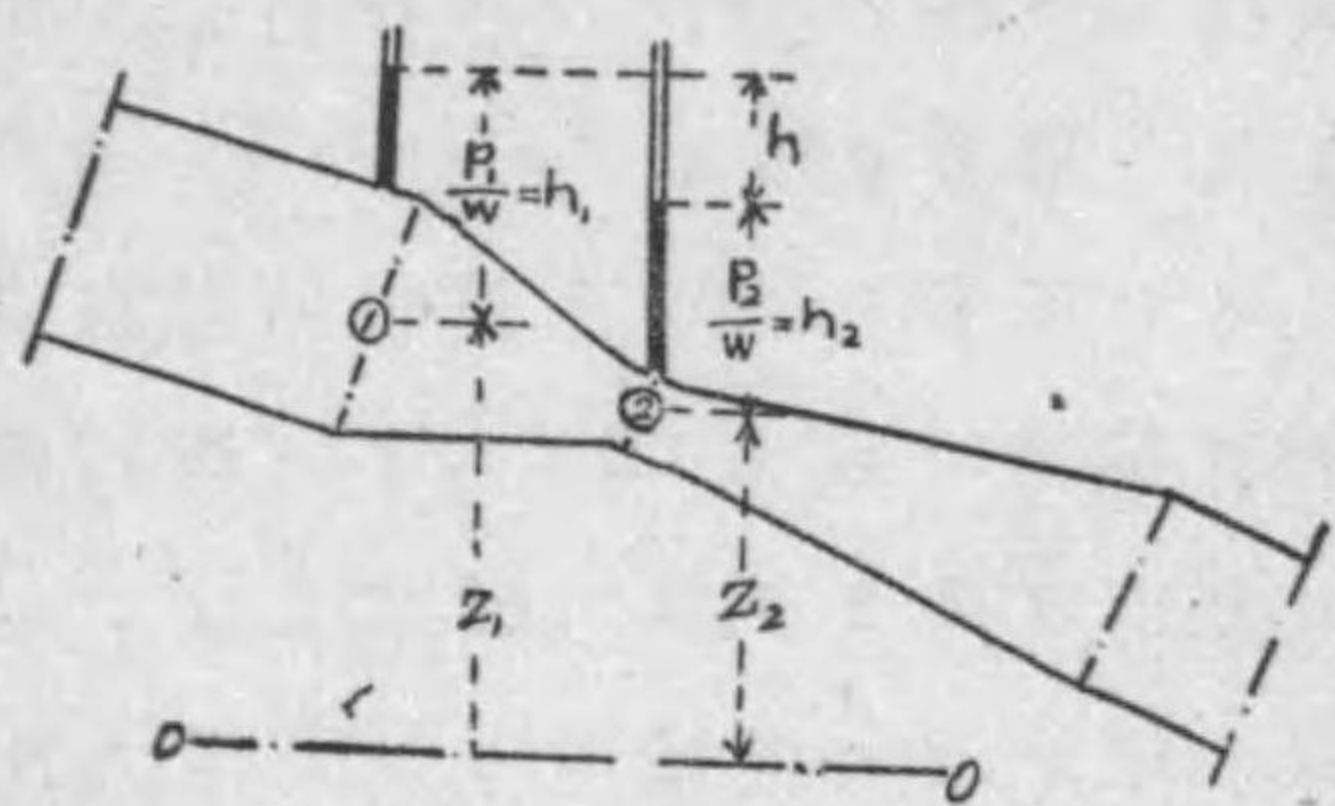


Fig 40

ノ如ク其ノ一部ヲ緩ヤカニ縮小シ各部ニ水位計ヲ付シテ水位ヲ知ル時流量ト断面ノ縮小ト及水位

トノ關係ヲ研究センニ今 0-0 ナル水平軸ニ基キ断面ノ變リ目ニ於ケル一點①ト最モ縮小セラレシ断面ノ一點②ニ於テ Bernoulli's ノ定理ヲ適用シ

$$Z_1 + \frac{p_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g}$$

但シ管ノ摩擦損失水頭ヲ假リニ無視ス。

①ニ於ケル管ノ斷面積ヲ a_1 トセバ $v_1 = \frac{Q}{a_1}$

②ニ於ケル管ノ斷面積ヲ a_2 トセバ $v_2 = \frac{Q}{a_2}$

又タ $\frac{p_1}{w} = h_1$; $\frac{p_2}{w} = h_2$ ナル故ニ上式ハ次ノ

如ク書キ換ヘ得。

$$\frac{1}{2g} \left[\left(\frac{Q}{a_2} \right)^2 - \left(\frac{Q}{a_1} \right)^2 \right] = (h_1 + Z_1) - (h_2 + Z_2) = h.$$

又ハ $\frac{Q^2}{2g} \left(\frac{a_1^2 - a_2^2}{a_2^2 - a_1^2} \right) = h.$

$$Q = \frac{a_1 a_2}{\sqrt{a_1^2 - a_2^2}} \sqrt{2gh}$$

又タ分母子ヲ a_2 ヲ以テ除シ

$$Q = \frac{a_1}{\sqrt{\left(\frac{a_1}{a_2} \right)^2 - 1}} \sqrt{2gh}$$

普通 $\left(\frac{a_2}{a_1} \right) = k$ ヲ以テ縮小セラル、割合ヲ示ス然ル時ハ

$$Q = \frac{a_1}{\sqrt{\left(\frac{1}{k} \right)^2 - 1}} \sqrt{2gh}$$

Kノ價ハ普通 $\frac{1}{9}$ ナル故ニ $\frac{1}{k} = 9.$

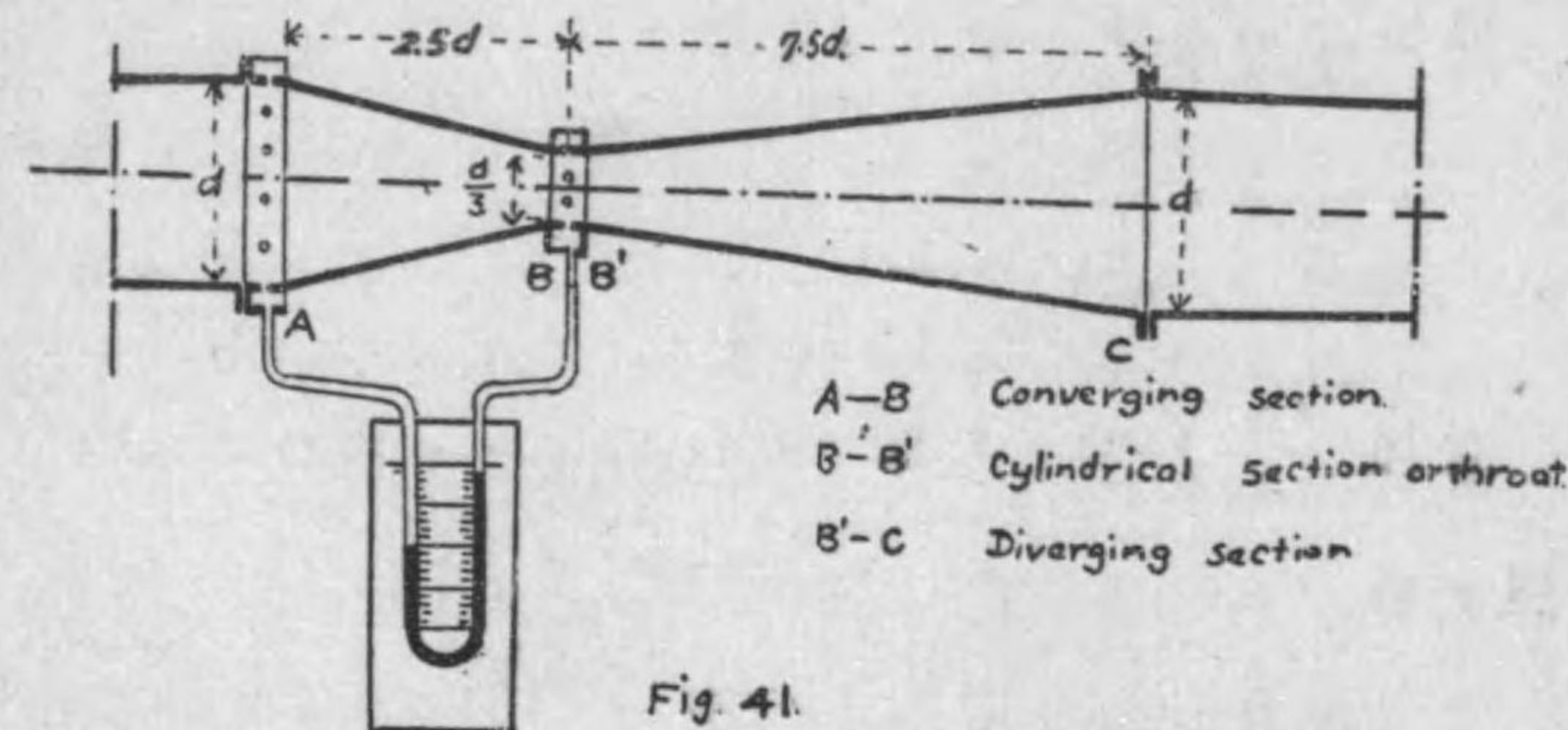
管徑ヲ d トセバ

$$Q = \frac{0.7854 d^2}{\sqrt{80}} \sqrt{64.4} \sqrt{h} = 0.70426 d^2 h^{\frac{1}{2}}$$

此ノ理論ニヨリ 1886—1888 年 Clemens Hershel 氏ハ上記ノ如キ断面縮小セル管ニ對シ h ヲ知ルコトニヨリ流量ヲ知ル量水器ヲ作り其ノ理論ヲ唱導セル Italia ノ水理學者 Venturi ノ名ヲ冠シ Venturi meter ト稱シ其ノ研究ヲ發表セリ (Tran. Am. Soc. C. E. vol 17.)

其後改良ヲ重ニ現在ニ於テハ給水事業ニ欠クベ

カラザル設備トナリ小ハ2 inch 内外ノ Pipe ヨリ大
ハ紐育水道ノ Catskill water supply ニ於ケル 210 inch
迄用ヒラル、ニ至レリ普通用ヒラル、形ハ



第四十一圖ノ如クニシテ多クハ水平ニ据付ラレ
h ハ自動的ニ水銀ヲ用ヒタル Gage ニヨリ或ハ他ノ
装置ニヨリテ直チニ流量ヲ表ハシ又タハ記録スル
如ク作ラレタルモノ多シ而シテ實際ニ於テ流量ヲ
計算スル場合ハ

$$Q = 0.70426 C d^2 h^{\frac{1}{2}}$$

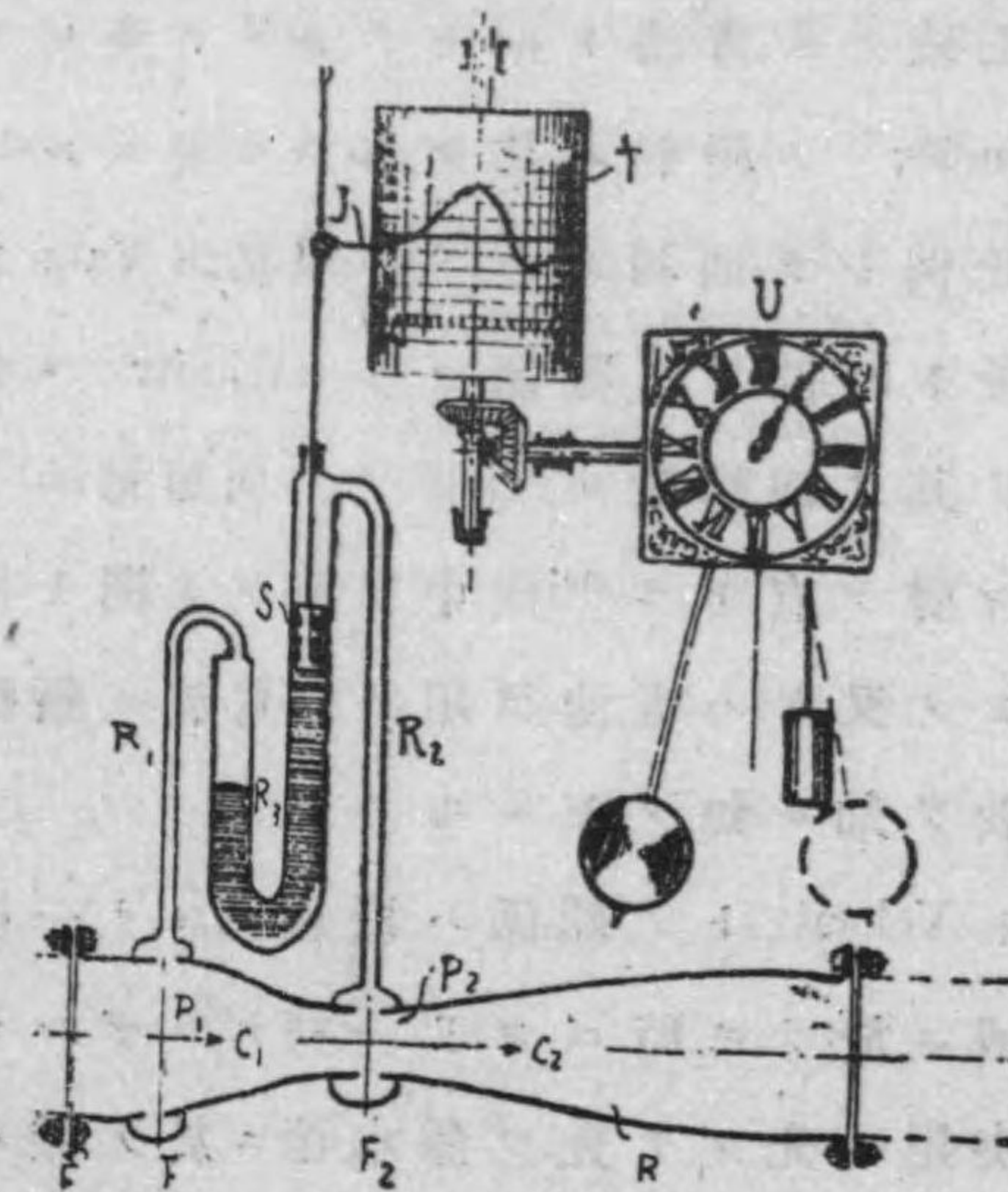
C = Coefficient of velocity

$$= 0.97 \sim 0.98.$$

ナリ又タ Venturi meter ヲ水ガ通過スル時断面變化ノ
爲メニ落差ヲ生ズ其ノ量ハ k ノ値ニヨリテ一様ナ
ラザレモ $\frac{1}{9}$ ノモノニ於テ $v = 40$ 呎/毎秒以下ニ於テハ
 $h' = \text{loss head in venturimeter} = 0.0023 v^2.$

但シ v ハ最小断面ニ於ケル流速毎秒呎ヲ以テ表
ハセシモノトス。(Tran. Am. So. CE 1887. ヨリ)

尙簡單ナル自動的ニ時間ニ應ジ流量ヲ圖記スル
構造ハ第四十二圖ニヨリ知ルベシ。



Example 入口徑4呎ニシテ喉徑1.25呎ナル Venturi meter ニ於テ
入口ニ於ケル水頭100呎喉口ニ於テ85呎ナル時 meter ノ係數ヲ
0.98 トセバ流量何程ナリヤ。

$$K = \left(\frac{1.25}{4}\right)^2 = \left(\frac{1}{3.2}\right)^2$$

$$a_1 = \frac{\pi \times 4^2}{4} = 12.566 \text{ 平方呎}$$

$$Q = \frac{12.566}{\sqrt{10.24^2 - 1}} \times 8.02 \times \sqrt{(100 - 85)} \times 0.98 = 37.53 \text{ cu.ft./sec.}$$

5). Current meter. (カレントメーター)

1790年獨人 Woltman 氏ノ發明ニ係リ其後 Darcy 其他ノ人々ニヨリ改良セラレ現下水量多キ流レニ對シ唯一ノ正確ナル方法ト稱セラル、ニ至レリ。

Current meter ノ種類ハ甚ダ多キモ要スルニ水ノ Velocity ニ比例シテ回轉スル Wheel 又ハ Vane ヲ有シ其ノ回轉數ト時間トノ關係ヨリ Velocity ヲ知り得ルモノナリ其ノ回轉數ハ Vane ノ一回轉毎ニ Axis ニ Touch スル聲ヲ直チニ Pipe 中ヲ通シテ聞キ得ル如クシタルモノ又タハ電池ヲ用ヒテ電流ノ斷續ニヨリテ其ノ數ヲ知ル如クセルモノ多シ。

回轉數ト Velocity トノ關係ハ機械ニヨリ一樣ナラズ同ジ機械ニ於テモ時ニヨリ一樣ナラザルコトアルニヨリ使用ニ先ダチ先ヅ靜水池ニ於テ種々ナル速度ニ機械ヲ走ラシメ其ノ時ノ Speed ト回轉數ニヨリテ最小自乘法等ヲ用ヒ。

$$V = a + bn$$

$$V = a + bn + cn^2$$

V = 走ル早サ即チ水ノ流速ニ適應ス

n = 或ル時間内ノ回轉數

a, b, c = 係數

ナル公式ニ於テ a, b, c, n ヲ見出シ以テ各機械固有ノ流速公式タラシム。

Current meter ノ取扱ニ關シテハ測量ニ讓リテ之レヲ省略シ尙參考トシテ Trans. of. Am. So. C.E. Vol.66. 1910. ニ於ケル注意事項 26 條ノ參照ヲ望ムコトトス。Current meter ヲ用ヒテ Discharge ヲ知ランニハ一方ニ於テ深淺測量ニヨリ其ノ流積ヲ知り他方ニ於テ Mean velocity ヲ見出シ其ノ積ヲ以テ流量トセザル可カラズ流速ハ特ニ不整ナル河川ニ於テ其ノ各個所ニヨリ著シキ差アリ從ツテ測点ノ位置斷面ノ定メ方ニ注意ヲ要ス出來得ルナラバ第四十三圖ノ如

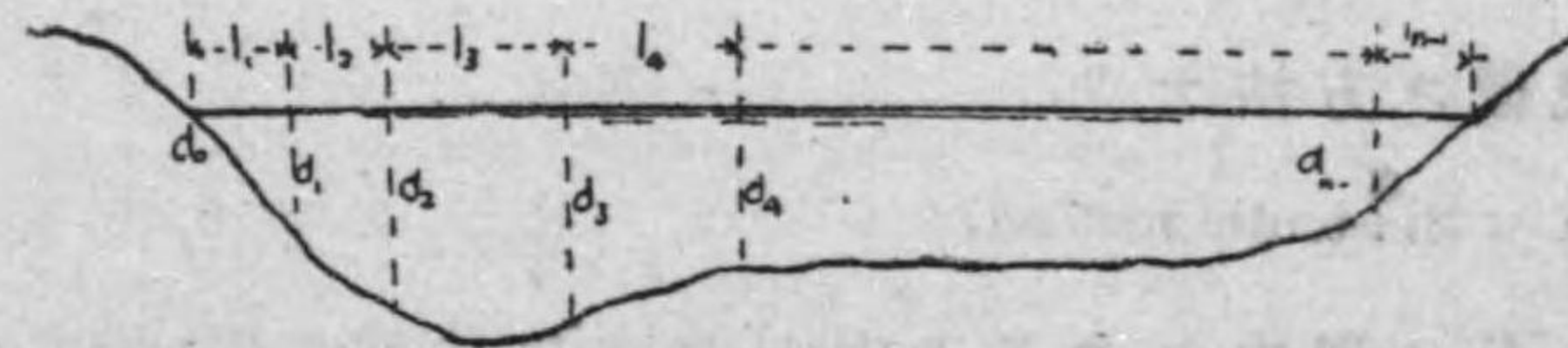


Fig 43.

ク斷面ヲ分チ各斷面ニ於ケル深サ $d_0, d_1, d_2, d_3, \text{etc.}$ ノ Mean velocity ヲ測リ $v_0, v_1, v_2, v_3, \text{etc.}$ ヲ見出シ

$$Q = l_1 \left(\frac{d_0 + d_1}{2} \right) \left(\frac{v_0 + v_1}{2} \right) + l_2 \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right) \left(\frac{v_1 + v_2}{2} \right) + \dots$$

$$\dots + l_n \left(\frac{d_{n-1} + d_n}{2} \right) \left(\frac{v_{n-1} + v_n}{2} \right)$$

ナル如キ方法ヨリ見出ス (Stevens United states geological

survey). 又各 Section, mean velocity ヲ知ルニ種々ナル方法アリ.

a). Vertical velocity curve. ヲリ求ムル方法.

水面以下五寸位ヨリ以下水深ヲ10等分シ其ノ各部ノ中央ニ於テ流速ヲ測リ其ノ結果ニヨリ Vertical velocity curve ヲ得此ノ curve ヲリ Mean velocity ヲ求ム.

b). Two-tenth and eight-tenth method.

上記ノ如クシテ得タル vertical curve ハ約 Parabola ノ形ヲナシ深サノ 0.214 ノ点及ビ 0.7886 ノ点ニ於ケル各 velocity ヲ平均シタルモノハ全深ヲ通ジタル Mean velocity ニ近キモノヲ表ス故ニ深サノ 0.2 及ビ 0.8 ノ2ヶ所ノ velocity ヲ測リテ平均シ Mean velocity ト見做ス方法ナリ.

c). Six-tenth method.

上記ノ理由ニヨリ vertical velocity Curve ノ mean ordinate ハ深サノ 0.58 ヲリ 0.67 ノ間ニアルヲ以テ深サノ 0.6 ヲ以テ平均流速トセントスルモノナリ.

d). Sub-surface method.

水面ヨリ其ノ深サニ應シ 0.5—1.0 呎深ノ点ノ流速ヲ測リ是レニヨリ平均流速ヲ推定セントスル方法ナリ此ノ velocity ニ深サ及速度ニ應シ 0.78 乃至 0.98 ヲ乘シテ平均速度ヲ得此ノ係數ハ深サ及流速

ヲ増スト共ニ大ニシテ普通出水ノ場合ハ 0.90 洪水時 0.90—0.95 平常ノ河川ハ 0.85 ヲリ 0.90 ナリト云フ.

e). Travelling method.

Current meter ヲ一定速度ニテ表面近クヨリ河床ニ近ク低下シツ、観測スルコトニヨリ其ノ vertical section ニ於ケル Mean velocity ヲ得又タ横断面ノ何レノ部分モ落ちナク Current meter ヲ動カシ測定スルコトニヨリ全断面ノ平均流速ヲ求ムルコトヲ得而シ是等ハ何レモ水ノ velocity ニ應ジ極メテ緩ヤカニ動カサル可カラズ後ノ方法ハ流量少ナキ Channel ニ用ヒテ可ナリ.

6). Orifice

7). Weir

8). Slope of the hydraulic grade line

9). Water wheels

10). House meters

} 後章ニ於
テ説明ス

} 上水道ニ讓ル

11). Diaphragm method (ダイヤフラムヲ用フル方法)

又名 Travelling screen method ト稱シ今ヨリ 25 年前 Erick Anderson 氏ノ發明ニナリシモノニシテ整正ナル開渠ノ正確ナル流速ヲ測ルニ用ヒラル. Diaphragm 又タハ Screen ヲ水路全面積ニ壁トノ間ニ僅カノ間隔ヲ殘シテ垂下シ是レヲ両側ニ設ケタル軌道上ニ 100 ft 又ハ 150 ft. 水ト共ニ流下セシメ軌道上ニ設ケ

シ電流装置ノ作用ニヨリ其ノ距離ヲ通過スルニ要セシ時間ヲ知リ以テ平均流速ヲ計算スル法ナリ。

12). Chemical method.

近來實地ニ屢々用ヒラレ正確ナル實用的方法ナリト稱セラル、ニ至レリ簡單ニ其ノ要領ヲ述ベシニ今毎秒 S 封度ノ Chemical 例ヘバ Sodium chloride (食鹽) Calcium chloride ; Sulphuric acid ; Caustic Soda ; bicarbonate of soda 等ヲ毎秒 Q 立方尺ノ流量アル水ニ投入シ全ク混和セラレシ後毎 W 封度中ニ 1 封度ノ Chemical ヲ分析シ得タリトセバ

$$\frac{S}{62.5 Q} = \frac{1}{W} \quad \text{or} \quad Q = \frac{W \cdot S}{62.5}$$

但シ混入前ヨリ有シタル此等 Chemical ノ分量ハ除カレザル可カラズ。尙委細ハ (Proceeding of American Society of Civil Engineers, Nov. 1915) ニアリ参照ヲ要ス。

Chapter. 5.

Flow from orifice (孔口ノ流水)

1.) Orifice and flow of orifice. (孔口及孔口ノ流水)

1°. Orifices. (孔口)

Hydraulic ニ於テ Orifice ト稱スルハ水流測定用ニ使用セラル、正確ナル幾何學的形狀ヲ有セル孔口ヲ意味セルモノニシテ一般ニ其ノ構造ハ金屬、木材又タハ Masonry 等ノ比較的薄キ平坦ナル堅靱版ニ穿タレタルモノナリ Mouthpieces (嘴) Short tubes (短筒) Nozzles (尖口) Gates (水門)ノ如キモノモ亦 Orifice トシテ取扱ハル、モノナリ。

Orifice ノ設ケラレタル位置ガ水平ノ壁ナルカ垂直ノ壁ナルカニヨリ夫々 Vertical orifice (垂直孔口)及 Horizontal orifice (水平孔口)ト云フ。

2°. Flow from orifice (孔口ノ流水).

Orifice ヨリ流出セル Flow 即チ Jet ノ形狀ハ Ori-



Fig. 44

fice ノ形ニヨリテ元ヨリ一様ナラザレドモ一般ニ

第44圖ノ如ク

A...薄キ壁ニ設ケラレタル尖端孔口. B...厚キ壁ニ設ケラレタル孔口. C...Full bore (滿孔)ニテ流出セル全上. D...鐘孔口. E...漸擴孔口. F...嘴.

何レモ壁面ヲ離レントスル附近ニ於テ一般ニ内壁面ヨリ孔口最小邊ノ0.5乃至0.8倍ノ距離ニ於テ最モ縮小シ再ビ擴大落下スルモノニシテ其ノ最モ縮小セシ點ヲ名ズケテ Vena Contracta ト云ヒ此ノ個所ニ於ケル Velocity ハ約理論的ニ計算セラレシモノニ近似スルヲ以テ流量ヲ見出すニ最モ必要ナル断面ナリトス又此ノ断面ト Orifice ノ面積トノ比ヲ C_c ニテ表シ之レヲ Coefficient of contraction (收斂係數)ト云ヒ

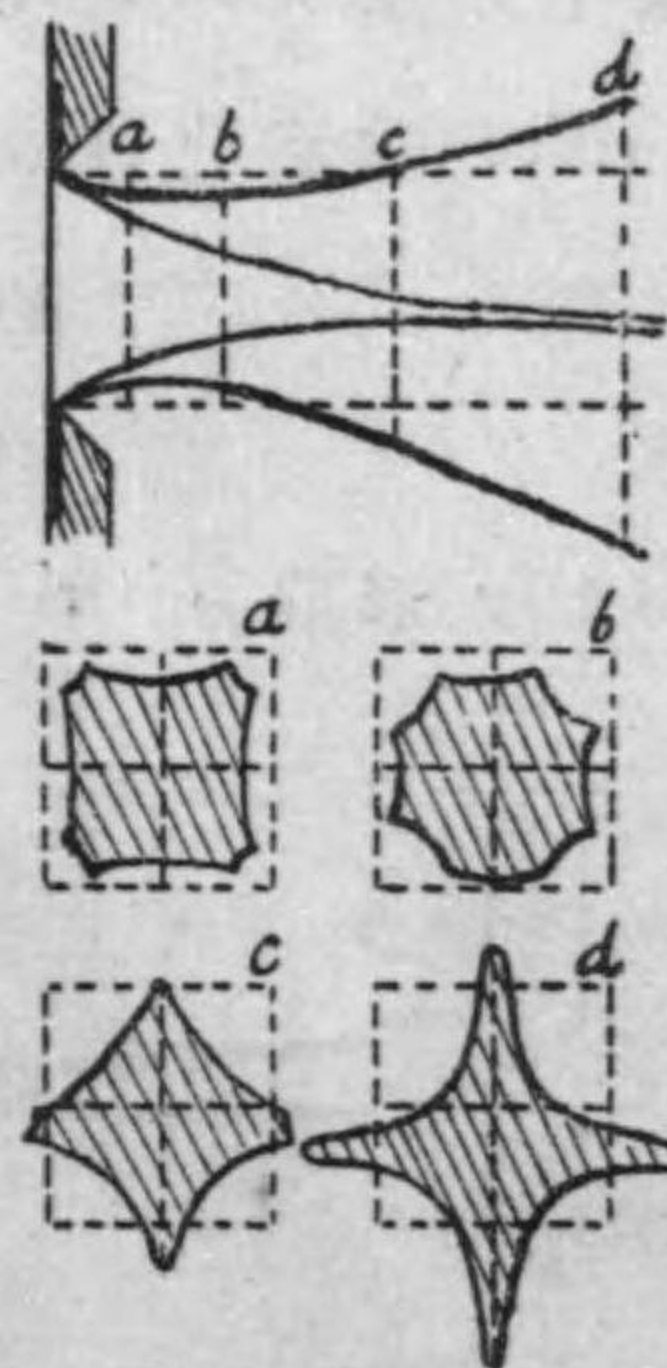


Fig. 45.

又タ此ノ断面ニ於ケル實際ノ Velocity ト其ノ Head ニヨル理論的流速トノ比ヲ Coefficient of velocity (流速係數)ト云ヒ C_v ヲ以テ表ハス又タ此ノ断面ニ對シ觀測ニヨリテ得タル實際上ノ Discharge ト及ビ Orifice ノ面積ト理論的流速トノ積ニヨル所謂理論的流量トノ比ヲ Coefficient of discharge (流量係數)ト云ヒ C ヲ以テ表ハス即チ $C = C_c \cdot C_v$

ヲ以テ置キ換フルコトヲ得ルモノナリ (C_c, C_v 等ノ値ニ就テハ各 Orifice ノ形ニヨリテ一様ナラズ次項以下ニ參照スベシ)壁面ヲ離レ Vena contracta ヲ過ギタル Jet ノ形狀ハ Orifice ノ幾何學形狀ノ差違ニ基キ著シク不同ナリ一例ヲ示セバ Rectangular orifice (四角孔口)ヨリ出シ Jet ハ第45圖ノ如シ (Phorsheimer's Hydraulik).

又タ此ノ Path (通路)ヲ研究センニ落体ノ方則ニ

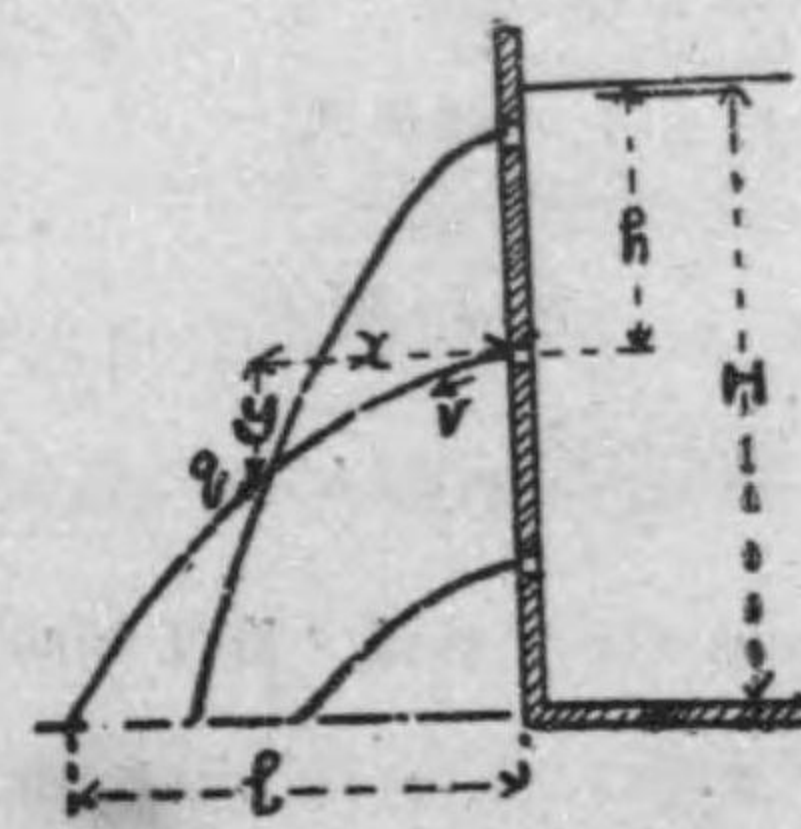


Fig. 46.

ヨリ第46圖ニ於テ h ナル深サニアル水ガ $v = (2gh)^{1/2}$ ナル速度ヲ以テ流出セル時アル時間 t ノ後 q 點ニ至リタリト考ヘ

$$x = v \cdot t \quad \text{又ハ} \quad t = \frac{x}{v} \quad \text{及} \quad v^2 = 2gh$$

$$\text{又タ} \quad y = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{gx^2}{2v^2} = \frac{x^2}{4v^2} = \frac{x^2}{4h}$$

即チ $y = \frac{x^2}{4h}$ ニシテ之レ拋物線タルコトヲ示スモノナリ.

$$\text{今} \quad y = H-h \quad \text{トセバ} \quad x^2 = 4h(H-h)$$

又ハ $x = 2\{h(H-h)\}^{1/2}$ ニシテ上圖ヨリ $l =$ 等シカル可シ故ニ $l = 2\{h(H-h)\}^{1/2}$

之レ Jet ノ地表ニ達スル點ヨリ水槽迄ノ水平距離ヲ表ス一般式ナリ今最遠距離ニ達スベキ孔口ノ有スル水頭ヲ求メンニ $\frac{dz}{dh} = 0$ ヨリ $H - 2h = 0$

又ハ $h = \frac{H}{2}$ ヲ得.

即チ水槽水深ノ中央ヨリ出ズル Jet ハ最モ遠キ點ニ達スルヲ知ル.

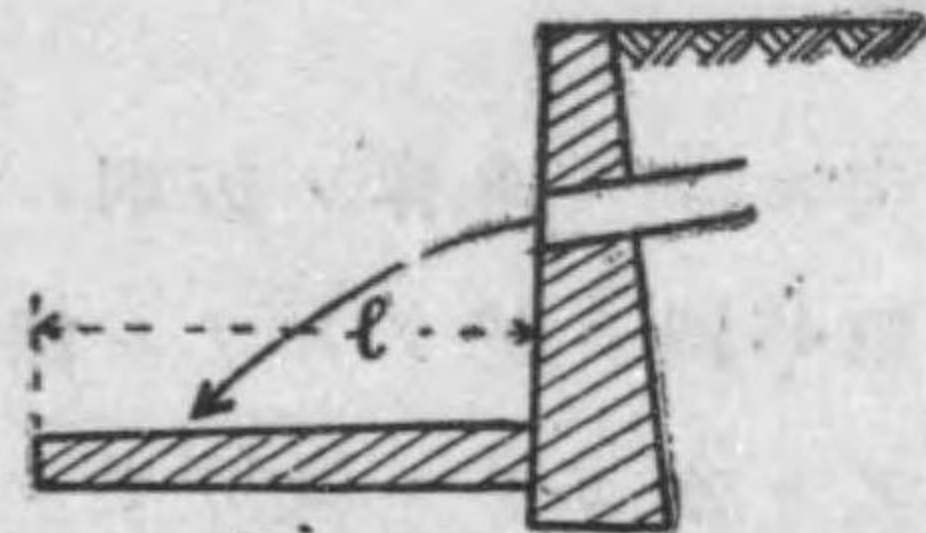


Fig. 47.

Jet が Orifice ナ出ズル場合既ニ V_0 ナル Velocity ナ有スル時ハ

$$v^2 = v_0^2 + 2gh.$$

x ト y トノ關係式ハ

$$y = \frac{gx^2}{2(v_0^2 + 2gh)}$$

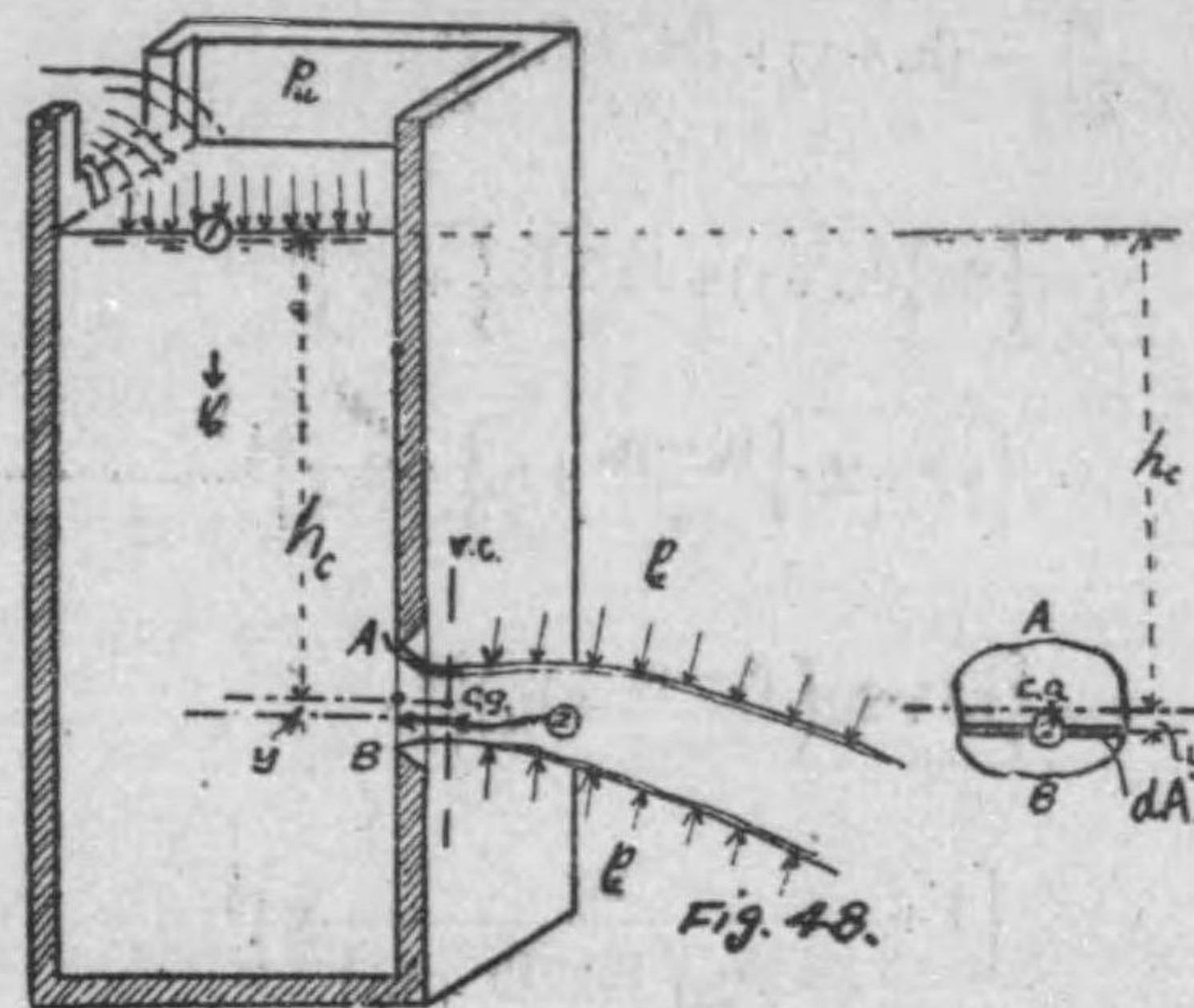
$$y = H - h \quad \text{トセバ} \quad x = \sqrt{\frac{2(v_0^2 + 2gh)}{g}(H - h)}$$

實地ニ於テ水ヲ排出スル場合其ノ落口ヲ廻ラレザル爲メ施工セル水叩工ノ長サハ本式ヨリ計算シテ可ナリ.

2). Velocity and Discharge of flow from orifice (孔口ヲ流出スル流速及水量).

第48圖 AB ニテ表ハサレタル如キ任意ノ形ヲ有スル Orifice ニ於テ v.c. 即チ Vena contracta ヲ探リ此ノ斷面ニ於ケル Velocity 及 Discharge ヲ求メトス圖ニ於テ V_0 ハ Orifice ニ達スル水路ニ於ケル Velocity (Velocity of approach channel 又ハ Velocity of approach) p_u ハ水ガ Orifice ヲ流出スル前ニ加ヘラレタル外力ニ

シテ水面ニ等布セラル、モノトス又タ p_e ハ同シク



流出シタル後加ヘラル、外壓力ニシテ共ニ其ノ單位面積ノ強度即チ/平方吋ヲ以テ表ハサル今 Orifice ニ於ケル Vena contracta ヲ考フル前ニ AB ナル Orifice 其ノモノヲ探リ其ノ重心ノ深サヲ水面下 h_c トシ更ニ其重心ヨリ y ナル深サニ於ケル Elementary area, dA . ヨリ流出スル Flow ヲ考ヘ此ノ點及ビ接近水路 (Approach channel) ノ水面トニ Bernoulli's theorem ヲ適用シ一般式

$$Z_1 + \frac{p_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g}$$

軸ヲ dA ノ中央即チ ②ニ取リ

$$(h_c + y) + \frac{p_u}{w} + \frac{v_0^2}{2g} = 0 + \frac{p_e}{w} + \frac{v^2}{2g}$$

V へ Orifice 二於ケル理論上ノ Velocity トス.

$$\frac{v^2}{2g} = (h_c + y) + \frac{P_u - P_e}{w} + \frac{v_0^2}{2g}$$

$$\begin{aligned} \text{故ニ } v &= \left[2g \left\{ (h_c + y) + \frac{P_u - P_e}{w} \right\} + v_0^2 \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \left[v_0^2 + 2g \left\{ \frac{P_u - P_e}{w} + h_c \right\} + 2gy \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{又ハ } v &= \left\{ v_0^2 + 2g \left(\frac{P_u - P_e}{w} + h_c \right) \right\}^{\frac{1}{2}} \\ &\quad \left[1 + \frac{2g}{v_0^2 + 2g \left(\frac{P_u - P_e}{w} + h_c \right)} y \right]^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

$$\text{今 } v_0^2 + 2g \left(\frac{P_u - P_e}{w} + h_c \right) = 2gH.$$

$$\text{即チ } H = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{P_u - P_e}{w} + h_c \quad \text{ト置ケバ}$$

$$\begin{aligned} v &= (2gH)^{\frac{1}{2}} \left[1 + \frac{y}{H} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= (2gH)^{\frac{1}{2}} \left[1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{y}{H} - \frac{1}{8} \cdot \frac{y^2}{H^2} + \dots \dots \dots \right] \end{aligned}$$

普通 $\frac{y}{H}$ ハ極メテ僅少ナル故ニ 3 乗以上ヲ無視セバ

$$v = (2gH)^{\frac{1}{2}} \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{y}{H} - \frac{1}{8} \cdot \frac{y^2}{H^2} \right) \dots \dots \dots (2)$$

又タ H ノ大ナル場合即チ多クハ h_c ノ大ナル時又

タハ y ノ小ナル時ハ $\frac{y}{H}$ ヲモ無視シ得ル故ニ

$$v = (2gH)^{\frac{1}{2}}$$

又タ Approach channel 大ナル時ハ $\frac{v_0^2}{2g}$ ハ殆ンド零ニ近キ故ニ

$$H = \frac{P_u - P_e}{w} + h_c \quad \text{ニシテ}$$

$$v = \left[2g \left(\frac{P_u - P_e}{w} + h_c \right) \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (3)$$

又ク空中ニ於ケル普通ノ場合ハ $P_u = P_e$ ナルヲ以テ

$$v = (2g \cdot h_c)^{\frac{1}{2}} \quad \text{ナリ} \dots \dots \dots (4)$$

(2)(3)(4)式ハ Orifice 二於ケル理論的 Velocity ヲ表ハスモノナレドモ此レヲ Vena contracta 二於ケル實際的 Velocity ニ變化スルニハ前項ニ述ベタル如ク Coefficient of velocity C_v ヲ乘ズルヲ要ス即チ

$$(2) = \text{對シ } \text{Actual velocity} = C_v \cdot (2gH)^{\frac{1}{2}} \left(1 + \frac{y}{2H} \right).$$

$$(3) = \text{對シ } \quad \quad \quad = C_v \cdot \left[2g \left(\frac{P_u - P_e}{w} + h_c \right) \right]^{\frac{1}{2}}.$$

$$(4) = \text{對シ } \quad \quad \quad = C_v \cdot (2g h_c)^{\frac{1}{2}}.$$

Discharge ハ (2) 式ヨリ

$$dQ = (2gH)^{\frac{1}{2}} \left[1 + \frac{1}{2} \frac{y}{H} - \frac{1}{8} \frac{y^2}{H^2} \right] dA.$$

故 = Total discharge Q ハ

$$\begin{aligned} Q &= (2gH)^{\frac{1}{2}} \int_A^B \left(1 + \frac{y}{2H} - \frac{y^2}{8H^2} \right) dA. \\ &= (2gH)^{\frac{1}{2}} \left[A + \frac{1}{2H} \int_A^B y \cdot dA - \frac{1}{8H^2} \int_A^B y^2 \cdot dA \right] \dots (5) \end{aligned}$$

$\int_A^B y \cdot dA$ ハ Orifice ノ 断面ニ對スル Area moment (面率) ニシテ之レヲ M ニテ表ハシ $\int_A^B y^2 \cdot dA$ ハ同ジク Moment of Inertia ナルニヨリ I ヲ以テ表セバ

$$(5) \text{式ハ } Q = (2gH)^{\frac{1}{2}} \left[A + \frac{1}{2H} M - \frac{1}{8H^2} I \right].$$

又タ Orifice ノ 重心ニ軸ヲ取ル時ハ一般ニ M ハ零ナリ從ツテ上式ハ

$$Q = (2gH)^{\frac{1}{2}} \left[A - \frac{I}{8H^2} \right] \dots (6)$$

H ノ 値大ナル場合又タハ I ノ 小ナル場合換言スレバ Orifice ノ 面積小ナル場合ハ $\frac{I}{8H^2}$ ハ 零ニ近キ故ニ (6) 式ハ

$$Q = (2gH)^{\frac{1}{2}} A \dots (7)$$

更ニ $V_0 = 0$ ノ 時ハ

$$Q = \left[2g \cdot \left(\frac{P_u - P_e}{w} + h_c \right) \right]^{\frac{1}{2}} A \dots (8)$$

欠

$$Q = (2gH)^{\frac{1}{2}} A.$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} + h_c \quad \text{ナ ルニヨリ}$$

$$Q = \left[2g \left(\frac{v_0^2}{2g} + h_c \right) \right]^{\frac{1}{2}} A = (v_0^2 + 2g h_c)^{\frac{1}{2}} A \dots \dots (10)$$

Approach channel ノ 斷面積ヲ A_0 トセバ.

$$Q = A_0 V_0 ; \quad V_0 = \frac{Q}{A_0}.$$

$$(10) \text{ 式ヨリ } Q = \left(\frac{Q^2}{A_0^2} + 2g h_c \right)^{\frac{1}{2}} A.$$

$$Q = \left\{ \frac{2g h_c}{1 - \frac{A^2}{A_0^2}} \right\}^{\frac{1}{2}} A$$

此レ理論的流出量ナリ實際ニ於テハ Q ハ C ナル係數ヲ乘セザル可カラザル故ニ

$$Q = C \left\{ \frac{2g h_c}{1 - C^2 \frac{A^2}{A_0^2}} \right\}^{\frac{1}{2}} A = \left\{ \frac{2g h_c}{\frac{1}{C^2} - \frac{A^2}{A_0^2}} \right\}^{\frac{1}{2}} A \dots \dots (11)$$

本公式ニヨリ Approach velocity アル時ノ Discharge ヲ求ムルコトヲ得.

3). Hydraulic Coefficients C_c , C_v , C . (水理上ノ係數

C_c , C_v , C .)

1°. Coefficient of velocity (流速係數).

理論上 h ナル深サニアル Orifice ヲリ流出スル Jet ノ Velocity ハ $(2gh)^{\frac{1}{2}}$ ナルベシト雖モ實際上

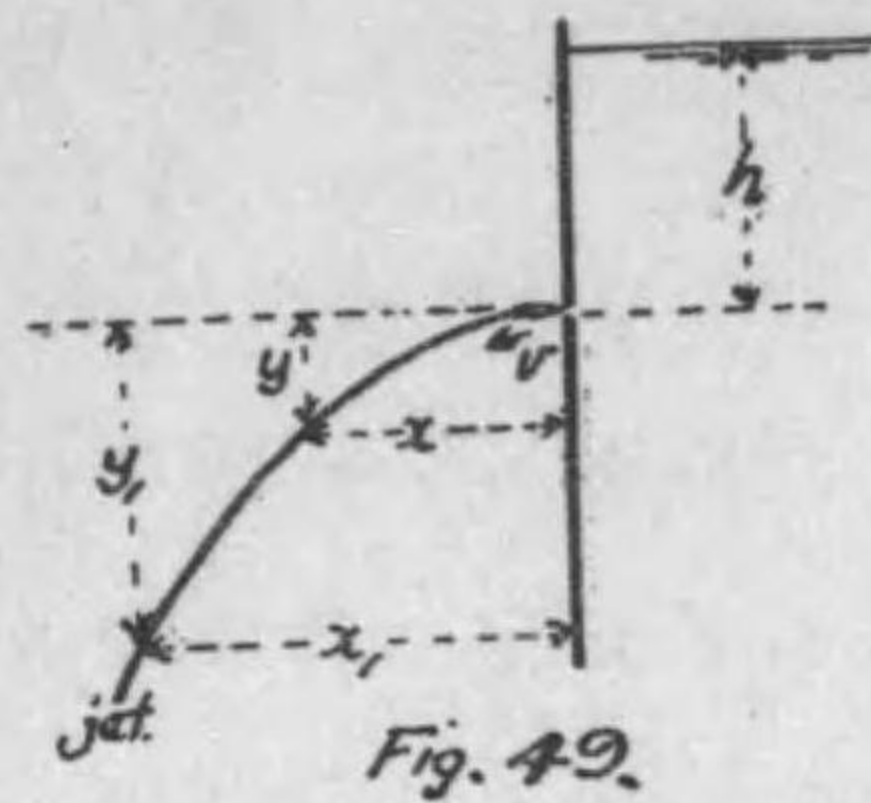


Fig. 49.

Vena Contracta ノ Velocity ハ $C_v (2g h)^{\frac{1}{2}}$ ヲ以テ表ハサル、モノニシテ C_v ハ一般ニ平均 0.974 ニ相當セリ。此ノ値ヲ知ランタメ Mc Gill 實驗室ニテ行ハレタル方法ハ次ノ如シ。

第一項記載ノ如ク

$$x = C_v \cdot v \cdot t = C_v (2g h)^{\frac{1}{2}} t \dots\dots\dots (1)$$

$$y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \dots\dots\dots (2)$$

(1) 式ヨリ

$$t^2 = \frac{x^2}{C_v^2 2g h}$$

故ニ $y = \frac{1}{2} \cdot \frac{g x^2}{C_v^2 2g h} = \frac{x^2}{4 h \cdot C_v^2}$

故ニ $C_v^2 = \frac{x^2}{4 h y}$

同様ニ $C_v^2 = \frac{x_1^2}{4 h y_1}$

$$C_v^2 = \frac{x^2}{4 h y} = \frac{x_1^2}{4 h y_1} = \frac{x_1^2 - x^2}{4 h (y_1 - y)} \dots\dots\dots (3)$$

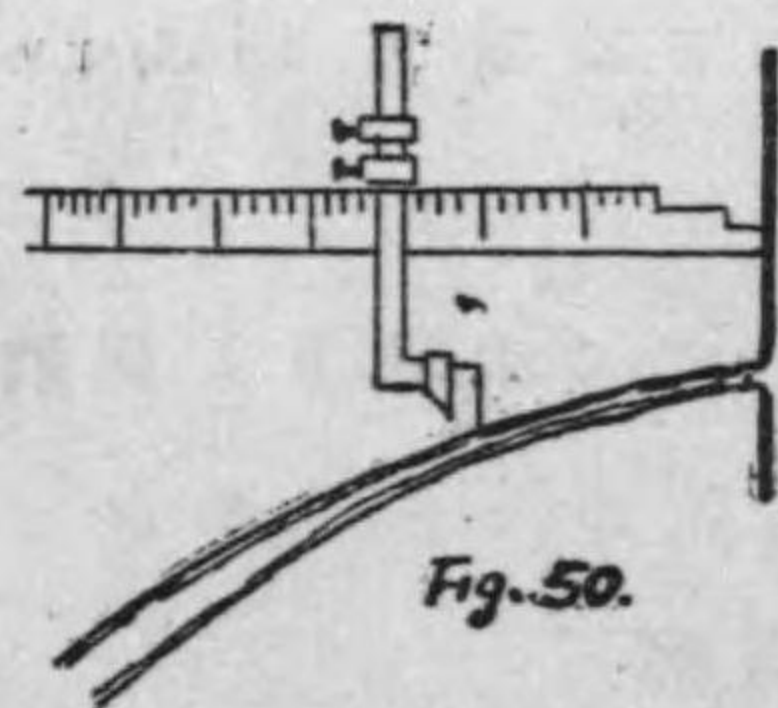


Fig. 50.

Mc Gill 實驗室ニ於テハ上圖ノ如キ装置ニヨリ各 x x_1 ; y_1 y ノ値ヲ觀測シ(3)式ニ各値ヲ入レテ C_v ナ計算セリト云フ。

2°. Coefficient of contraction (收斂係數)

既ニ記セシ如ク (art 1) Vena contracta ニ於ケル Jet ノ斷面積ハ Orifice ノ面積ニ比シ著シキ收縮ヲ來ス

モノニシテ其ノ率ヲ Coefficient of contraction ト云ヒ C_c ヲ以テ表ハスヲ普通トス其ノ値ハ一般ニ Orifice 面積ノ増加及ビ水頭ノ減少ニ從ヒ増大シ平均値ハ大体ニ於テ 0.64 ト見做サル、モ尙個々ノ場合ニ付適當ナル參酌ヲ必要トス。尙 C_c ノ變化ハ次ノ如ク種々ナル條件ニヨルモノト認メラル。

a). Orifice ノ位置ガ水槽ノ底部ニ近キ時ハ Jet ノ底邊ハ收斂スルコト少ナク殆モ下方ニ抑壓セラレタル如キ Vena contracta ヲ見ル同ジク Orifice ガ側壁ニ接近セル時ハ横ニ抑壓セラレタル形ヲ呈スカカル收斂ヲ Incomplete Contraction 又ハ Suppressed Contraction ト云フ。此ノ現象ハ Orifice ガ水槽ノ底又ハ

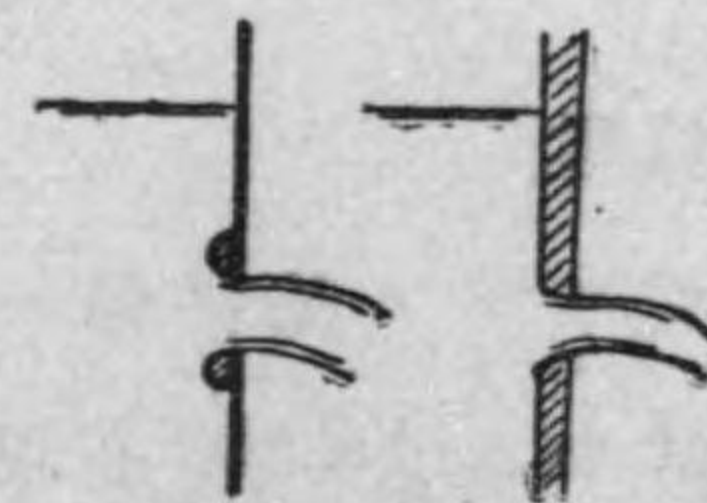


Fig. 51.

側壁ヨリ其幅又ハ直径ノ三倍以内ニアル時ニ多少生ズルモノニシテ此ノ場合ノ Vena Contracta ノ面積ハ Complete Contraction ノ場合ニ比シ増加スルモノナリ。

b). Orifice ノ周リ内面ガ凸出セルカ凹入スルカニヨリ C_c ノ値ハ増大又ハ減少ス。

c). Orifice ノ内面周端ガ第 51 圖ノ如ク圓滑ナル時ハ C_c ハ其ノ形ニ從ヒ 0.64 ヲリ 1.00 ニ變化ス。

d). Orifice ヲ數多ク相接近シテ設クル場合又

Jet ハ Suppress セラル、モノナリ。

C_eノ値ハ上記ノ如ク Orifice ノ位置、水頭ノ大小及其ノ構造等ニヨリ一定ノ法則ヲ見出スニ至ラズ次ニ諸大家ノ實驗セシ値ヲ擧ゲントス。

實驗者	孔口形狀	中心ニ於ケル水頭	1'	3'	10'	20'	50'
Smith	.05×.05 (四角)	C _e ノ値	.622	.612	.605	.603	.601
"	1.0×1.0 (同)		.598	.603	.601	.600	.599
Fanning	1.0×1.0 (同)		.605	.605	.601	.601	.602
"	1.0×4.0 (同)		—	.637	.604	.605	.609
Bovey	.056 (正三角)		.637	.625	.618	.616	—
"	.037×.037(四角)		.627	.618	.612	.609	—

参考書 { Smith.....Hydraulics.
Fanning.....Treatise of hydraulics.
Bovey.....Hydraulics.

3°. Coefficient of discharge. (流量係數)

1°. 2°ニ於テ述べタル如ク Orifice ヨリノ流出量ハ Vena Contracta ニ於ケル斷面積ノ減小ト Velocity 亦理論的ノモノニ比シ小ナルトニヨリ結局實際ノ流量ハ理論上ノモノニ比シ幾分小ナルハ勿論ニシテ

$$\text{Actual discharge} = (C_e \cdot A) (C_v \cdot V) = C_e \cdot C_v \cdot A \cdot V = C \cdot A \cdot V.$$

$$\text{Theoretical discharge} = A \cdot V.$$

而シテ Cノ値ハ實驗ニヨリ定メラルベキモノニシテ概括セラレタル平均略値ハ 0.60—0.61 位ニ考ヘラ

ル。

又タ McGill ノ實驗ヨリ Bovey 氏ノ數術セシ結論ニ

- (1) Cノ値ハ水深ノ増加スルニ從カヒ減少スルモ其ノ減少率ハ水深淺キ場合特ニ著シトス。
- (2) 厚板ノ Orifice ヲ用ヒタル時ノ Cノ値ハ細長キ四角形ノ場合ヲ除キ他ハ何レモ其ノ大サ同様ナル尖端孔口 (Sharp edged orifice) ヲ用ヒタル場合ニ於ケルモノヨリモ大ナリ。
- (3) 四角形ノ Orifice ハ是レヲ縦ニ置クモ横ニ置クモ實際上 Cノ値ハ大ナル變化ナキガ如シ。
- (4) Cノ値ハ水深小ナル場合ヲ除キ Orifice ノ面積増加ト共ニ増大ス特ニ小ナル Orifice ニ於テ其ノ増加率大ナリ。
- (5) 四角形ノ Orifice ニ於ケル Cノ値ハ其ノ短邊ノ長サヲ増スニ從ヒ減少シ長邊ヲ増スニ從ヒ増大ス。

Illustrative examples.

(1) 薄板ニ設ケラレタル 36.3 C.m²ノ面積ヲ有スル Orifice ニ於テ水頭 3.396mノ時其ノ流出量 0.01825 m³/sec 及 Jet ノ Path ニヨリテ Vena Contracta ニ於ケル Velocity ハ 7.98 m/sec. ナルコトヲ知レリ。

今 g=9.81m/sec² トシ各係數ヲ見出セ。

$$\begin{aligned} \text{一般ニ} \quad V &= C_v \sqrt{2gh} \\ 7.98 &= C_v \sqrt{2 \times 9.81 \times 3.396} \\ C_v &= 0.97729 \end{aligned}$$

$$\text{又タ} \quad Q = c \cdot A \sqrt{2gh}$$

$$\begin{aligned} \text{故ニ} \quad .01825 &= C \times \frac{36.3}{(100)^2} \sqrt{2 \times 9.81 \times 3.396} \\ C &= 0.6159 \end{aligned}$$

$$C_e = \frac{C}{C_v} = \frac{0.6159}{0.97729} = 0.632$$

(2) 今 hナル水深ヲ有スル水槽ヨリ分岐シタル凸出部ノ上面ニ Orifice ヲ設ケ是レヨリ噴出セル水ノ高サヲ觀測セシニ h₀ナリシト

Smith's Coefficients of Discharge for Vertical Square orifice

Heads from Centre of Orifice	Diameter of the orifice in ft.								
	.02	.05	.10	.15	.20	.40	.60	.80	1.0
.4		.631	.612	.605					
.6	.655	.624	.609	.605	.600	.594	.588	.587	
.8	.648	.620	.606	.603	.601	.596	.591	.581	.583
1.0	.644	.617	.605	.603	.600	.597	.593	.590	.586
1.5	.637	.612	.602	.601	.600	.599	.596	.594	.592
2.0	.632	.610	.601	.600	.599	.599	.597	.595	.594
2.5	.629	.608	.601	.600	.599	.599	.598	.595	.595
3.0	.627	.606	.601	.600	.599	.599	.598	.597	.659
3.5	.625	.606	.601	.600	.599	.599	.598	.597	.596
4.	.623	.605	.600	.599	.599	.598	.597	.597	.596
5.	.621	.605	.599	.599	.598	.598	.597	.596	.596
6.	.618	.604	.599	.599	.598	.598	.597	.596	.596
7.	.616	.603	.599	.599	.598	.598	.597	.596	.596
8.	.614	.603	.599	.598	.598	.597	.596	.596	.596
9.	.613	.602	.599	.598	.597	.597	.596	.596	.596
10.	.611	.601	.598	.597	.597	.597	.596	.596	.595
20.	.601	.598	.596	.596	.596	.596	.586	.595	.594
50.	.596	.595	.594	.594	.594	.596	.594	.593	.563
100.	.593	.592	.592	.592	.592	.592	.592	.592	.592

尙 Judd 及 King 両氏ハ Eng. news sep. 1906 及 Eng. news 1908 July = 述
ベテ曰ク $\frac{1}{2}$ ヨリ 12" = 至ル種々ナル Orifice = 於テ而モ水頭 1 呎
乃至 100 呎 = 至ル廣汎ナル範圍ニ亘リテ殆ソド相類似セリト考ヘ
ラルル Smith 氏ノ係數ハ尙疑問ヲ挟ム餘地ナシトセズト而シテ彼
等ノ實驗ニヨレバ

孔口ノ中心ニ於ケル水頭 4 呎 — 94 呎

孔口ノ直徑 (吋)

$\frac{3}{4}$	1"	$1\frac{1}{2}$	2"	$2\frac{1}{2}$
C = 0.591	0.610	0.609	0.608	0.593

ナリシト云フ。

5). Submerged orifice (水中孔口).

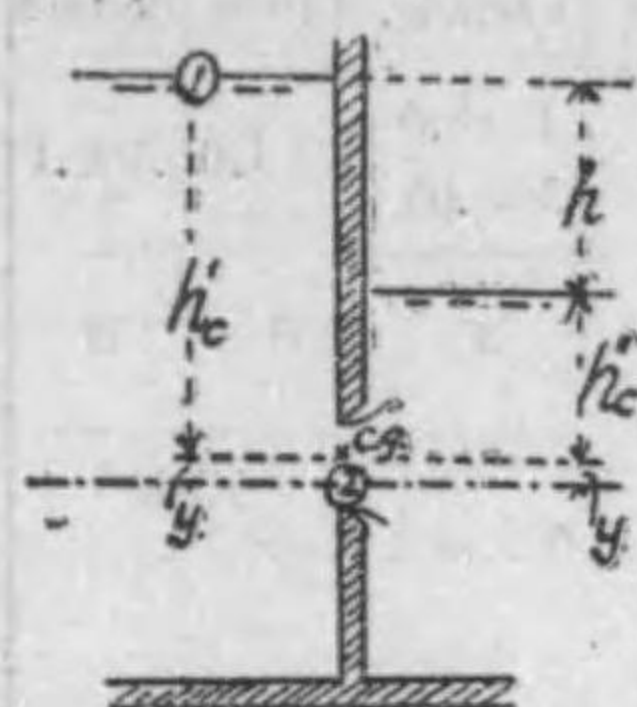


Fig. 54

Orifice ノ放出口ガ全ク水中ニ
没シタルモノヲ Submerged ori-
fice ト稱シ此ノ場合ニ於テハ
C_c, C_vヲ觀測スルコトハ不可能
ニシテ直チニ Cヲ見出スモノ
ナリ然レトモ此ノ實驗未ダ少

ナクシテ從ツテ水量測定ニ利用スルハ尙不正確ヲ
免ガレズ。

今 ① ト ② = Bernoulli's theorem ヲ適用シ。

$$\text{一般式 } Z_1 + \frac{P_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{ヨリ}$$

$$(h_c' + y) + 0 + 0 = 0 + (h_c'' + y) + \frac{v^2}{2g}$$

$$\frac{v^2}{2g} = h_c' + y - (h_c'' + y) = h.$$

即チ本式ハ水深 h ナル空中放出ノ Orifice ノ式ニ
一致ス。從ツテ理論的流量ハ Art. 1 ニヨリテ

$$Q = (2gh)^{\frac{1}{2}} (A)$$

$$\text{又實際上ノ流量ハ } Q = C(2gh)^{\frac{1}{2}} A.$$

Cノ値ニ就テハ實驗セラレタルモノ少ナキモ次ニ
二三ノ例ヲ舉ゲンニ

Coefficient of discharge for Submerged orifice in thin wall.

Shape	Circle	Circle	Square	Square	Rectang.	Circle	Square
Dimension	d = .05	d = .1	.05 × .05	.1 × .1	L = 3.0 b = .05	d = 1.0	.1 × .1
Vertical (V) or Horizontal (H)	V	V	V	V	V	H	H
Authority	H. Smith					Ellis	
Heads ft.							
.4		.600	.609	.606			
.5	.599	.600	.609	.605	.602		
1.0	.597	.600	.607	.604	—		
2.0	.595	.599	.605	.603	—	.608	.598
3.0	.595	.598	.604	.601	—	.607	.600
4.0	.595	.598	.604	.601	.620	.607	.602
5.0					.620	.606	.602
6.0					.620	.605	.603
8.0					.619	.602	.604
10.0					.618	.600	.605
20.0						.600	.605

6). Partially submerged orifice (一部水中ニアル孔口).

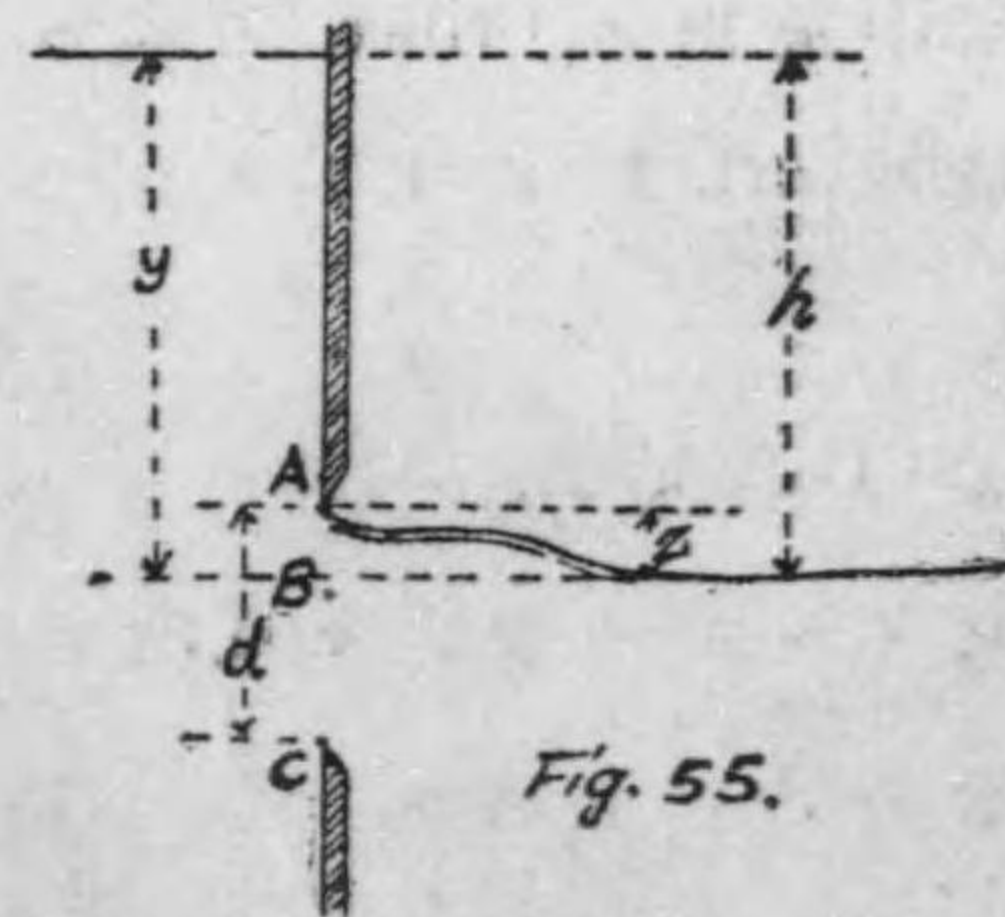


Fig. 55.

第55圖ノ如キ Rectangular orifice = 於テ AC 間ノ流出量 Q ヲ今 AB ナル自由ニ放流シ得ベキ部分ノ流出量 Q_1 ト水中ニアル部分 BC ノ流出量 Q_2 トニ便宜別チテ

考フルモノトシ先ツ AB 間ニ於ケル任意ノ深サ y = 於ケル理論的流速ハ

$$V = (2gy)^{\frac{1}{2}}$$

此ノ部分ニ於ケル孔口幅ヲ單位長ニシテ微小ナル深サ dy = 於ケル流出量ハ

$$dQ_1 = (2gy)^{\frac{1}{2}} \cdot dy.$$

$$\text{故ニ } Q_1 = \int_0^z \sqrt{2g} \left(y^{\frac{1}{2}} \right)_{h-z}^h \times \frac{2}{3} = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \left(h^{\frac{3}{2}} - (h-z)^{\frac{3}{2}} \right)$$

又タ BC 間ニ於ケル Velocity ハ何レノ深サモ Constant ニシテ

$$V = (2gh)^{\frac{1}{2}} \text{ ナリ.}$$

故ニ EC 間ノ流出量 Q_2 ハ

$$Q_2 = (2gh)^{\frac{1}{2}} \cdot (d-z).$$

故ニ全体ノ理論的流出量 Q ハ

$$Q = Q_1 + Q_2 = \sqrt{2g} \left[\frac{2}{3} \left(h^{\frac{3}{2}} - (h-z)^{\frac{3}{2}} \right) + h^{\frac{1}{2}}(d-z) \right] \dots\dots\dots(1)$$

$$= \sqrt{2g} \left[\frac{2}{3} \cdot h^{\frac{3}{2}} \left(\frac{3}{2} \cdot \frac{z}{h} - \frac{3}{8} \cdot \left(\frac{z}{h} \right)^2 - \frac{1}{16} \left(\frac{z}{h} \right)^3 + \dots \right) + h^{\frac{1}{2}}(d-z) \right] \dots\dots\dots(2)$$

上記(1)式ニテ求メタルモノニ C ヲ乘ジテ Q ヲ求ムルヲ得ベシ然レドモ正確ナル C ノ値ニ對シテハ未ダ信頼スルニ足ル可キ充分ナル實驗ナキ故ニ精密ナル觀測ニハ此種孔口ハ成ル可ク用ヒザルヲ可

トス而シ實地ニ應用サレタル構造物ニ於テ其ノ流量概略ヲ知ラントスル時ハ C ノ値ハ 0.6 内外ニ取リテ差支ナシ。

$\frac{z}{h}$ ノ値ノ小ナル時ハ其ノ程度ニヨリテ (2) ヲ用ヒテ差支ナシ $(\frac{z}{h})^2$ 以下ヲ省略セバ

$$Q = C' \cdot \sqrt{2gh} \cdot d$$

即チ全部 Submerge シタル場合ト同一ナリ。

又タ $(\frac{z}{h})^3$ 以下ヲ省略スル時ハ

$$Q = C'' \cdot \sqrt{2g} \left[h^{\frac{1}{2}} d - \frac{1}{4} \left(\frac{z}{h} \right)^{\frac{3}{2}} z^{\frac{3}{2}} \right]$$

但シ C', C'' ハ C ニ比較シ多少變化セシムルヲ適當トス尙上記ノ計算ハ何レモ Crifice ノ幅ヲ單位長ニ取リタル故ニ實際ニ於テハ之レニ幅 b ヲ乘ズルヲ要ス。

7). Orifice under variable head (水頭ノ變化スル孔口).

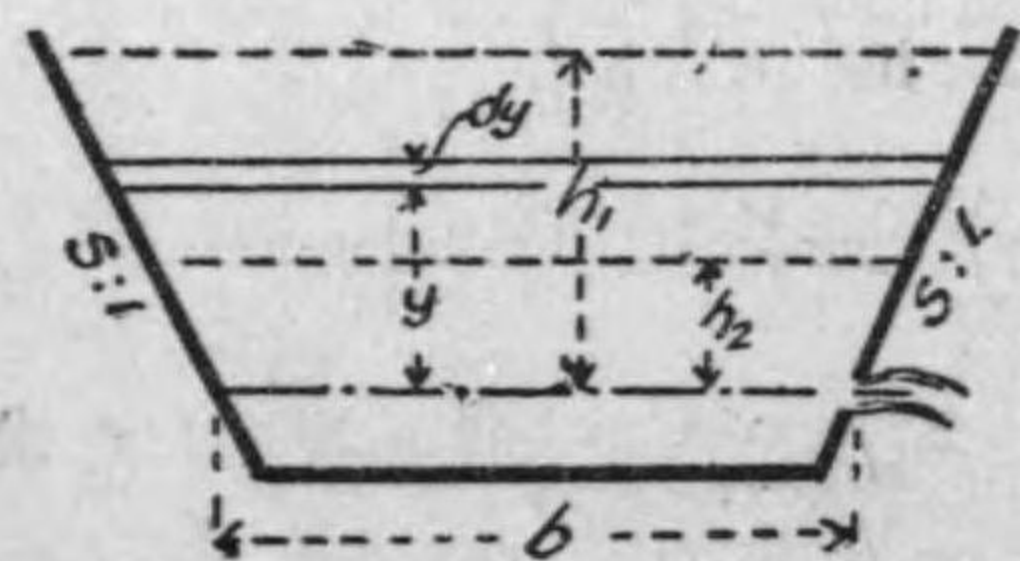


Fig. 56.

第56圖ノ如キ水槽ヨリ其ノ一側ニ設ケラレタル Orifice ヲ以テ排水セントスル場合其レニ要スル時間ヲ見出すニ先ヅ水槽ノ側壁ハ縦横

共ニ 8:1 ノ勾配ヲ有シ又タ Orifice ノ中心ニ於ケル

水槽ノ幅長ヲ夫々 b, l トス。今アル時ニ於ケル水深ヲ y トシ其ノ瞬間ニ於ケル水面ノ降下ヲ dy トセバ此ノ時ニ於ケル流出量 dQ ハ

$$dQ = (b + 2sy)(l + 2sy) dy.$$

又タ此ノ水深ニ於ケル單位時間ノ流出量ハ

$$Q = C \cdot A \cdot (2g h)^{\frac{1}{2}}$$

故ニ dQ ナル水量ヲ流出スルニ要シタル時間 dt ハ

$$dt = \frac{dQ}{Q} = \frac{(b + 2sy)(l + 2sy)}{C \cdot A \cdot (2g y)^{\frac{1}{2}}} dy.$$

故ニ水深 h_1 ヨリ h_2 迄ノ水ヲ排出セシムルニ要スル時間 T ハ本式ヲ y ニ就キ積分セバ可ナリ。

$$T = \int_{h_2}^{h_1} dt = \int_{h_2}^{h_1} \frac{(b + 2sy)(l + 2sy)}{C \cdot A \cdot (2g y)^{\frac{1}{2}}} dy.$$

C ノ値ハ y ニヨリ變化シ嚴密ニ言ヘバ常數ナラズ特ニ h_2 ナル深サガ Crifice ノ一邊ノ三倍以下ノ時ニ於テ然リトス而シ計算ヲ簡單ナラシムル爲メ其ノ平均値ヲ取り得タルモノトシテ是レヲ常數ナリト見做シ。

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{C \cdot A \cdot \sqrt{2g}} \int_{h_2}^{h_1} \frac{b l + 2sy(b + l) + 4 S^2 y^2}{y^{\frac{1}{2}}} dy. \\ &= \frac{1}{C \cdot A \cdot \sqrt{2g}} \left(2l \cdot 7(h_1^{\frac{3}{2}} - h_2^{\frac{3}{2}}) \right. \\ &\quad \left. + \frac{4}{3} s(b + l)(h_1^{\frac{5}{2}} - h_2^{\frac{5}{2}}) + \frac{8}{5} s^2(h_1^{\frac{7}{2}} - h_2^{\frac{7}{2}}) \right) \dots\dots\dots(1) \end{aligned}$$

本式ニヨリ排水ニ要スル時間ヲ計算スル事ヲ得

水槽ノ側壁ガ垂直ナル時ハ $S = 0$ ナル故ニ

$$T = \frac{1}{C \cdot A \cdot \sqrt{2g}} \left(2bl(h_1^{\frac{3}{2}} - h_2^{\frac{3}{2}}) \right) \dots \dots \dots (2)$$

本式ニヨリ垂直壁ヲ有スル貯水池ノ排水スルニ
要スベキ時間ヲ計算ス。

8). Illustrative examples.

1). 底幅 450 呎同長 600 呎側壁勾配一割ナル貯水池ニ於テ其底部ニ設ケラレタル徑三呎ノ孔口ヲ利用シ水深 16 呎ヨリ 25 呎迄ノ水ヲ排出セントス今流出量係數ヲ 0.7 トスル時排水ニ何時間ヲ要スルヤ。

前項(1)式ニ於テ

$$b = 450'; l = 600'; s = 1; h_1 = 25' \text{ 及 } h_2 = 16'$$

$$A = \frac{\pi \times 3^2}{4} = 7.068 \text{ sq. ft.}; C = 0.7.$$

故ニ

$$T = \frac{1}{0.7 \times 7.068 \times 8.02} \left(2 \times 450 \times 600 (25^{\frac{3}{2}} - 16^{\frac{3}{2}}) + \frac{4}{3} \times 1 \times (450 + 600) (25^{\frac{3}{2}} - 16^{\frac{3}{2}}) + \frac{8}{5} \times 1 \times (25^{\frac{3}{2}} - 16^{\frac{3}{2}}) \right) = \frac{1}{39.6} (540000 + 85,400 + 3361.6) = 15,878 \text{ 秒} = 4.41 \text{ 時間}$$

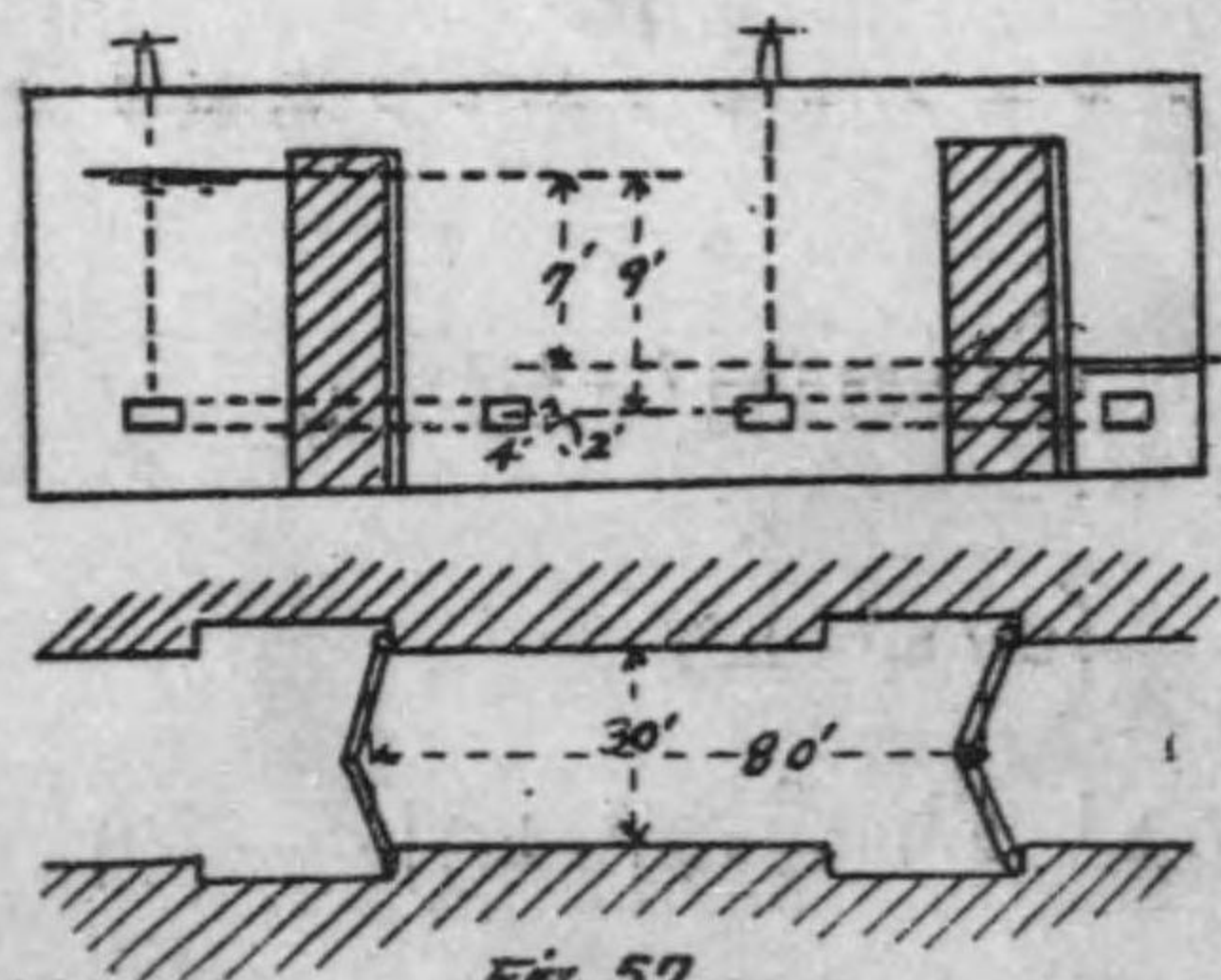


Fig 57.

2). 長サ 80 呎幅サ 30 呎ノ垂直壁ヲ有スル開室 (Lock chamber) ニ對シ水ノ出シ入レニ低水位以下二尺ニ設ケラレタル幅 4 呎高 2 呎ノ Orifice ヲ有セリ而シテ上下流ノ水位ノ差 7 呎ナル時開室ヲ滿スニ何分ヲ要ス

ルヤ。

但シ C ノ値ヲ 0.6 トス。

今(2)ノ式ヨリ

$$A = 2 \times 4 = 8 \text{ sq. ft.}; b = 30'; l = 80'; h_1 = 9; h_2 = 2.$$

$$T = \frac{1}{0.6 \times 8 \times 8.02} (2 \times 30 \times 80 \times (3 - 1.414)) = 198 \text{ 秒} = 3.3$$

9). Lost head of orifice (孔口ノ損失水頭).

Orifice ヲ出ズル水ノ Velocity ガ理論的計算セラレシモノニ比シ小ナルハ水流ノ撃衝ト摩擦ニヨル水頭ノ損失ニ基クモノナリ今 Orifice ノ内外ニ於ケル壓力水頭ノ差ヨリ損失水頭ヲ見出サンニ h' ヲ損失水頭トシ

Bernoulli's theorem ニヨリ

$$Z_1 + \frac{P_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g} + h'$$

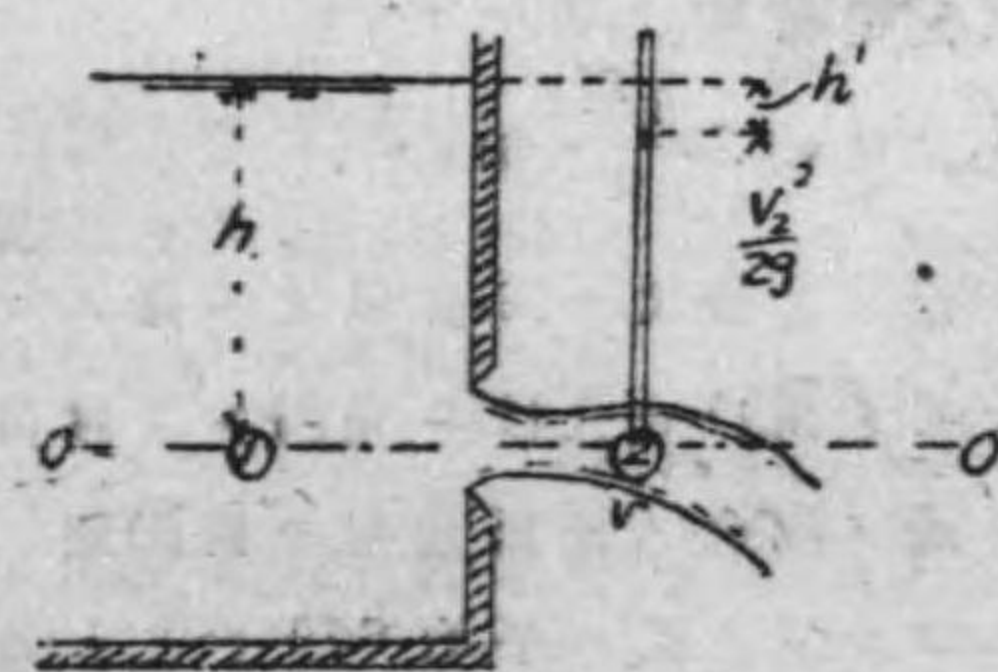


Fig 58.

0-0 ナル Orifice ノ中心

ヲ通レル水平軸ニヨリ

$$0 + h_1 + 0 = 0$$

$$+ 0 + \frac{v^2}{2g} + h'$$

故ニ

$$h' = h_1 - \frac{v^2}{2g}$$

然ルニ實際上 $v = c_v \sqrt{2g h_1}$ ナル故ニ

$$h' = h_1 - c_v^2 h_1 = h_1 (1 - c_v^2)$$

又ハ $h_1 = \frac{v^2}{c_v^2 2g}$ ナル故ニ上式ハ次ノ如クニモ書キ換ヘ得

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

今 $C_v^2 = 0.98$ トセバ

$$h' = \frac{v^2}{2g} \left(\frac{1}{0.98^2} - 1 \right) = 0.041 \frac{v^2}{2g}$$

h' ハ多クノ場合極メテ僅小ナル値ニ過ギズ。

10). Various forms of orifice. (孔口ノ種々ナル形状)

1°. Mouth pieces.

穿タル Orifice ニ對シ其ノ内方ニ若シクバ外方ニ其ノ水流ト略同一ノ方向ニ口金物ヲ設クル時ハ流出量ハ其ノ金物ノ形状ニヨリ増減スルコトヲ發見スベシ。

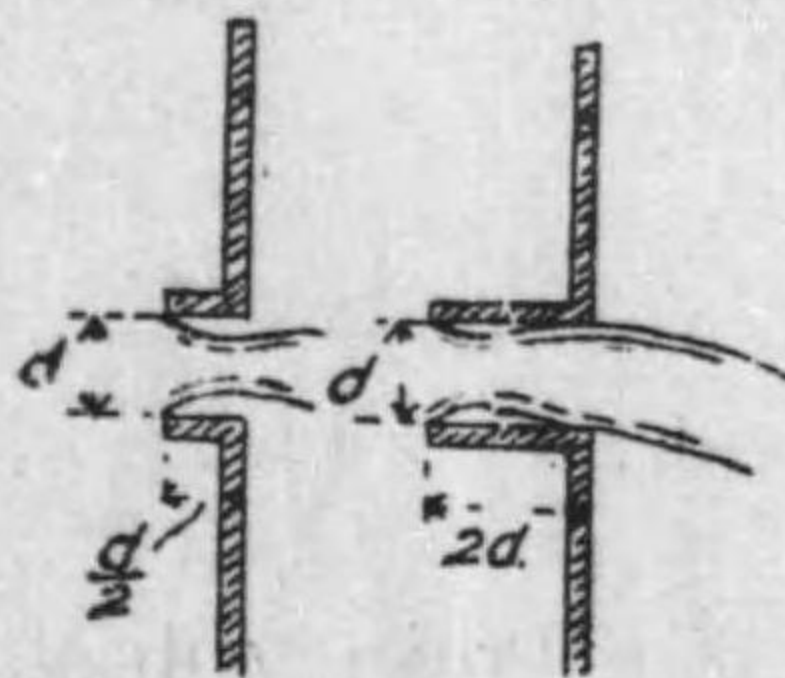


Fig. 59.

第59圖ノ如キ内方ニ其徑ノ半分ダケ突出シタル口金物ヲ Borda's mouth piece ト云ヒ Borda, Bidoni, weisbach 氏等ノ實驗ノ結果

$$Q = 0.53 \frac{\pi d^2}{4} (2gh)^{\frac{1}{2}}$$

最も適合スト云フ。又々長サ其ノ徑ノ二倍又ハ三倍以上ニ達スル時ハ流水ハ收縮シタル後再擴大シ其ノ出口ハ孔口ニ充滿シテ流出スベシ故ニ此レヲ滿水孔口ト云フ此ノ場合ノ流出量 Q ハ前記短 Borda ニ比シ大ナルヲ常トス實驗ニヨル C ノ値ハ平均 0.72 ナリト云フ Biton 氏ハ 2.5 d ノ長サヲ有スル Mouthpiece ヲ用ヒ $h = 0.5'$ 以上ニ試ミタル結果 (Eng. news, July 9, 1908).

d.	$\frac{1}{8}$ "	$\frac{1}{4}$ "	1"	2"	$2\frac{1}{2}$ "
c.	0.91	.83	.79	.76	.75

ナリシト云フ。

2°. Short tubes (筒).

Orifice ノ内面ヨリ外方ニ突出シタル筒ヲ設クル時 Short tube (短管又ハ筒)ト云ヒ其ノ長サ若シ徑ノ二倍乃至三倍ナル時ハ是レヲ Standard short tube (標準短管又ハ筒)ト云ヒ流量ノ測定用ニ供セラル、コトアリ。

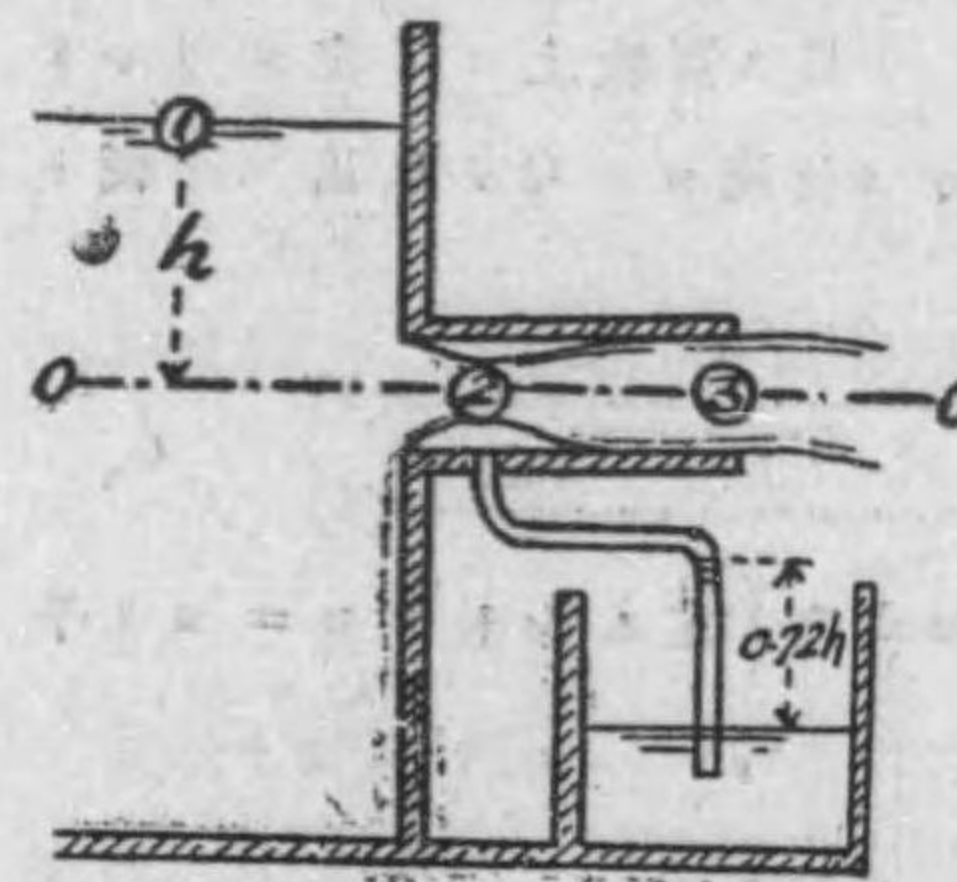


Fig. 60.

第60圖ノ如キ筒ニ於テ①ヲ水槽ノ水面②ヲ流水ノ最も縮小シタル断面③ヲ筒ノ終點ニ於ケル何レモ 0-0 ナル一水平軸上ノ點ナリトス。

①ニ於テハ普通空氣壓ノ外何等ノ壓力ヲ受ケズ又々接近速度モ省略シ得ル如キ断面ヲ有スルモノトス。

②ニ於テハ一本ノ Piezometer ヲ立テ其ノ先端ヲ他ノ Vessel 中ニ置ク③ハ空氣壓ノ外流水ニ對シ何等ノ壓力モナキモノト考フ。

②ニ於ケル流水ノ實際流速ハ

$$V = C_v \sqrt{2gh}$$

③ニ於テハ $V = C \sqrt{2gh}$ 何トナレバ $C = C_v$ ナル故ナリ

Orifice ノ爲メ②迄ニ失ハル、損失水頭ハ前項記載ノ如ク

$$h_2' = \frac{v_2^2}{2g} \left(\frac{1}{c_v^2} - 1 \right)$$

同様③迄ニ失ハル、モノハ

$$h_3' = \frac{v_3^2}{2g} \left(\frac{1}{c^2} - 1 \right)$$

Orifice 及 tube 中ニ於ケル摩擦抵抗ヲ考ヘニ入レツ、Bernoullis theorem ヲ適用スレバ

$$Z_1 + \frac{p_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2' = Z_3 + \frac{p_3}{w} + \frac{v_3^2}{2g} + h_3'$$

$$h+0+0 = 0 + \frac{P_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_3^2}{2g} \left(\frac{1}{c_v^2} - 1 \right) = 0 + 0 + \frac{v_3^2}{2g} + \frac{v_3^2}{2g} \left(\frac{1}{c^2} - 1 \right).$$

故 =
$$h = \frac{P_2}{w} + \frac{v_3^2}{c^2 2g} = \frac{v_3^2}{c^2 2g}.$$

$$V_2^2 = 2g \cdot c_v^2 \cdot \left(h - \frac{P_2}{w} \right) \dots \dots \dots (1)$$

$$Q = A \cdot v_2 \cdot c_c \dots \dots \dots (2)$$

(1)(2)ヨリ Qヲ見出す事ヲ得ルモ $\frac{P_2}{w}$ ハ別ニ實驗上ヨリ定メラレザル可カラズ依ツテ率口③ノ點ニ於ケル流速ヨリ Qヲ見出す便トス即チ

$$V_3^2 = 2g \cdot c^2 \cdot h \dots \dots \dots (3)$$

$$Q = A v_3 \dots \dots \dots (4)$$

而シテ Cノ値ハ實驗ニヨリ Weisbach 氏ノ定ムルトヨロ = ヨリ平均 0.82 トス故ニ

$$Q = 0.82 A \sqrt{2g h}.$$

今 C = 0.82 トシテ $\frac{P_2}{w}$ ノ値ヲ求メンニ

$$\frac{P_2}{w} = \frac{v_3^2}{c^2 2g} - \frac{v_3^2}{c_v^2 2g}$$

又 $Q = A v_3 = c_c A \cdot v_3$

故ニ $V_2 = \frac{v_3}{c_c}$

此ノ關係ヲ上式ニ代入シ

$$\frac{P_2}{w} = \frac{v_3^2}{c^2 2g} - \frac{\frac{v_3^2}{c_c^2}}{c_v^2 2g} = \frac{v_3^2}{c^2 2g} \left(1 - \frac{c^2}{c_c^2 c_v^2} \right).$$

故ニ

$$\frac{P_2}{w} = h \cdot \left(1 - \frac{c^2}{c_c^2 c_v^2} \right)$$

今 C = 0.82 ; C_c = 0.63 ; C_v = .995 トセバ

$$\frac{P_2}{w} = h \times (-0.72).$$

$$P_2 = -0.72 \times .434 h = -0.31 h, \#/\text{ft}.$$

即チ②ノ断面ニ於テハ外ノ氣壓ヨリモ 0.31 h #/ft² ダケ低ク從ツテ之レニ相當スル 0.72 h ナル高サ迄水ヲ吸上ケル力ヲ有ス故ニ若シ Orifice ヨリ 0.72 h ヨリ高キ處ニ他ヨリ供給スベキ水ヲ置ク時ハ其ノ水ハ P₂ ノ力ニヨリテ短筒内ニ吸上ケラル可シ是レ即チ Jet pump (噴射唧筒)ノ原理ナリトス。

3° Bell mouthed orifice (鐘孔口)

此ノ流水ハ周リ全部 Suppress セラル、故ニ流出量ハ最モ多ク Cノ値ハ水頭ニヨリ變化スル率大ニシテ例ヘバ Weisbach 氏ノ實驗ニヨレバ約 $\frac{1}{2}$ ノ Bell mouthed orifice ニ於テ

head (呎)	.966	1.64	11.48	55.77	328.9
C.	.959	.967	.975	.994	.994

ナリト云フ。

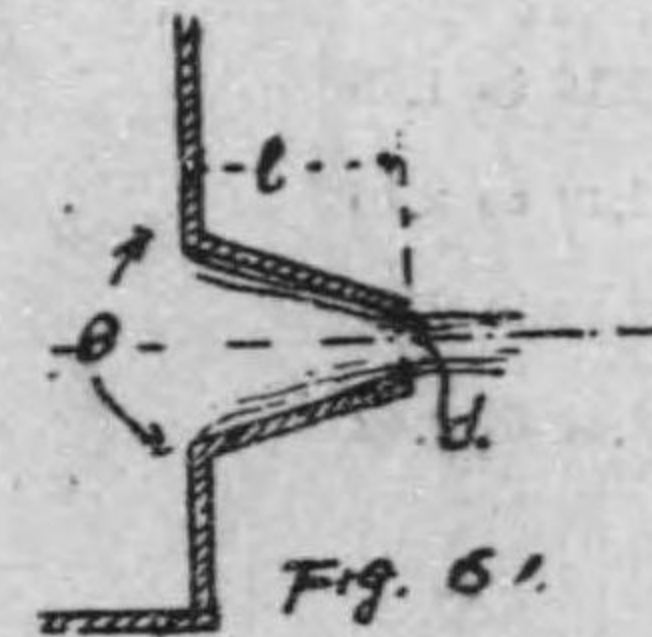
4° Conical converging tubes and conical diverging tubes.

(圓錐漸縮漸開管)

$$Q = C \cdot \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2g h}.$$

Cノ値ニ付キ Castel 氏ノ實驗ノ結果ハ次ノ如シ。

$l=0'.131; d=0'.05$	$l=0'.164; d=0'.066$		
$\theta=0$	$C=0.829$	$\theta=2^\circ 50'$	$C=0.910$
$5^\circ 26'$	.920	$5^\circ 26'$	.928
$10^\circ 20'$	.938	$10^\circ 30'$	.945
$13^\circ 24'$	.946	$12^\circ 10'$	.949
$16^\circ 36'$	.938	$13^\circ 40'$	.956
$25^\circ 58'$	.896	$15^\circ 2'$	.949
$40^\circ 20'$	.869	$18^\circ 10'$	.939
$49^\circ 0'$	.847	$33^\circ 52'$	.920



此ノ實驗ノ結果ニヨレバ流出量ヲ最モ多カラシムル Converging angle (漸縮角)ハ 13° 乃至 14° ノ間ニアルガ如シ。

diverging tube 是就テハ尙實驗不充分ニシテ明瞭ナラズト雖モ diverging angle (漸開角) 5° ヨリ甚ダシク大ナラザル限リ flow ハ再ビ壁ニ觸レテ滿管状態ニテ放出セラレベシ。

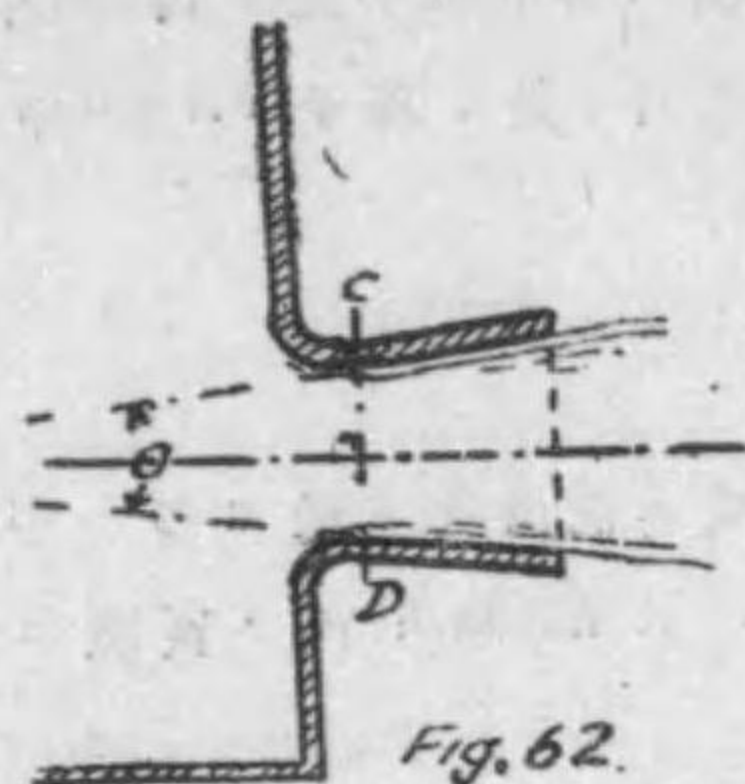


Fig. 62.

第62圖ノ如ク出口ニ丸味ヲ付シ一般ニ Vena Contracta ナ生ズル附近ニテ最モ縮小シ更ニ $5^\circ 9'$ 位ニ漸開セシムル時ハ最モ多クノ流出量ヲ見 Eytelwein 氏ノ實驗ニヨレバ CD ナ以テ標準断面トスル時ハ C ノ値ハ 1.55 ナリシト云フ又出口ノ角立チタルモノニシテ 5° 内外ノ角度ニ於テ weisbach 氏ノ實驗ハ 0.946 ナリシト云フ。

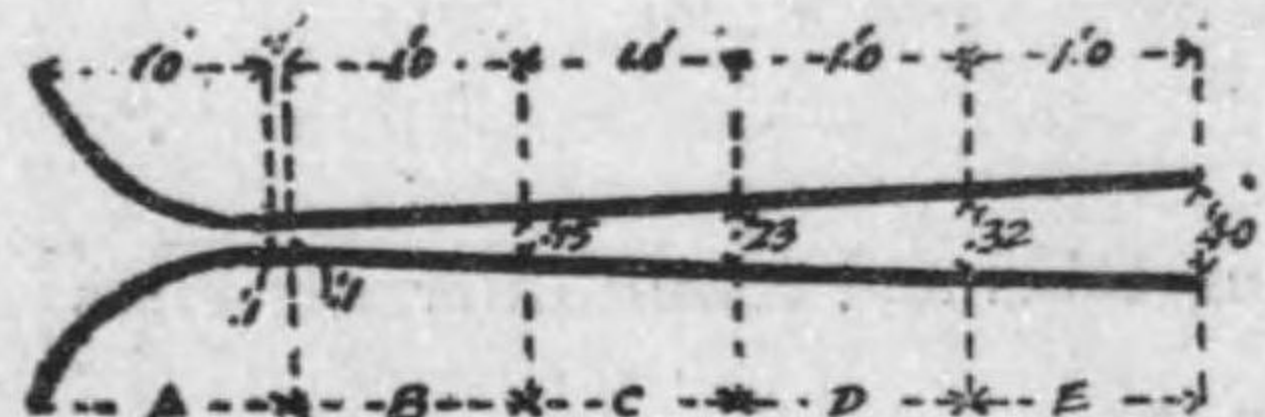


Fig. 63.

又タ Francis 氏ノ施シタル漸縮ト漸開ヲ組合セタル第63圖ノ如キ短管ニ於テ實驗シタル結果次ノ如シ但シ断面積ハ最小徑ノ個所ニ採ルモノトス。

實驗ニ使用セシ部分	h. (呎)	c.
A.	0.033 to 1.51	0.81 to 0.94
AB.	.020 to 1.47	1.15 to 1.59
ABC.	.014 to 1.31	1.42 to 2.16
ABCD.	.014 to 1.36	1.38 to 2.43
ABCDE.	.014 to 1.41	1.44 to 2.42

5°. nozzle (水嘴)

Art. 2 ニ於テ一般の Orifice ノ discharge ニ於テ Approached velocity フル時ハ其ノ流出量ヲ求ムル公式 (11)

$$Q = \left(\frac{2gh}{1 - \frac{A^2}{A_0^2}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

チ用ヒ nozzle ノ流出量ヲ求メテ差支ナシ C ハ nozzle ノ形ニヨリ一様ナラズ今 nozzle ナ大別シテ二種トシ

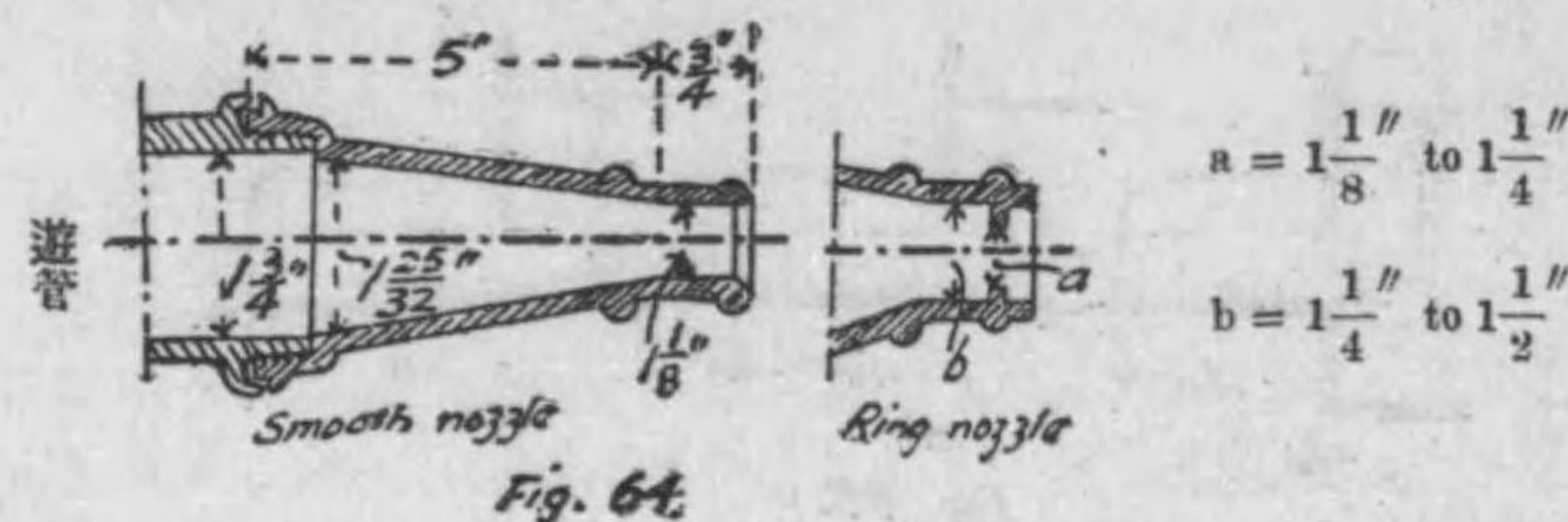


Fig. 64.

第64圖ノ如ク Smooth nozzle (平滑嘴) 及 Ring nozzle (突輪嘴) ニ別ツ Freeman 氏ガ施シタル廣汎ナル實驗ノ結果得タル C ノ値ハ

Smooth nozzle = 對シ		
diam. = 0.75	C = .983	diam. = 1.125 C = .976
" = 0.875	" = .982	" = 1.250 " = .971
" = 1.000	" = .972	" = 1.375 " = .977
" = 1.500	" = .971	" = 2.000 " = .996
" = 2.000	" = .972	" = 2.500 " = .937
Square ring nozzle = 對シ		
r = $\frac{a}{b}$ = 0.1	.2	.3
C = 0.60	.61	.62
	.63	.65
	.68	.68
	.71	.77
	.77	.975

a 及 b 是就テハ上圖ヲ参照スベシカクスル時ハ nozzle ヨリノ流出水量ハ A_0 及 h ナ遊管ニ於ケル断面積及水頭トシ

$$Q = \sqrt{2g} \left(\frac{h}{1 - \left(\frac{A}{A_0}\right)^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

又タ p ナ遊管ニ於ケル水壓力トセバ $h = \frac{p}{w}$ ナル故ニ

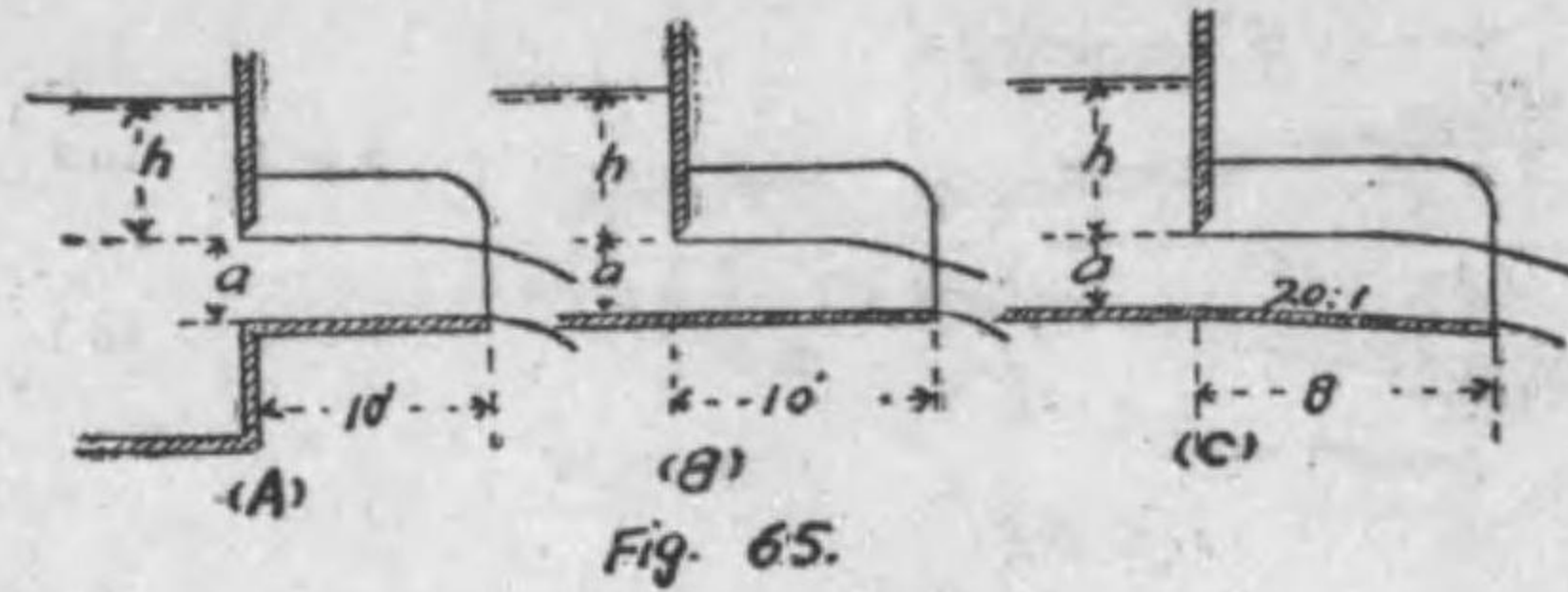
$$Q = \sqrt{2g} \cdot \frac{1}{\sqrt{w}} \left(\frac{p}{1 - \left(\frac{A}{A_0}\right)^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

ヨリ Q ナ定ムルコトヲ得ベシ. (pipe ノ章参照).

6°. Gate or sluice (水門).

水ノ引入レ又ハ引出ニ用フル Gate 及ヒ是レニ類スルモノモ亦

Orifice トシテ取扱ヒ得ルモノナリ先ツ Unwin 氏ノ施シタル實驗 (Encyclopedia Britanica) ニ於テ



種類	aノ長さ(呎)	水深(h) = 0.07	0.5	1.0	3.0	5.0	10.0
A.	.656	.487	.562	.588	.601	.601	.601
"	.164	.495	.630	.630	.624	.619	.606
B.	.656	.487	.554	.580	.599	.602	.601
"	.164	.495	.612	.623	.628	.627	.617
C.	.656	.530	.584	.600	.610	.610	.608
"	.164	.590	.640	.649	.651	.650	.649

一般ニ A ノ如キ形状ノモノ C ノ値最モ少ナク C ノ如ク排出口ニ勾配ヲ付シタルモノ最モ大ナリ Submerged sluice (水中ニアル水門)ノ流出量ニ就キ Chatterton 氏ハ次ノ如キ式ヲ與ヘタリ

$$C = 0.615 + 0.007 \times 2^{5-h}$$

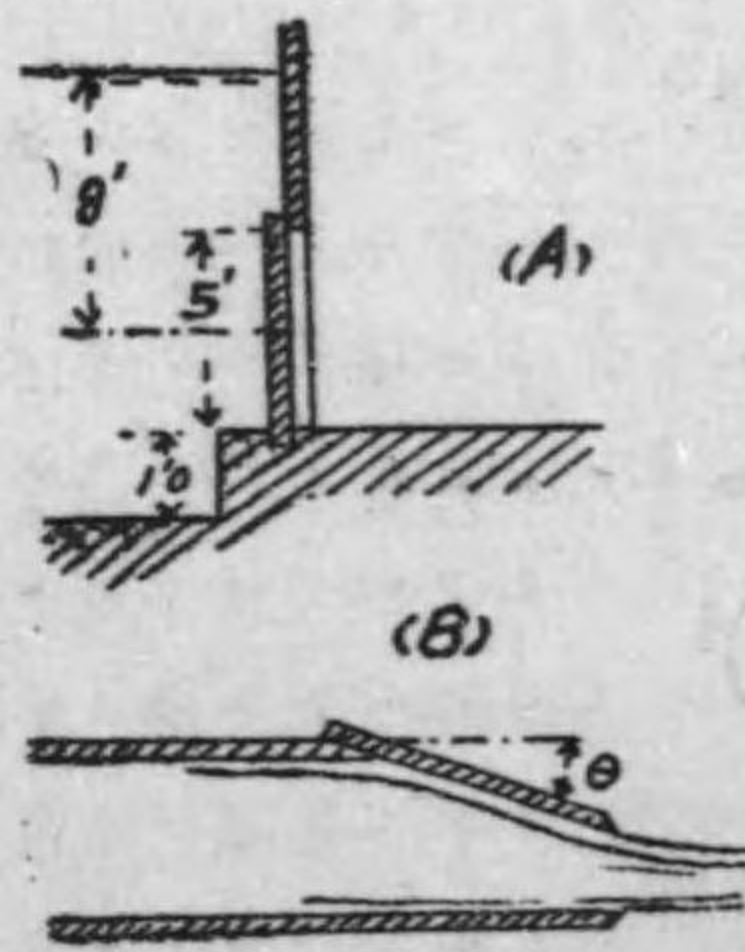


Fig. 66.

而シ h ハ上下流ノ水位ノ差ニシテ本式ハ h = 5 呎ヨリ小ナル場合ニ適用ス 1916 年 Ward 氏ニヨリ施サレシ 4 呎×5 呎ノ水門(第 66 圖 A)ニ於テ平均約 8 呎ノ水深ニ對シ C ハ 0.545 ナリト云フ又々 Weisbach 氏ニヨレバ Sluice ハ(第 66 圖 B)ノ如クニシテ $\theta = 45^\circ$ ノ時 C ハ 0.8 ニシテ $\theta = 63^\circ 5'$ ノ時 0.74 ナリト云フ。

尙實地水門ニ對スル C ノ値ハ其ノ

入口壁ノ狀況或ハ敷等ノ關係ニ因ルコトモ亦大ニシテ一様ニ決定スル能ハズ Hanburg, Brown 氏ノ與ヘタル略値ハ次ノ如シ。

普通ノ開門ニ於ケル sluice	$c = 0.62$
水深小ナル取入水門	$= 0.57$
壁ニ掘込ミテ設ケタル幅 6 呎以下ノ取入水門	$= 0.62$
全 上 幅 6 呎以上 13 呎以下ノモノ	$= 0.72$
全 上 幅 13 呎以上	$= 0.82$
壁面ニ凸凹ナク設ケタル幅 6 呎以下ノ取入水門	$= 0.72$
全 上 幅 6 呎以上 13 呎以下ノモノ	$= 0.82$
全 上 幅 13 呎以上ノモノ	$= 0.92$

以上大略ヲ與ヘタルニ過ギズ普通樋門設計ノ場合ニハ其ノ狀況ヲ參酌シ 0.6 乃至 0.7 位ヲ採ルモノトス。

Partial orifice ノ如キ狀況ニアル Sluice ニ對シ概略ノ流出量ハ上記ト同様ニ見出し得ベキモ尙正確ヲ期セントセバ次章ヲ參照スベシ。橋脚間ヲ流ル、水ニ就テモ亦同シ。

11). Illustrative example. (例題)

(1). Constant discharged-orifice (流量一定ノ孔口)

Orifice ノ discharge ハ一般ニ

$$Q = c \cdot A \sqrt{2g} \sqrt{h}$$

ナルヲ以テ h ノ増スニ從ヒ A ヲ減シ又ハ h ノ減ズルニ從ヒ A ヲ増

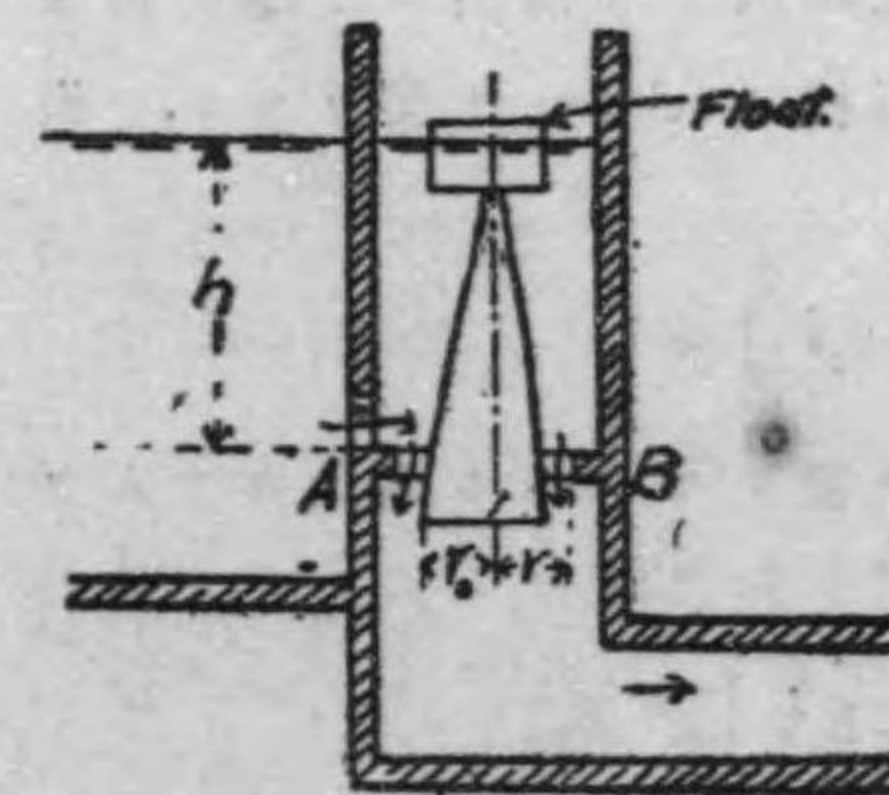


Fig. 67.

ス如キ方法ニヨリ Q ナ一定ニ保ツヲ得ベシ此ノ爲メニ種々ナル考案アレドモ最モ簡單ナルモノハ Spanish module (スパニツシユ量水器)ト云フモノニシテ灌溉水ヲ分流スル如キ場合ニ用ヒラル、コトアリ其ノ裝置ハ第 67 圖ノ如キ Orifice 室内ニ設ケラレタル float (浮)ヲ有スル塞栓(plug)ヲ AB ニ於ケル Orifice 内ニ

垂下シ水深 h ノ低下スルニ從ヒ float ト共ニ plug 亦降リテ Orifice ノ面積ヲ増加スルモノニシテ其ノ關係ハ次ノ如シ。

此ノ Orifice ヨリノ流出量ハ

$$Q = c \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \sqrt{2gh}$$

但シ D ハ Orifice ノ直径

d ハ plug ノ直径

本式ヨリ d ナ求ムレバ

$$d = \left(D^2 - \frac{4Q}{c\pi\sqrt{2gh}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

本式ニ h ノ種々ナル値ヲ入レ各場合ニ相當セル d ナ計算シテ

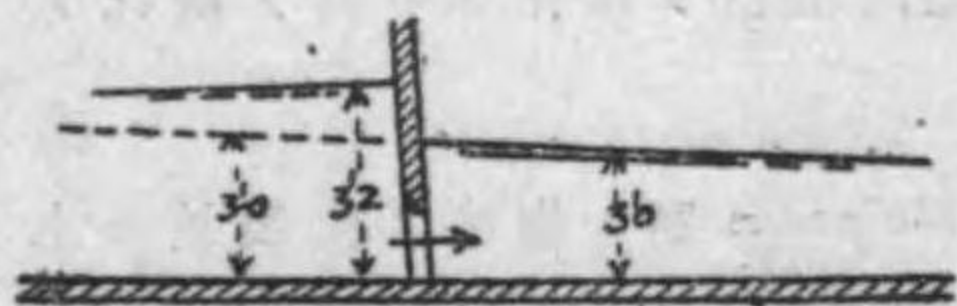


Fig. 68.

plug ノ形ヲ定ムレバ可ナリ又々

c ハ平均ヲ取リ 0.6-0.65 位ヲ可トス。

2). 水深 3 呎ニテ 40 立方呎ノ流量ヲ有スル水路ヲ横ギリ其ノ

底面ヲ數トセル 2 呎平方ノ水門ヲ設ケル場合 c ナ 0.85 トセバ上流ニ如何ノ水位上昇ヲ必要トスルヤ。

$$Q = c \sqrt{2gh} = 0.85 \times 8.02 \sqrt{h} \cdot A$$

$$h = \left(\frac{Q}{0.85 \times 8.02 A} \right)^2 = \left(\frac{40}{0.85 \times 8.02 \times 4} \right)^2 = 2.2$$

即チ水深 $(2.2+1) = 3.2$ ナ要スル故ニ水位ノ上昇 0.12 ナリ。

3). 長サ 60 呎幅サ 18 呎上下流水面差 13 呎ナル開門アリ水ノ出入レ作業ヲ 19 分間ニ終ランニハ何程面積ノ sluice ナ要スルヤ。但シ c ハ 0.65 トス。

$$T = \frac{1}{c \cdot A \sqrt{2g}} \left\{ 2bl(h_1^{\frac{3}{2}} - h_2^{\frac{3}{2}}) \right\}$$

今低水位以下 3 呎ニ Sluice ノ中心ヲ置クモノトシ本式ヨリ A ナ求メンニ

$$A = \frac{1}{cT\sqrt{2g}} \left\{ 2bl(h_1^{\frac{3}{2}} - h_2^{\frac{3}{2}}) \right\} = \frac{1}{0.65 \times 5 \times 60 \times 8.02} \left\{ 2 \times 60 \times 18(16^{\frac{3}{2}} - 3^{\frac{3}{2}}) \right\} = 3,150'$$

Chapter. 6.

Flow from weirs (堰ノ水流)

1). Definition of Terms (定義)

普通堰ノ理論ニ於テ使用セラル、語ノ定義ヲ掲ゲンニ

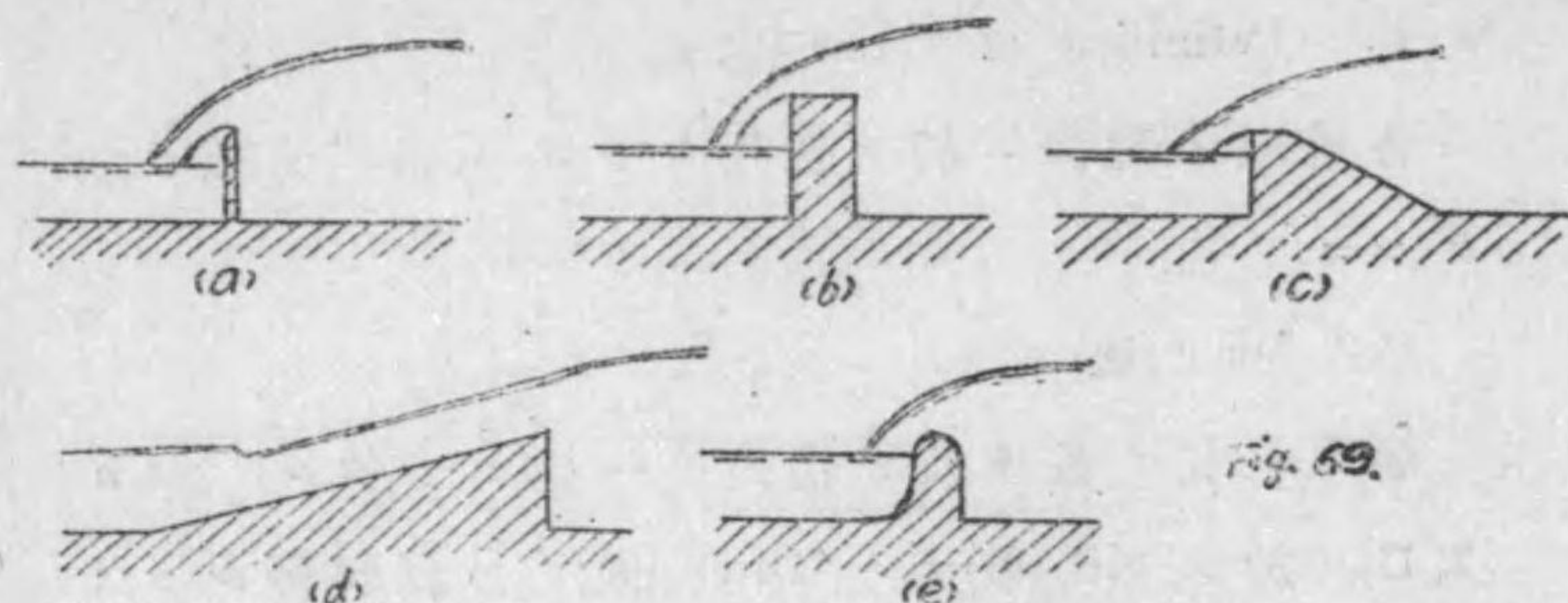
1°. Weir (堰)

堰トハ其ノ長サ及ビ構造ヲ一定ニシタル Notch (欠口)ニ於テ Sill (敷)又ハ Crest (頭)ノ水深ヲ測ルコトニヨリ是レヲ過グル水量ヲ知ル爲メニ設ケタル構造物ヲ稱スルモノニシテ此ノ理ヲ敷衍シテ種々ナル形ヲ有スル木製又ハ Masonry ノ Dam. 及ビ貯水池ノ溢流堰等ヲモ亦 Weir ト稱スルコトアリ。

2°. Nappe or Falling Sheet (落流)

Nappe ハ佛語英語ニ於テハ Falling sheet ト云フ何レモ机掛ガ其ノ端ニ於テ曲線ヲナシテ下方ニ垂下スル時其ノ曲面ニ對スル語ナレドモ此レヲ堰ニ於ケル水流ノ溢流スル時恰モ類似セル流レヲ生ズルノ理由ニヨリ堰ヨリ流出スル Jet ヲ Nappe 又ハ Falling sheet ト稱ス。Nappe ノ形ハ堰ノ形ニヨリ種々ナル形状ヲ呈スルモノニシテ中數個ノ例ヲ示セバ第 69 圖ノ如シ尙同一ノ堰ニ於テモ多クハ堰上ノ水深ニヨリテ種々變化スルモノニシテ其ノ形ノ變化

ニ伴ヒテ流量係數モ増減ヲ來シ爲メニ水量觀測ヲ
不正確ニ陷ラシムルコトアリ。



3°. Depth on the weir (堰ノ水深)

堰ノ頂上ト水面トノ高サノ差ニシテ水面ハ堰上
ニ於テハ所謂 Surface curve ヲナセル故ニ其ノ範圍ヲ
脱シタル上流ノ水位ヲ觀測スルヲ要ス。

4°. Velocity of approach (接近流速)

堰ヨリ餘リ遠カラザル場所ニ於ケル水路内ノ平
均流速ヲ云フ。

5°. Contraction (收斂)

Nappe ハ多クハ堰ヲ超ユルニ際シ其ノ構造ニヨ
リ多少ノ收斂ヲ來スモノナリ例ヘバ第69圖(a)ニ於
ケル如ク堰ノ頂ノ爲メニ Contract スルモノヲ Crest
contraction (堰頂收斂)ト云ヒ堰ノ兩端取付ノ構造ニヨ
リテ生ズル兩端ノ收斂ヲ End contraction (堰端收斂)ト
云フ。

2). Classification of weirs (堰ノ種類).

堰ヲ其ノ幾何學的形狀ヨリ分チテ普通用セラ
ルノミヲ舉グレバ。

a). Rectangular weir (四角堰).

水平ノ Crest ト垂直ノ兩端ヲ有スルモノ。

b). Triangular weir (三角堰).

量水用ニ一般使用セラル其ノ有スル角度ニヨリ
テ Right angled triangular weir (九十度三角堰等稱セラ
ル。

c). Trapezoidal weir (梯形堰).

アル特殊ノ形ノモノ、外一般ニ使用セラレズ。

d). Parabolic weir (拋物線狀堰).

等ニシテ更ニ Crest ノ斷面形狀ヨリ分チテ二種ニ大
別スルコトヲ得。

a). Sharp crested weir (尖頭堰).

crest ノ上流面ヲ尖ラシタルモノニシテ流出水ハ
唯其ノ上流面ノミニ觸ルルノミニシテ完全ニ收斂
セラル、モノナリ從ツテ水頭ノ變化ニヨリテ流出
係數ヲ増減スルコト少ナキ爲メ精密ナル水量觀測
用ニ使用セラレ Standard weir (標準堰)ト稱セラル、
モノナリ。

b). weirs not sharp crested (圓頭堰).

Crestノ尖ラザルモノ一切ヲ稱スルモノニシテ其種類甚ダ多シ一般ニ築造セラル、溢流堰堤ノ如キ皆是レニ包含セラル、モノニシテ流出係數ハ個々ニ異ナリ水量ヲ觀測スル場合ハ充分該係數ヲ他ノ方法ニヨリ見出シ置カザル限リ大略ヲ得ルニ過ギズ。

3). Theoretical velocity and discharge of the flow from weirs (堰ノ流水ニ於ケル理論的流速及流量)

初メニ先ヅ次ノ假定ヲ設ク。

- a). Weirハ流水ヲ妨グベキ何等ノ摩擦ナキコト
- b). Nappeハ收斂スルコトナク且ツ其ノ中ニ於テハ何レノ點ヲ採ルモ水壓ナキモノトス。
- c). 接近水路ニ於ケル流速ハ其ノ断面中何レノ

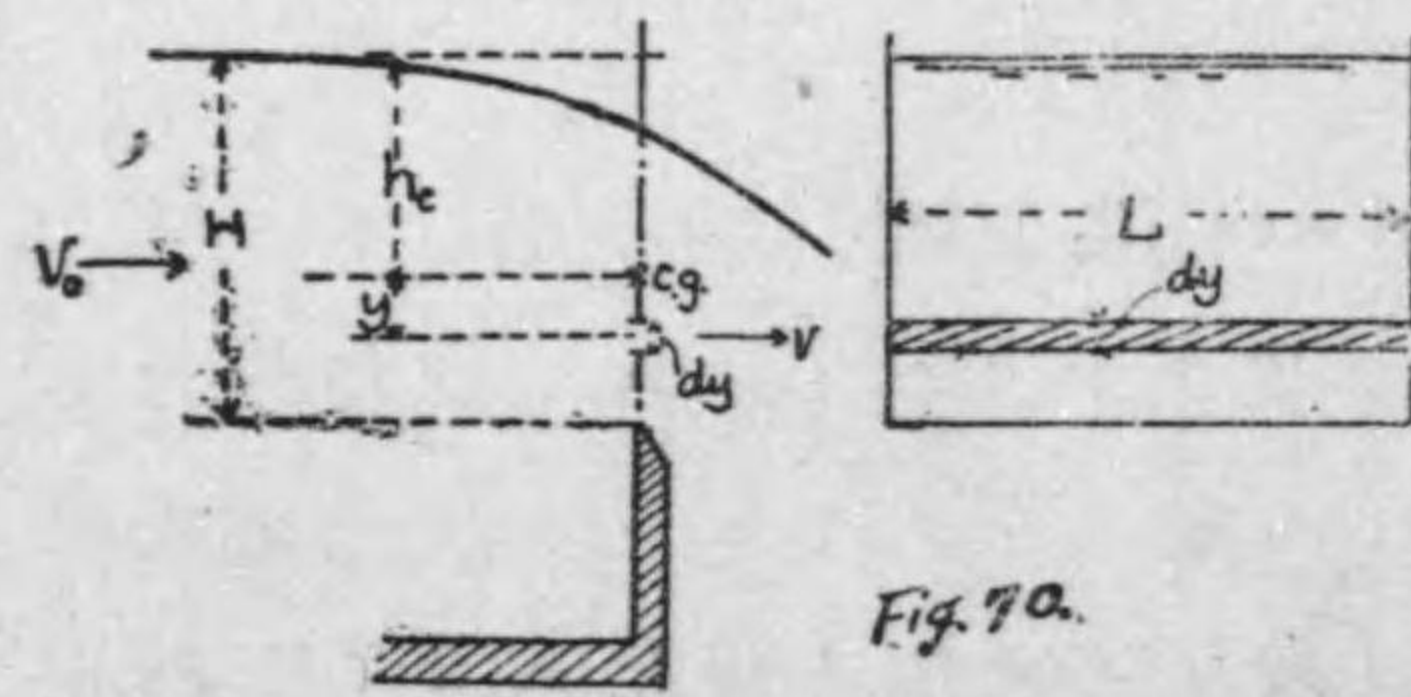


Fig. 70.

點ニ於テモ同一ナリトス
此ノ三ツノ假定ニヨリテ先キニ Chapter

5. art. 2ニ於テ求メタル如ク任意ノ深サニ於ケル流速 v ハ

$$v = \left\{ v_0^2 + 2g \left\{ (h_c + y) + \frac{P_u - P_c}{w} \right\} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

普通 $P_u = P_c$ トシテ差支ナキ故ニ

$$v = \left\{ v_0^2 + 2g (h_c + y) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

故ニ dy ナル深サヨリ流出スル水ハ堰ノ長サヲ L トシ

$$\begin{aligned} dQ &= L \cdot dy \cdot v = \left\{ v_0^2 + 2g (h_c + y) \right\}^{\frac{1}{2}} \cdot L \cdot dy \\ &= \sqrt{2g} \cdot L \cdot \left\{ \left(\frac{v_0^2}{2g} + h_c \right) + y \right\}^{\frac{1}{2}} dy. \end{aligned}$$

故ニ

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{2g} \cdot L \cdot \int_{+h_c}^{-h_c} \left\{ \left(\frac{v_0^2}{2g} + h_c \right) + y \right\}^{\frac{1}{2}} dy \\ &= \sqrt{2g} \cdot L \cdot \frac{2}{3} \cdot \left[\left(\frac{v_0^2}{2g} + h_c + y \right)^{\frac{3}{2}} \right]_{+h_c}^{-h_c} \\ &= \sqrt{2g} \cdot L \cdot \frac{2}{3} \cdot \left[\left(\frac{v_0^2}{2g} + 2h_c \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{v_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \end{aligned}$$

$2h_c = H$ ナル故ニ

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot L \cdot \left\{ \left(\frac{v_0^2}{2g} + H \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{v_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right\} \dots\dots(1)$$

$\frac{v_0^2}{2g} = h$ ト置キ且 H ヲ括弧外ニ出セバ

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot L \cdot \left\{ \left(1 + \frac{h}{H} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{h}{H} \right)^{\frac{3}{2}} \right\} H^{\frac{3}{2}} \dots(2)$$

堰上ヲ超ヘル水ノ流速ハ

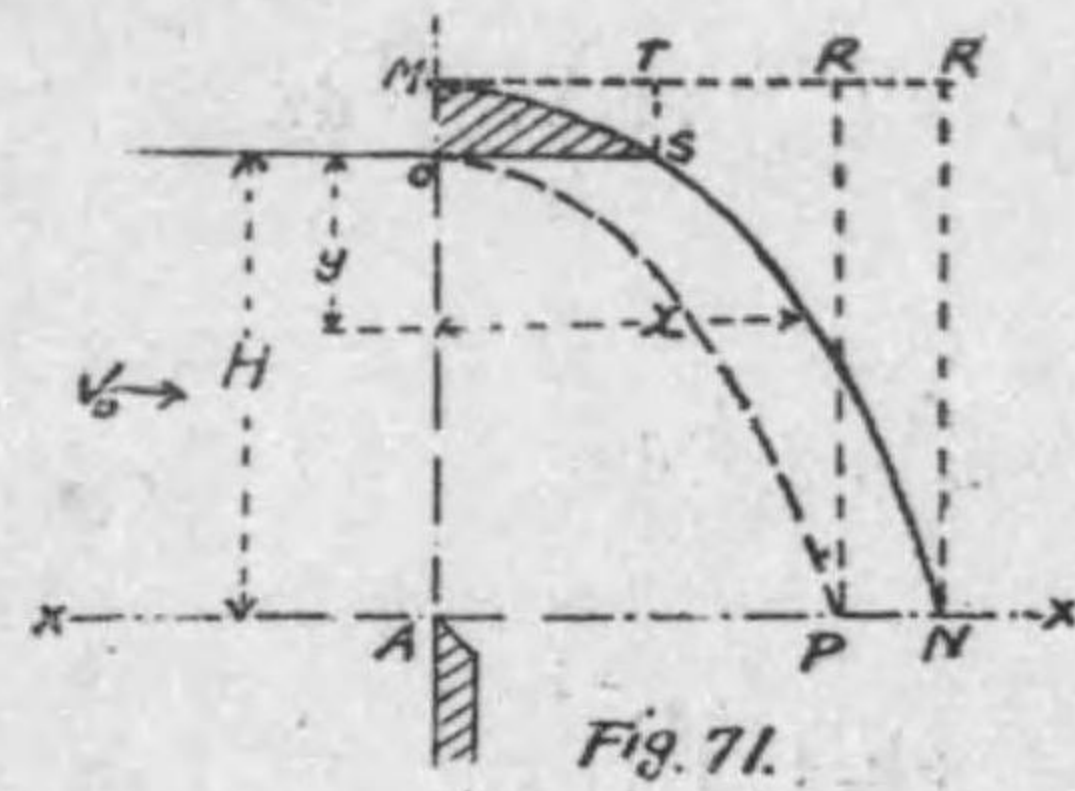
$$V = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot \left\{ \left(1 + \frac{h}{H} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{h}{H} \right)^{\frac{3}{2}} \right\} H^{\frac{1}{2}} \dots\dots(3)$$

上流水路ノ断面大ナル時即池ヨリ流出スル如キ

場合ハ v_0 極メテ小ナル故ニ $\frac{v_0^2}{2g}$ 又ハ h ハ 0 トスルモ可ナリ然ル時ハ(1)式以下ハ

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}} ; V = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot H^{\frac{1}{2}}$$

此ノ關係ヲ第71圖ニ就キテ説明セシメ今 XX ノ方向ニ X ヲ以テ堰



ヲ超エル水ノ各水深ニ對スル流速ヲ表ハシ AM ノ方向ニ水深ヲ探ルモノトセバ任意ノ深サ y ニ於ケル流速ハ

$$V = \sqrt{2g \left(\frac{v_0^2}{2g} + y \right)^{\frac{1}{2}}}$$

ニシテ $y=0$ トセバ

$$V = \sqrt{2g \left(\frac{v_0^2}{2g} \right)^{\frac{1}{2}}}$$

即チ OS ノ長サヲ表ハス從ツテ OM ハ Velocity head h ヲ表ハスモノナリ又此ノ v ナ y ニヨツテ H 間積分シタルモノハ(1)式ヲ見出シタル關係ニヨツテ全流量ヲ與フルコトトナル故ニ該積分即チ (OSNA) ナル面積ハ直チニ流量ヲ表ハスモノト言フコトヲ得

即 MSN ナル曲線ハ明カニ拋物線ニシテ

$$\text{面積 OSNA} = \text{面積 MSNA} - \text{面積 MSO}$$

$$Q = \left(\frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{H+h} \cdot (H+h) - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{h} \cdot \sqrt{h} \right) = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \left\{ (H+h)^{\frac{3}{2}} - h^{\frac{3}{2}} \right\}$$

堰ノ長サヲ L トセバ

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot L \cdot \left\{ \left(1 + \frac{h}{H} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{h}{H} \right)^{\frac{3}{2}} \right\} H^{\frac{3}{2}}$$

即チ先ニ求メタル(3)式ニ一致ス

前提ニ述ベシガ如ク流量公式ハ三個ノ假定ニ基キ求メラレタルモノナル故次ノ修整ヲ必要トス即

チ(a)ノ假定ニ於ケル堰上ノ摩擦及流水ノ粘性ニ關スル抵抗ハ免ル可カラザルヲ以テ堰上ノ實際流速ハ

$$\text{Actual } v = C_v \cdot v$$

$$= C_v \cdot \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot \left\{ \left(1 + \frac{h}{H} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{h}{H} \right)^{\frac{3}{2}} \right\} H^{\frac{1}{2}}$$

ニシテ C_v ノ値ハ Orifice ノ時ト大体同ジク尖端堰ニ對シ平均 0.98 ト見テ可ナリ

又タ收斂セラレシ個所ノ Nappe ノ斷面積ト堰上ニ於ケル流水ノ斷面積トノ比ハ所謂收斂係數 C_c ニシテ(b)ノ假定ニ於テ此レヲ無視シタルモ一般ニ生ズベキコト勿論ナル故ニ此レヲ考ニ入ル、時ハ

$$\text{actual } Q = C_c A \cdot C_v V = C_c \cdot C_v \cdot Q = C \cdot Q$$

$$= C \cdot \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot L \cdot \left\{ \left(1 + \frac{h}{H} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{h}{H} \right)^{\frac{3}{2}} \right\} H^{\frac{3}{2}}$$

$$\text{即 } C = C_c \cdot C_v$$

尖端堰ニ對スル C_c ノ値ハ約 0.635 ト見做シテ可ナリ從ツテ C ノ平均値ハ

$$C = 0.98 \times 0.635 = 0.6223$$

故ニ

$$\begin{aligned} \text{Actual } Q &= 0.6223 \times \frac{2}{3} \times 8.02 \times L \cdot \left\{ \left(1 + \frac{h}{H} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{h}{H} \right)^{\frac{3}{2}} \right\} H^{\frac{3}{2}} \\ &= 3.327 L \cdot \left\{ \left(1 + \frac{h}{H} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{h}{H} \right)^{\frac{3}{2}} \right\} H^{\frac{3}{2}} \end{aligned}$$

又タ接近水路ニ於ケル各點ノ流速ハ一定ナリト
 假定(c)シタルモ事實ニ於テハ其ノ深サニヨリ著シ
 (a) (b) (c)

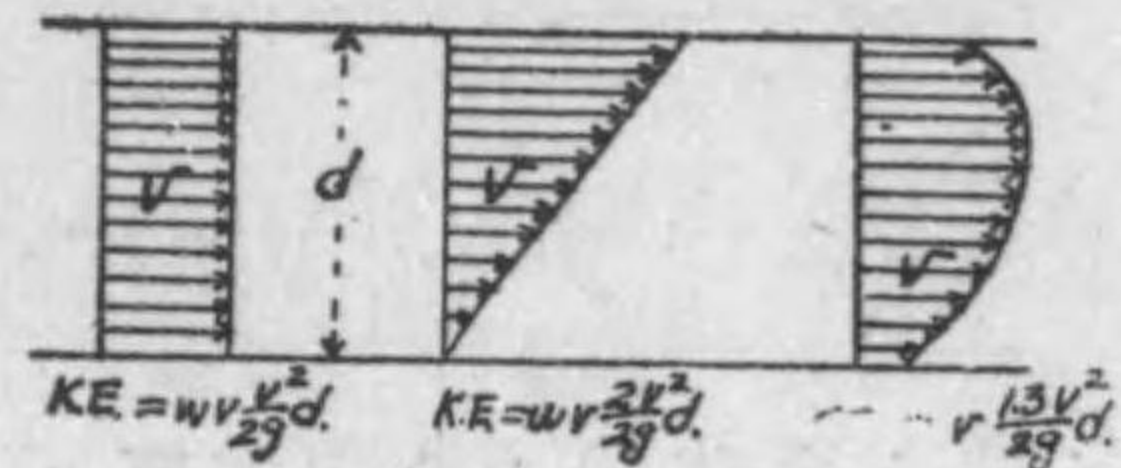


Fig. 72.

ク異ナル可キ故ニ從
 ツテ流速水頭 h ニ對
 スル修正ヲ必要トス。
 第72圖ニ於テ何レモ
 平均流速ヲ v トシ其
 ノ分布状態ヲ變化セシムルニヨリ(a)即チ係案假定
 ノ如クスル時ハ其ノ Kinetic energy ハ $wv \cdot \frac{v^2}{2g} d$ ニシ
 テ(b)ノ如ク三角形ニ變化スルモノトセバ其ノ二倍
 即チ $wv \cdot \frac{2v^2}{2g} d$ 又タ(c)ノ如ク深サノ6割ニ平均流速
 ヲ有スル拋物線ト假定スル時ハ約 $wv \cdot \frac{1.3v^2}{2g} d$ ナリ要
 スルニ分布狀況ノ變化ニヨル Kinetic energy ハ一般ニ

$$K. E. = w \cdot v \cdot \frac{a \cdot v^2}{2g} d = Q \cdot (ah).$$

ヲ以テ表ハサレ Velocity head ハ Kinetic energy ヲ表ハ
 スモノナル故ニ不等一流速ニヨル修整ハ

$$Q = c \times \frac{2}{3} \times \sqrt{2g} L \cdot \left\{ \left(1 + \frac{ah}{H}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{ah}{H}\right)^{\frac{3}{2}} \right\} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots(4)$$

ニシテ本式ハ一般堰ニ關スル流量ヲ求ムル式ニシ
 テ a ハ 1 ヨリ大ナル係數ナリトス又 L ノ値ハ兩端
 收縮セザル場合ハ堰ノ長サヲ取リテ差支ナキモ第
 73圖ノ如ク收縮ヲ起ス場合ハ Francis 氏ノ實驗ニヨ
 リ

$$L = L' - 0.1nH.$$

但シ n ニ收縮ノ數即チ兩端ナレバ2ヲ用ヒ一側

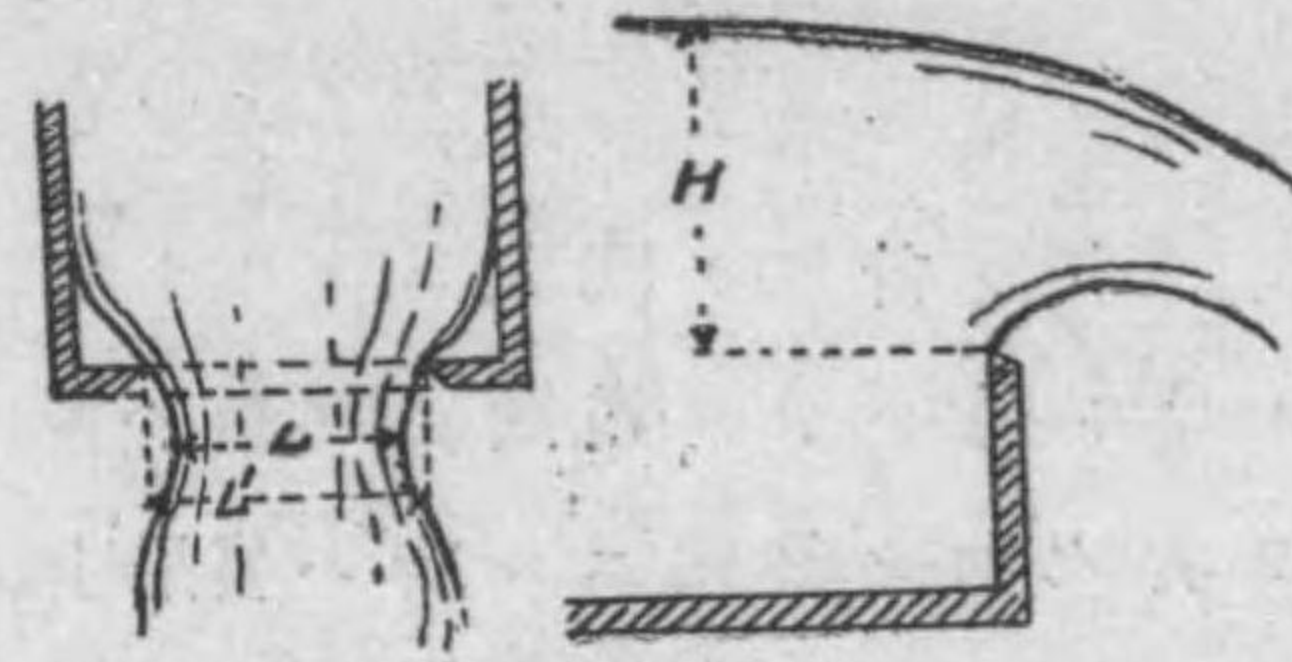


Fig. 73.

ノミナル時ハ1
 トス0.1ノ値ハ
 尙 v ニヨリ多少
 ノ變化アル如キ
 モ未ダ實驗ナク
 明瞭ナラズ。大

ナル水路又タハ池ヨリ流出スル如ク設ケラレタル
 堰ニ於テハ接近速度 h ハ零ト見做スコトヲ得ベシ
 カ、ル場合ハ

$$\left. \begin{aligned} Q &= C_c \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}} \\ V &= C_c \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots(5)$$

又タ(4)式ハ變形シテ次ノ形ニ表ハスコトヲ得

$$Q = C_c \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot L \cdot \left\{ 1 + \frac{3}{2} \cdot \frac{ah}{H} + \frac{3}{8} \left(\frac{ah}{H}\right)^2 + \dots\dots - \left(\frac{ah}{H}\right)^{\frac{3}{2}} \right\} H^{\frac{3}{2}}$$

一般ニ h ハ H ニ比シ極メテ小ナル値ナル故ニ
 $\left(\frac{ah}{H}\right)^{\frac{3}{2}}$ 以下ヲ無視スレバ

$$Q = C_c \cdot \sqrt{2g} \cdot L \cdot \left(1 + \frac{3}{2} \cdot \frac{ah}{H}\right) \cdot H^{\frac{3}{2}} \dots\dots(6)$$

$$= m. L. \left(1 + \frac{3}{2} \cdot \frac{ah}{H}\right) \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

本公式ハ實用上差支ナク一般的ニ用ヒラルベキ式ナリト雖モHヲ與ヘテQヲ求ムル場合ハ先ヅQヲ假定シテvヲ見出しhヲ計算シ(6)式ニヨリテQヲ見出し假定シタルQト同一ナル迄試算ヲ續クルヲ要ス然レモ之レヲ次ノ如ク變化スル時ハ實用上差支ナキ範圍ニ於テ其ノ煩ヲ免ル、コトヲ得。即チ概略的ニ

$$v_0 = \frac{Q}{A} = \frac{m. L. H^{\frac{3}{2}}}{A}$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{m^2 L^2 H^3}{2g A^2}$$

$$\text{故ニ } Q = m. L \left\{1 + \frac{3 a m^2}{4g} \left(\frac{LH}{A}\right)^2\right\} H^{\frac{3}{2}}$$

$$\text{今 } \frac{3 a m^2}{4g} = C_1 \quad \text{トセバ}$$

$$Q = m. L. \left\{1 + C_1 \left(\frac{LH}{A}\right)^2\right\} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots(7)$$

トナリ試算ニヨラズシテQヲ求ムルコトヲ得。本式中m及C₁ハ共ニ實驗上定メラレタル値ナルヲ要ス。

4). Experiments on the weir discharge and Empirical formulas. (堰ノ流出量ニ關スル實驗及實驗公式)

先ヅ本項ニ於テハ尖端堰ニシテ自由ニ放流セラ

ル、場合即チ標準堰ノ實驗及ビ其レニヨリ得タル公式ヲ舉ゲントス然レドモ實驗ノ委細ニ亙ツテ述ベンコトハ不可能ナル故ニ次ノ書ニ參照セラレンコトヲ乞フ。

Weir experiments, coefficients, and formulas. — U. S. G. S. Water supply paper No. 200 by Horton.

1°. 最も古キ實驗トシテ1835—1836. Toulouse市ニ於ケルCastel氏ノモノヲ舉ゲ得ベシ此ノ實驗ニ用ヒタル堰ハ高サ0.1呎乃至0.74呎長サ2.4呎内外ノ平端堰ニシテ堰頂ニ0.001呎ノ銅板ヲ使用シ水頭ハ0.1乃至0.8呎ニシテ水面ハ堰ヨリ上流1.6呎ノ點ニ設ケラレタルgageニヨリテ觀測セリ其ノ結果ニヨリAubuisson氏ハ次ノ式ヲ作成セリ。

$$Q = 3.4872 H \sqrt{D + 0.035 w^2}$$

$$W = \text{接近水路ノ中央流速} = 1.2 \times \text{平均流速}$$

2°. Poncelet及Lesbros氏ノ實驗モ最も古ニ屬スルモノニシテMetz市ニ於テ施サレタルモノナリ。

(Hamilton Smith's—Hydraulics. 參照)

3°. Boileau氏ノ實驗。

1846 Metz市ニ於テ行ハレシモノニシテ堰ノ高サ1.5乃至1.6呎長サ2.9呎乃至5.3呎ノ平端堰ニ於テ水頭0.19—0.72呎ノ間ニ行ハレタリ。

4°. East Indian Engineer's formula, or Mullin's formula.

$$Q = \frac{2}{3} \cdot M \cdot L \cdot \sqrt{2g H^3} = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

$$M = 1 - \left[\frac{0.04 \times (34.6 + H)}{4} \right] \dots\dots \text{尖端堰ニ對シ}$$

$$M' = M - \frac{0.025 M(b+1)}{H+1} \dots\dots \text{堰頂偏平ナル堰ニ對シ但}$$

シbハ堰頂ノ幅

M の變化シ $M = 0.654 - 0.01 H$
 故ニ $C = 3.4989 - 0.535 H$

實驗ノ方法及速近速度ニ關スル修正不明ナリ

5°. Francis experiment. (フランシス氏實驗)

1852 Mass 州 pawtucket 運河ノ Lock ニ尖端堰ヲ設ケテ實驗シ 1851.

Tremount ノ turbine ニ於テ種々ナル實驗ノ結果

$$Q = C \cdot L \cdot H^n$$

ナル式ヲ以テ表サルベキヲ知リ n ハ大約 1.47 又ハ 1.5 ナ適當ナリト云ヘリ 1852 年ノ Lock ニ於ケル實驗ハ恰モ Lock ノ使用ヲ休止セル時ニシテ自由ニ實驗ノ設備ヲ施シ得ラレ堰及ビ水頭ハ次表ニ掲ゲタル如ク時間ハ航海用 Chronometer ヲ用ヒ水深ハ堰ヨリ上流 6.0 呎ニ於テ水路外側ニ設ケタル觀測箱ニ於ケル水位ト堰頂トノ差ヲ以テセリ而シテ時間ニ對スル水頭ノ變化ハ次ノ如クニシテ修正セリ

$$H^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{1}{T} \left(\frac{t_1}{2} H_1^{\frac{1}{n}} + \frac{t_1+t_2}{2} H_2^{\frac{1}{n}} + \dots + \frac{t_n}{2} H_n^{\frac{1}{n}} \right) \right\}$$

Francis 氏ノ堰ニ對スル實驗表

番號	試驗回数	堰面水路ノ上於ケル幅	堰ノ高さ	堰サ頂ノ長	觀測水頭		接近流速		收縮個數	平均水頭	流出量係數 C.			
					自	至	自	至			最大	最小	平均	
1	4	4	13.96	5.05	10.0	1.52	1.57	.77	.79	2	1.56	3.332	3.300	3.318
5	10	6	13.96	5.05	10.0	1.24	1.25	.59	.60	2	1.25	3.341	3.316	3.334
11	33	23	13.96	5.05	10.0	.92	1.07	.39	.49	2	1.00	3.333	3.311	3.322
34	35	2	13.96	5.05	8.0	1.01	1.03	.35	.36	4	1.02	3.362	3.359	3.360
36	43	8	13.96	2.01	10.0	1.03	1.08	.95	1.00	2	1.06	3.357	3.350	3.353
44	50	7	9.99	5.05	9.99	.97	.99	.54	.55	0	.98	3.344	3.337	3.341
51	55	5	9.99	5.05	9.99	.99	1.01	.55	.56	0	1.00	3.335	3.324	3.327
56	61	6	13.96	5.05	10.0	.78	.82	.32	.34	2	.80	3.329	3.319	3.325
62	66	5	13.96	2.01	10.0	.77	.88	.67	.80	2	.83	3.344	3.338	3.340
67	71	5	9.99	5.05	9.99	.73	.82	.57	.42	0	.80	3.342	3.334	3.339
72	78	7	13.96	5.05	9.99	.59	.56	.22	.25	2	.62	3.331	3.324	3.328
79	84	6	13.96	2.01	9.99	.63	.66	.52	.55	2	.65	3.328	3.324	3.326
85	88	4	13.96	2.01	9.99	.67	6.9	.44	.45	4	.68	3.338	3.333	3.337

本表ノ結果ニ基キ Francis 氏ハ

$$Q = 3.33 L H^{\frac{3}{2}}$$

$$L = L' - 0.1 n H$$

又タ接近速度アル時ハ

$$Q = 3.33 L \left\{ (H+h)^{\frac{3}{2}} - h^{\frac{3}{2}} \right\}$$

$$\text{又ハ } Q = 3.33 L H^{\frac{3}{2}} \left\{ 1 + 0.26 \left(\frac{L H}{A} \right)^2 \right\}$$

Hunking and Hart 氏ハ本式ヲ次ノ如ク變形セリ.

$$Q = 3.33 K \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

$$K = 1.0 + 0.2489 \left(\frac{H}{G} \right)^2 \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{又ハ } K = 1 + \left(\frac{H}{2G} \right)^2 \dots \dots \dots (2)$$

而シテ H ハ接近速度ヲ考ヘニ入レザル溢水頭 G ハ接近水路ノ流積ヲ堰ノ長サヲ以テ除セシ商ナリ K ノ値ハ (1) 式ヲ用フル時ハ 0.01 % (2) 式ニ於テ 0.02 % ノ差ニ過ギズ但シ本式ハ $\frac{H}{G} = 0.36$ ヨリ小ナル時ニ用ヒテ可ナリ.

6°. Fteley and stearns Experiment. (フタレースタンズ兩氏ノ實驗)

1877 年 Boston 市水道ニ於テ長サ 5 呎高サ 3.17 呎ノ Suppressed Weir ニ於テ水頭 0.07 呎乃至 0.82 呎 31 種ニ對シ 1879 年ハ 19 呎ノ長サ及 6.55 呎ノ高サヲ有スル Suppressed Weir ニ於テ 0.46 呎乃至 1.6 呎ノ水深 0.15 呎/秒乃至 0.84 呎/秒ノ接近速度ノ下ニ 10 種ノ實驗ヲ行ヘリ其ノ結果ニヨリ兩氏ハ

$$Q = 3.31 \cdot L (H+ah)^{\frac{3}{2}} - 0.007 L$$

$$a = 1.5 \text{ 平端堰ニ對シ}$$

$$= 2.05 \text{ 縮端堰ニ對シ}$$

尙 n の係數ニ對シテハ 1878. 年 $v = 2.35$ 呎/秒以下ニ於テ110回ノ實驗ニヨリ次ノ如キ成績ヲ得タリ.

$H_{堰}$	堰上流ニ於ケル水路ノ水深(ft.)			
	0.5	1.0	1.70	2.60
.2	1.70	1.87	1.66	1.51
.5	1.53	1.75	1.62	1.48
.8	1.50	1.65	1.57	1.45
1.0	1.48	1.61	1.54	1.43
1.5		1.52	1.46	1.38
2.0			1.38	1.33

又々收縮流ノ幅サニ就テハ Francis ノ式

$$L = L' - 0.1nH,$$

ヲ用ヒテ大体差支ナシト云ヘリ.

7°. Bazin's formula.

1886年 France, Bourgogne 運河ノ沿岸ニ於テ先ヅ標準堰ニ對シテ施サレタリ堰ノ設ケラレタル水路ハ矩形ノ混凝土造ニシテ幅2米深1.6米少ナク上流15米間ハ直線ナル如キ場所ニ堰ヲ設置シ堰ハ4吋角ノ木材ニ厚サ0.276吋ノ鐵板ヲ打付ケシモノニシテ堰ノ下流ハ平端堰ヲ用ヒタル關係ヨリNappeノ下流ニ直空ヲ生セザル様兩側ニ入込ミテ作レリ水頭ノ觀測ハ堰ヨリ上流5米ノ位置ニ於テ水路ノ一側ニ設ケタル所謂 Bazin box 内ノ水位ト堰頂ノ高サトノ差ヲ以

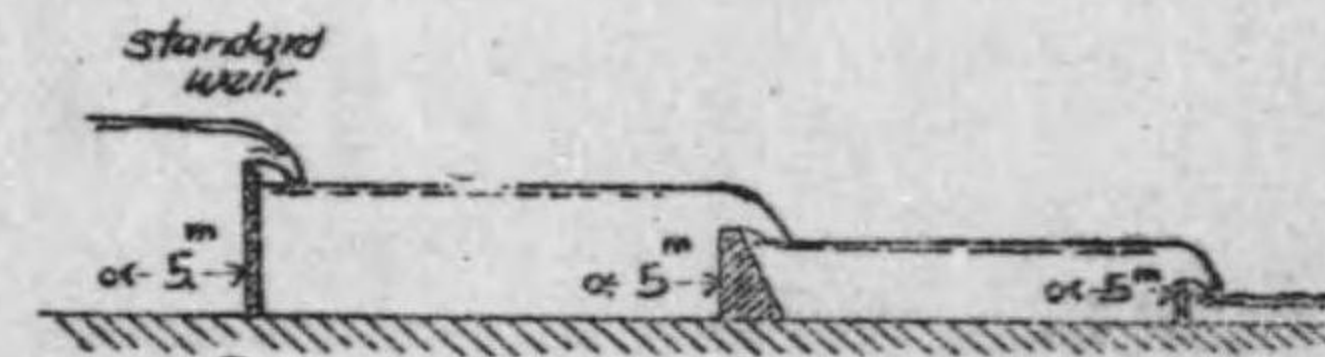


Fig. 74.

テシ正確ニ測定セラレタルモノナリ實測回數153回堰長1.64呎乃至6.56呎堰高3.3呎乃至3.72呎水頭1.01

呎乃至1.91呎接近速度0.07呎/秒乃至1.62呎/秒ノ範圍ニ於テ更ニ堰高

ノ變化ニヨル影響ヲ知ラシメ 228 回堰高 0.79 呎乃至 2.46 呎水頭 0.29 呎乃至 1.44 呎ノ範圍ニ行ハレ各種ノ場合ニ對スル觀測ニヨリ水頭ト是レニ對スル係數トヲ定メタリ.

次ニ此ノ標準堰ヲ使用シテ他ノ測定セントスル各種ノ堰トチ第74圖ノ如ク段々ニ設置シ各種ノ水頭ト標準堰ニテ知リシ流量トニヨリ各個ニ對スル係數ヲ見出セリ而シテ先ヅ標準堰ニ對シ

$$Q = m \cdot L \{H + ah\}^{\frac{3}{2}}$$

ニ於テ

$$m = 3.248 + \frac{0.079}{H}$$

$$a = \frac{5}{3} = 1.67.$$

ナルコトヲ見出セリ本式ノ形ヲ變スレバ

$$Q = LH^{\frac{3}{2}} \left(3.248 + \frac{0.079}{H} \right) \left\{ 1 + 0.55 \left(\frac{LH}{A} \right)^2 \right\} \dots (1)$$

又々 0.33 呎乃至 1.0 呎ノ水頭ニ對シ 3% ノ誤差ヲ許サル、時ハ

$$Q = \left\{ 3.4085 + 1.684 \left(\frac{LH}{A} \right)^2 \right\} LH^{\frac{3}{2}}$$

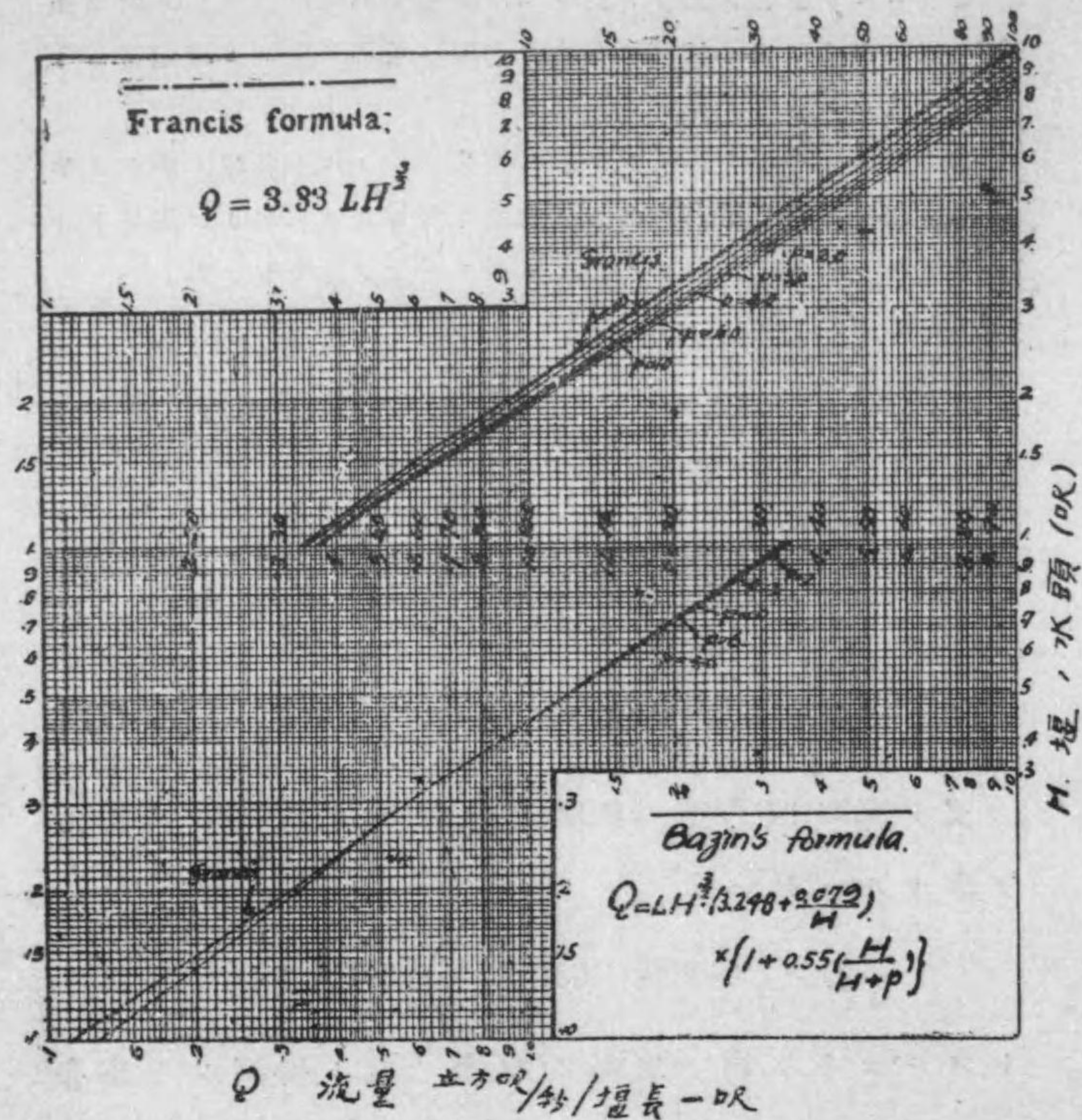
トスルコトヲ得. 堰長ト水路ノ幅ト相等シキ場合

$$(1) \text{式ハ } Q = LH^{\frac{3}{2}} \left(3.248 + \frac{0.079}{H} \right) \left\{ 1 + 0.55 \left(\frac{H}{G} \right)^2 \right\}$$

トスルコトヲ得.

Francis 氏公式又ハ Bazin 氏公式ニヨル計算ニ便ズル爲メ圖表ニ作製セバ次ノ如シ.

(此ノ圖表ノ使用法ハ後項例題ニ於テ知悉スベシ)



8°. Barnes' formula and King's formula.

Barnes' formula 1915. 著書 "Hydraulic flow reviewed," に於テ King's formula 1919 著書 Hydraulics に於テ記載セラレシモノニシテ指數公式ナリ前者ノ公式ハ

$$Q = 3.324 H^{1.49} L^{1.11} (L + 2H)^{-0.11}$$

但 H ハ堰上ノ水頭ニ $\frac{v^2}{70}$ チ合セタルモノトス。

King's formula ハ

$$Q = 3.34 LH^{1.47} \left\{ 1 + 0.56 \left(\frac{LH}{A} \right)^2 \right\}$$

平端堰ニ於テハ

$$Q = 3.34 LH^{1.47} \left\{ 1 + 0.56 \left(\frac{H}{G} \right)^2 \right\}$$



Fig. 75.

$\frac{H}{G} = 1$. トセバ第75圖ノ如ク fall ノ場合トナリ

$$Q = 5.21 LH^{1.47}$$

9°. Investigation of Hamilton Smith.

氏ノ著 Hydraulics に於テ Francis. Fteley. 氏及

ビ自ラ施セル12種ノ實驗ヲ基トシ

$$Q = C \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot L(H+ah)^{3/2}$$

但シ $a = 1 \cdot \frac{1}{3}$ 平端堰ニ對シ

$a = 1.4$ 縮端堰ニ對シ

トシ

$$C = \frac{Q}{\frac{2}{3} \sqrt{2g} L(H+ah)^{3/2}}$$

ヨリ Q ノ實驗値ヲ入レテ C ナ見出シ表記セリ即チ次ノ如シ

Coefficients for Contracted Weirs

Effective Head in Feet	Length of Weir in Feet						
	0.66	1	2	3	5	10	19
0.1	0.632	0.639	0.646	0.652	0.653	0.655	0.656
0.15	.619	.625	.634	.633	.640	.641	.642
0.2	.611	.618	.626	.630	.631	.633	.634
0.25	.605	.612	.621	.624	.625	.628	.629
0.3	.601	.603	.616	.619	.621	.624	.625
0.4	.595	.601	.609	.613	.615	.618	.620
0.5	.590	.596	.605	.608	.611	.615	.617

0.6	.587	.593	.601	.605	.608	.613	.615
0.7		.590	.598	.603	.606	.612	.614
0.8			.595	.600	.604	.611	.613
0.9			.592	.598	.603	.609	.612
1.0			.590	.595	.601	.608	.611
1.2			.585	.591	.597	.605	.610
1.4			.580	.587	.594	.602	.609
1.6				.582	.591	.600	.607

Coefficients for Suppressed Weirs

Effective Head in Feet	Length of Weir in Feet						
	19	10	7	5	4	3	2
0.1	0.657	0.658	0.658	0.659			
0.15	.643	.644	.645	.645	0.647	0.649	0.652
0.2	.635	.637	.637	.638	.641	.642	.645
0.25	.630	.632	.633	.634	.636	.638	.641
0.3	.626	.628	.629	.631	.633	.636	.639
0.4	.621	.623	.625	.628	.630	.633	.636
0.5	.619	.621	.624	.627	.630	.633	.637
0.6	.618	.620	.623	.627	.630	.634	.638
0.7	.618	.620	.624	.628	.631	.635	.640
0.8	.618	.621	.625	.629	.633	.637	.643
0.9	.619	.622	.627	.631	.635	.639	.645
1.0	.619	.624	.628	.633	.637	.641	.648
1.2	.620	.622	.632	.636	.641	.646	
1.4	.622	.629	.634	.640	.644		
1.6	.623	.631	.637	.642	.647		

12°. Choise of Formulas.

Fomula 及ビ table 等ハ此ノ外尙甚ダ多シ然レドモ此種實驗中最モ信賴スルニ足ルト考ヘラルノハ Francis. Fteley and stearus 及ビ Bazinノ實驗ナルベク又々研究上其ノ價値ヲ認ムベキハ Hamilton Smith 及ビ

King 氏ノ二者ナルベシ内何レガ最モ適當ナルカニ關シテハ大家ノ意見區々トシテ定マラズ

實驗ノ範圍ハ何レモ水頭 2 呎以上ヲ出デズ接近速度亦 $1 \frac{ft}{sec}$ 内外ニシテ其ノ範圍外ニ擴ムルコトハ尙研究ヲ要スベキモノニシテ此ノ範圍内ニ於テハ何レノ式モ各自施サレタル實驗ニ對シテ相當ニ一致セルガ故ニ式ノ適否ハ自ラ實驗方法ノ正否粗密ノ程度ニ立入ラザル可カラズ是レ即チ不可能ニ屬スルガ故ニ種々ナル實驗ヲ合セ考ヘタル所謂一般性ヲ有スル Hamilton Smith, 氏ノ table ノ如キモノ有効ニ使用セラル、所以ナリトス。

Francis 氏ノ公式ハ其ノ項ニ述ベシガ如ク實驗範圍モ廣大ナリト云フベカラズ且ツ接近速度ニ關スル影響ニ對シ尙研究ノ充分ナラザル如ク認メラルルアリ從ツテ水頭ハ 2 呎以下 0.5 呎以上ニシテ完全ナル收縮ヲ來スベキ場合ニ用ヒテ可ナル公式ニシテ流速著シク大ナル時又ハ著シク小ナル時ハ多少ノ誤差ヲ免ル可カラズトノ說アリ (King-Hydraulics) 然ルニ 1899 年 Rafter 氏ニヨリ Cornell 大學ニ施サレタル高水頭ノ實驗ニ於テハ高サ 5.2 呎長サ 6.56 呎ノ尖端堰ニ於テ水頭最大約 5 呎接近速度約 $3.5 \frac{ft}{sec}$ 迄ノ範圍ニテ

$$Q = C. L. (H+h)^{3/2}$$

ニ於ケル C ノ 値ハ

水頭 0.746 呎乃至 2.00 呎ニ對シ 3.266

水頭 2.000 呎乃至 4.85 呎ニ對シ 3.278

(Water supply paper 200 P39).

ニシテ Francis 氏ノ式ハ水頭 5 呎ニ達スルモ僅カニ 2%ノ差ニ過ザルヲ發見セリ從ツテ同氏ノ實驗セシ範圍内ハ勿論其他ト雖モ從來使用シ慣レタル利益アリテ敢テ排斥スベキ理由ヲ認メズト云フ說多シ。

Francis 氏ヲ除キタル他ノ公式ハ水頭極メテ小ニシテ收縮完全ナラザル時ニ適當ナルガ如シト雖モ 2 呎以上ノ水頭ニハ尙研究ノ俟タズシテ及ボスベカラズ四角形ノ溝渠ニ設ケタル平端堰ニ於テ堰ヨリ上流 5 米ニ於ケル Bazin Box ヲ用ヒテ觀測シタル場合ハ他ノ何レノ公式ヨリモ最モヨク Bazin 氏公式ニ適合スベシ是レ同公式ガ此ノ種ノモノニ對シ最モ廣キ範圍ノ實驗ヲ經タルモノナレバナリ King 氏公式モ亦主トシテ Bazin 氏ノ實驗ニ基キシモノナル故ニ亦然リトス。

平端堰ヲ用ヒ Nappe ガ堰ノ下流ニ於テ堰長ヨリ外ニ擴ガリ得ル場合ノ流量ハ何レノ公式ヲ用ヒタ

ル場合ヲ論ゼズ 0.25% 乃至 0.5% ヲ加フルヲ要ス。

今參考ノ爲メニ各大家ノ公式ニ於テ定メラレタル係數ヲ普通ノ水頭ニ對シ計算比較センニ次表ノ如シ。

公 式	水 頭 (呎)			
	0.20	0.50	1.00	4.00
Francis.	3.33	3.33	3.33	3.33
Fteley and stearns.	3.5004	3.3269	3.317	3.3109
Bazin.	3.6427	3.4061	3.3267	3.2678
Smith.	3.3972	3.3010	3.284	3.284

又タ次ノ如キ各場合ニ對スル平端堰長一呎ニ對スル流量ヲ比較センニ。(單位呎)

堰 長 (L)	2.	2.	10.	10.	10.
堰 高 (P)	1.	2.	2.	4.	4.
水 頭 (H)	1.	1.	1.	1.	4.
流 速 (V)	1.9	1.18	1.16	0.68	3.51
Francis	3.5373	3.4218	3.4218	3.3632	28.2982
Fteley and stearns	3.7268	3.4728	3.4730	3.3669	29.7470
Bazin.	3.7845	3.3766	3.3766	3.4002	29.7555
Smith.	3.9220	3.6392	3.4872	3.3872	.....

一般ニ Francis 氏公式最モ小ナル値ヲ與フルヲ見ル

5). Submerged weirs or drowned weir (溺堰)

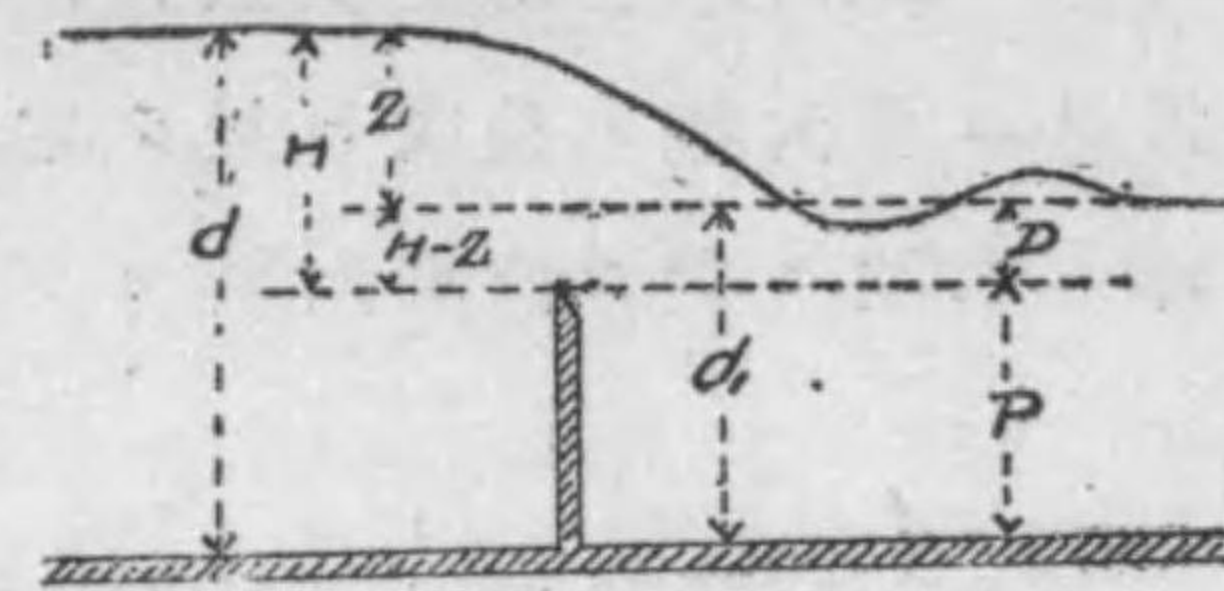


Fig. 76.

溺堰ニ於ケル流量ニ就テハ先キニ半バ水中ニアル
 孔口ノ場合ニ述ベタル如ク。

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{2}{3} C' \sqrt{2g} LZ^{\frac{3}{2}} + C'' \sqrt{2g} LD \sqrt{Z} \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{2}{3} C' \sqrt{2g} = C_1 \text{ 及 } C'' \sqrt{2g} = C_2 \text{ トセバ}$$

$$Q = L (C_1 Z^{\frac{3}{2}} + C_2 D \sqrt{Z}) \dots \dots \dots (2)$$

Fteley 及 stearns 氏ノ實驗ニヨレバ $C_1 = 3.4$ $C_2 = 4.4$

6). Experimental formula for submerged weir.

(溺堰ノ流量ニ對スル實驗公式)

1°) Fteley and stearns formula.

$$Q = C. L. \sqrt{Z} \left(H + \frac{D}{2} \right)$$

本式ハ(2)式ニ於テ $C' = C'' = C'$ トシ

$$Q = \frac{2}{3} C' \sqrt{2g} L \sqrt{Z} \left(Z + \frac{3}{2} D \right) = C. L. \sqrt{Z} \left(Z + \frac{3}{2} D \right) = C. L. \sqrt{Z} \left(H + \frac{D}{2} \right)$$

又 C ノ値ハ $\frac{D}{H}$ ノ値ニ反比例シ平均、大約 3.20 ナリ

又タ Velocity of approach アル時ニハ Z ノ代リニ $Z + a \frac{V^2}{2g}$

又タ $a = 1.0$ 乃至 1.3 ヲ採用ス。

$\frac{D}{H}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
C	3.365	3.286	3.214	3.155	3.113	3.092	3.092	3.122	3.190

本公式ハ一般ニ使用セラ、モノナリ。

2°) Francis formula.

$$Q = 3.33 L \sqrt{Z} (H + 0.381D)$$

3°) Herchel's formula.

$$Q = 3.33 L (nh)^{\frac{3}{2}}$$

$\frac{D}{H}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
n	1.005	.985	.959	.929	.892	.846	.787	.703	.574

$\frac{D}{H} = 0.13$ 迄ハ n ノ値 1 ヨリ大ニシテ空中落流ノ
 場合ヨリ流量大ナルヲ知ルベシ。

4°) Smith formula.

$$Q = C \sqrt{2g} L \sqrt{H + nh} \left(0.915D + \frac{2(H + nh)}{3} \right)$$

本式ハ兩端收縮セザル Weir ニ適用セラルベク C
 ハ先キニ掲ゲタル Submerge セザル場合ノ係數ニ等
 シク n ハ 1.33 ヲ採リ h ハ言フ迄モ $\frac{V^2}{2g}$ ヨリ計算セラ
 ルモノトス。

5°) Bazin's formula

$$Q = \left(1.05 + 0.21 \frac{D}{P}\right) \left(\frac{Z}{H}\right)^{\frac{3}{2}} \left(0.405 + \frac{0.00984}{H}\right) \left(1 + 0.55 \frac{H^2}{d^2}\right) L H \sqrt{2gH}$$

又ハ略式 =

$$Q = \left(1.05 + 0.21 \frac{D}{P}\right) \left(\frac{Z}{H}\right)^{\frac{3}{2}} \left(0.425 + 0.21 \left(\frac{H}{P+H}\right)^2\right) L H \sqrt{2gH}$$

7). Triangular Weirs (三角堰)

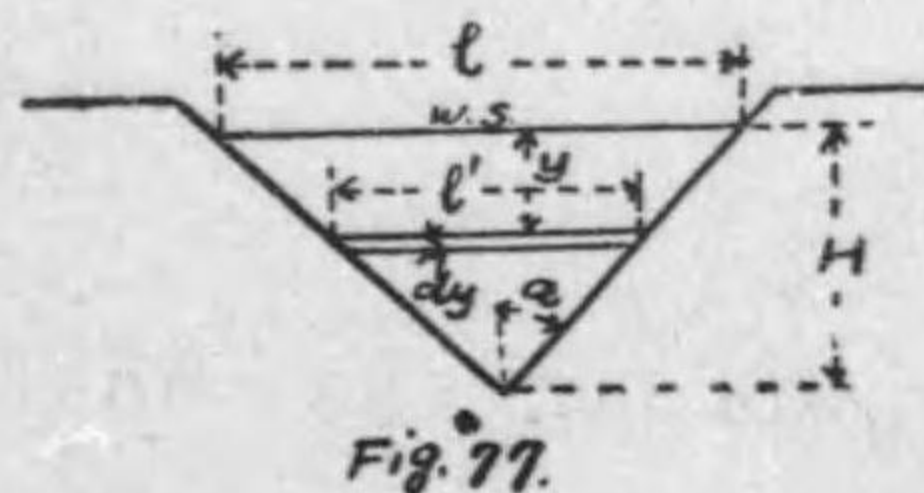


Fig. 77.

三角堰ハ多ク水道水源等ニ於テ量水器トシテ用ヒラル今接近速度殆ンドナキ場所ニ用ヒタルモノトシdQヲ以テ (l'dy) ナル微

小ナル面積ヨリ流出スル水量トシ

$$dQ = l' \sqrt{2gy} dy$$

$$l' = \frac{H-y}{H} l$$

故ニ

$$dQ = l \sqrt{2g} \cdot \frac{(H-y)\sqrt{y}}{H} dy$$

$$Q = \int_0^H l \sqrt{2g} \cdot \frac{(H-y)\sqrt{y}}{H} dy$$

$$= l \sqrt{2g} \cdot \frac{4}{15} \frac{H^{\frac{5}{2}}}{H} = \frac{4}{15} \sqrt{2g} l H^{\frac{3}{2}}$$

又 $\frac{1}{2} \frac{l}{H} = a$ 即チ $l = 2aH$ トセバ

$$Q = \frac{8}{15} \sqrt{2g} a H^{\frac{5}{2}} = c.a. H^{\frac{5}{2}}$$

九十度三角堰ニ於テハ

$$Q = CH^{\frac{5}{2}}$$

九十度三角堰ニ對スル係數 c = 關シ Thomson 氏ノ實驗ニヨレバ平均 2.54 ナリ又タ Barr 氏ノ研究ニヨレバ

$$C = \frac{2.48}{H^{0.02}} \quad \text{即チ} \quad Q = 2.48 H^{2.48}$$

King 氏ノ實驗ニヨレバ $Q = 2.52 H^{2.47}$

Barr 氏ノ實驗ニヨレバ接近速度ハ大ナル影響ナシト云フ三角堰ハ普通製品トシテ市場ニ販賣セラ

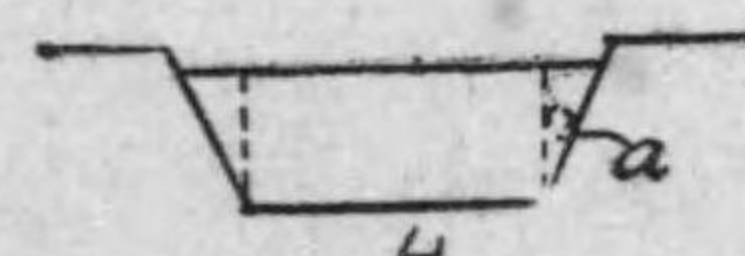


Fig. 78.

ル.

7) Trapezoidal Weirs (梯形堰)

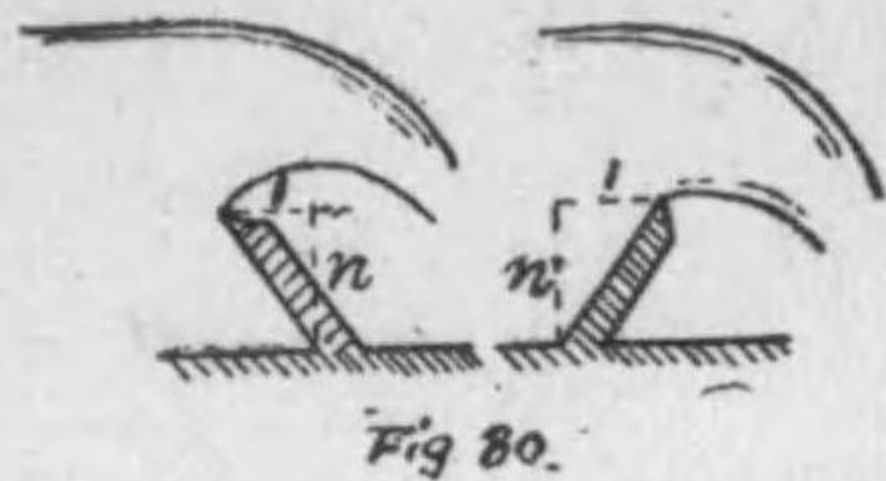
接近流速ナキ場合ヲ考ヘ且ツ便宜上中央ヲ四角形堰兩端ヲ三角形堰トシ

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} L H^{\frac{3}{2}} + \frac{8}{15} \sqrt{2g} a H^{\frac{5}{2}}$$

$$= C_1 L H^{\frac{3}{2}} + C_2 a H^{\frac{5}{2}}$$

C_1, C_2 ニ就テハ未ダ實驗ナシ $a = \frac{1}{4}$ ナル特別ノ梯形堰ヲ Cippoletti 堰ト稱シ米國西部ノ灌溉事業ニ用ヒラル其ノ流量式ハ

$$Q = 3.367 L H^{\frac{3}{2}}$$



ナリト云フ而シ一般ニ是等ハ精密ナル流量ヲ知ルニハ不適當ナリ。

8). Incrination of Weir face (堰上流面ノ傾斜)

一般ニ第80圖ノ如ク上流ニ傾ケル堰ノ流量係數ハ最も小ニシテ下

流ニ傾ケルモノ最モ大キク Bazin 氏ノ實驗ニヨレバ垂直ノ場合ヲ標準トシ他ノ割合ヲ示セバ

上流傾斜(1:n)			垂 直	下流傾斜(1:n)				
1:1	1:1.5	1:3	0	1:3	1:1.5	1:1	1:0.5	1:0.25
0.93	0.94	0.96	1.00	1.04	1.07	1.10	1.12	1.09



Fig. 81.

9). Oblique Weir (斜堰)

水量測定ニ用ユルコトハ尠キモ若シカクシタル時ハ次ノ式ニヨル (Achiel's 氏公式)

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} C_m L H^{\frac{3}{2}}$$

$$m = 1 - \frac{H}{P \cdot n}$$

但シPハ堰ノ高さ、又タnノ値ハAナル角度ニヨル係數ニシテ次ノ如シ。

A	=15°	30°	45°	60°	75°	
n	大渠ノ場合	1.4	2.8	5.0	9.1	26.3
	小渠ノ場合	1.2	2.1	3.6	7.7	26.3

本實驗ハ1.64乃至3.28呎ノ開渠ニ於テ堰高0.82呎水頭0.04乃至0.60呎ノ自由放流ノ結果ヨリ得タルモノナリ。

10). Coefficient of discharge due to various forms of nappe.

(落流ノ變形ニ對スルCノ値)

(a) Adherent nappe: 水頭小ナル時起ル現象ニシテ nappeハ堰ノ後面ニ沿ヒテ落ち空氣ハ僅カニ上端ノ

一部ニ包圍セラル此ノ場合ニ於ケルCノ値ハ自由放流ノ時ニ比シ約30%ヲ増加ス。

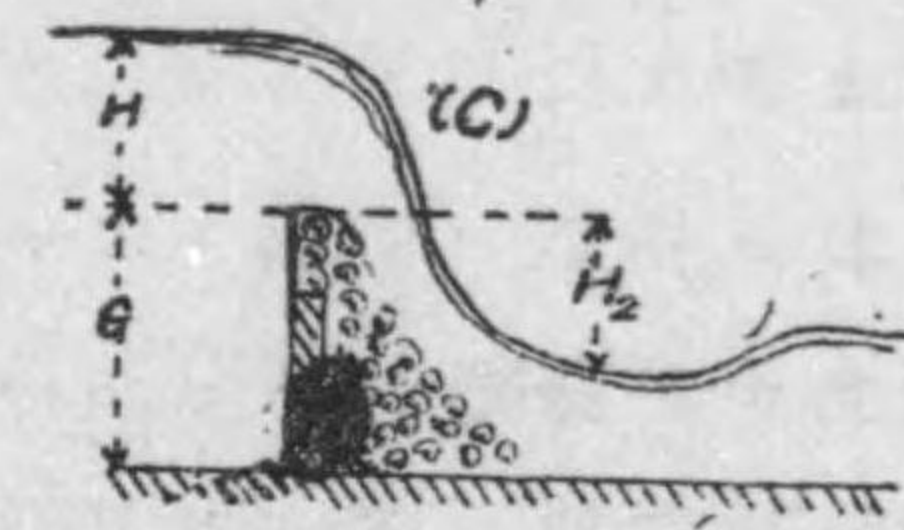
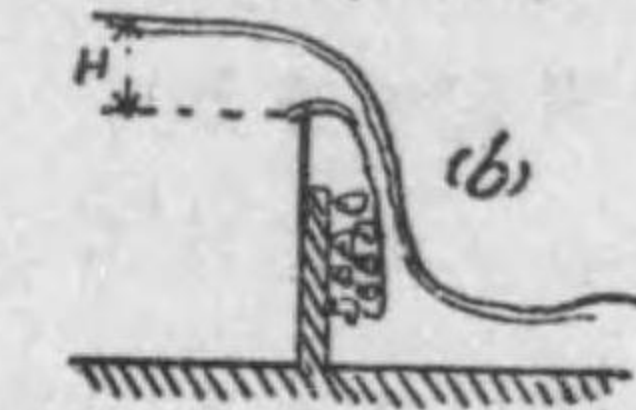
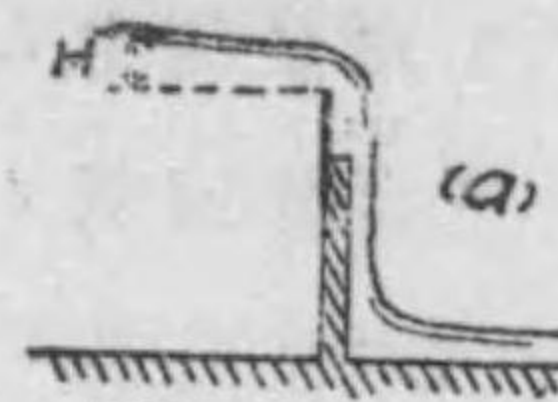


Fig. 82

(b) Depressed nappe.

上記ノ現象ノ起レル時ニ急ニHヲ増セバ nappeハ堰面ヨリ離ル、ト共ニ nappeト堰トノ間ノ氣壓ハ著シク低マリテ水滴ヲ吸上グルノ結果トナリCハ自由放流ノ場合ニ比シ約

10%位ヲ増加スト云フ。

(c) Wetted underneath

上記ニ於テ低水位高マリ堰頂ニ達スル時ニ生ズル現象ニシテ多クハHガ0.4G以上ニ於テ往々現ルルモノナリカ、ル時ニ於ケルCノ割合ハ

H/G	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.20
C	1.19	1.13	1.09	1.04	1.005	0.98

又タ(H+H₂)ノ値 $\frac{3}{4}G$ ヨリ小ナル時ハ nappeハ落口ニ生ズル波ヲ以テ蔽ハル此ノ場合ノ係數ハ

$$C' = \left[1.05 + 0.15 \left(\frac{H_2}{H} \right) \right] C \text{ ナル式ニヨリテ } C'$$

ヲ定ム。

以上何レノ場合モ其ノCノ値ハ水頭及堰ノ構造ニヨリ精密ニ定ムルコト困難ナリ從ツテ水量測定ニ際シテハ堰ノ下流面ニハ真空ヲ生セズ充分空氣ノ疎通スル様注意ヲ要ス。

11). Procedure to measurement (水量測定ノ方法)

堰ヲ以テ水量ヲ測ラントスル場合ハ堰ノ構造ト其ノ据付及ビ水頭ノ觀測並ニ其ノ適用スベキ公式ヲ撰ブコトニ注意セザル可カラズ。

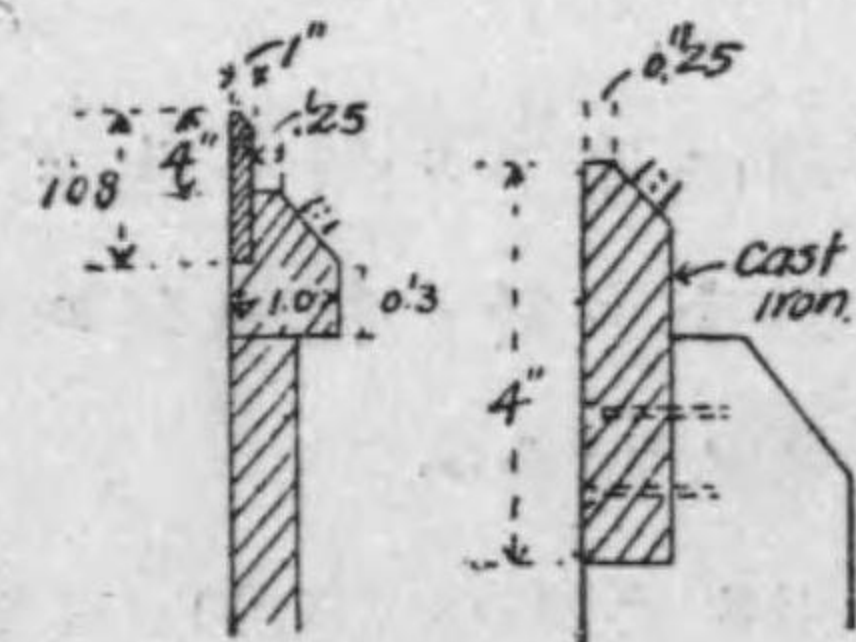
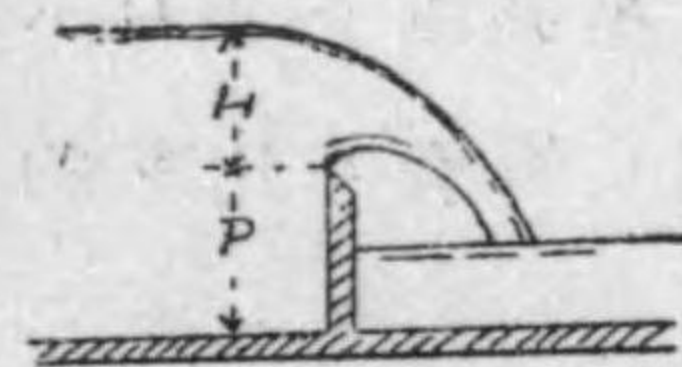


Fig. 83

堰ノ構造ハ震動セザル丈夫ナル金屬性ノモノヲ用ヒ(第83圖ハ Francis 氏ノ實驗ニ用ヒタルモノ)水流ノ方向ニ直角ニ且ツ垂直ニ据付ケ縮端堰ヲ設クル時ハ完全收縮ヲナス如ク注意シ平端堰ヲ用フル時ハ兩端共ニ完全ニ抑壓セラレタル形ヲ用ヒ nappeハ完全ニ空中ニ放流セラ

ル、様注意ヲ必要トス。

堰ヲ設クベキ水路ハ少クトモ25呎又ハ水頭ノ30倍以上直線ノ場所ニシテ水ハ定流ナルコトヲ必要

トス接近速度ハナルベク無視シ得ル程度ニ緩漫ナルヲ可トスレドモ止ムヲ得ザル場合ハ出來得ル限リ間仕切壁又ハ網等ヲ用ヒテ等一ナラシムルニ努メ且ツ實驗者ノ公式ニ於テ水頭ニ對シ適當ニ修正ヲ施スヲ要ス。堰ノ高サハ Francis, Smith 氏共ニ水頭ノ二倍以上ニスルヲ可トシ又タ兩端ニ完全收縮ヲ起サシムル爲メニハ兩端ニ水頭ニ等シキ長サノ壁ヲ設クルヲ以テ可ナリト云フ。(第84圖)



Fig. 84

堰ニ於ケル水頭即チHノ大サハ堰ノ高サト水面トノ差ヲ以テ知ルベキモ水面ハ堰附近ニ於テアル曲面ヲ爲ス故ニ其ノ影響ヲ蒙ラザル上流ニ於テ測ラレタルモノナラザル可カラズ其ノ距離ニ就テハ堰高ノ2.5倍(Boileau)又ハ4呎乃至10尺(Smith)ヲ採レバ可ナリト云ヒ Francis 氏ノ實驗ニ於テハ6呎, Bazin 氏ハ5米, 其他6呎位ヲ取リシモノ多シ而シテ此ノ場合ニ於テ簡單ナルモノハ目盛量水標ヲ用ヒ精密ヲ要スル時ハ Hook gage 其他特殊ノ裝置ヲ施スモノナリ。

用フベキ實驗式ニ就テハ Art, 4. 12. ヲ参照スベシ

12) Broad crested weir. (廣頂堰)

廣キ堰頂ヲ有スル堰ヲ越ユル水流ニ對シ Unwin 氏



Fig. 85

及 Frizel 氏ノ
理論ヲ掲ゲシ
ニ左圖ニ於テ
①②ヲ同一ノ

水線上ニ於ケル二点トシ是レニ Bernoulli ノ原理ヲ
適用シ一般的ニ

$$Z_1 + \frac{P_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{ヨリ}$$

o-o ヲ軸トシ $V_1 = V_0, V_2 = V$ トセバ

$$Z_1 + (H - Z_1) + \frac{V_0^2}{2g} = Z_2 + (t - Z_2) + \frac{v^2}{2g}$$

即チ $H + \frac{V_0^2}{2g} = t + \frac{v^2}{2g}$

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{V_0^2}{2g} + (H - t)$$

接近水路ニ於ケル流速 v_0 ヲ無視スルモノトセバ

$$\frac{v^2}{2g} = H - t$$

$$v = \sqrt{2g} \cdot \sqrt{H - t}$$

$$Q = Av = L \cdot t \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{H - t}$$

Q ノ値ハ $t = 0$ ニ於テ零ニシテ $H = t$ ニ於テモ
亦零ナリ從ツテ t ノ値ガ 0 ヨリ H ニ達スル間ニ於
テ Q ヲ最大ナラシム場合アルヲ知ル故ニ

$$\frac{dQ}{dt} = \sqrt{2g} \cdot L \cdot \frac{-3t + 2H}{\sqrt{2(H-t)}} = 0$$

トセバ $3t = 2H$ 又ハ $t = \frac{2}{3}H$

即チ斯ル堰ヲ水ノ超ユル場合ニ於テハ最小勢力
ノ方則ニヨリ堰上ノ水深ハ上流水深ノ $\frac{2}{3}$ トナルモ
ノニシテ其ノ流量ハ

$$Q = L \cdot \frac{2}{3} H \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{H - \frac{2}{3}H}$$

$$= \frac{2L}{3\sqrt{3}} \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} = 0.385L \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}}$$

本式ハ堰頂ニ於ケル摩擦ヲ考ヘニ入レザルモノ
ナル故ニ實驗上

$$Q = 0.35L \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} = 2.81 LH^{\frac{3}{2}} \quad \text{ヲ可トスト云フ}$$

Cornel 大學實驗室ニ於ケル研究ノ結果

$$t = K \cdot H$$

$$Q = L \cdot K \cdot H \cdot \sqrt{2g} \sqrt{H - KH}$$

$$= K \cdot \sqrt{2g(1-K)} \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}} = C_1 L H^{\frac{3}{2}}$$

$$C_1 = 8.02K\sqrt{1-K}$$

H ト K トノ關係ヲ表記セバ次ノ如シ



Fig. 86

(a)	{	H = 1.8	K = 0.63	(b)	{	H = 2.0	K = 0.50
		= 2.6	= 0.67			= 2.85	= 0.60
		= 3.6	= 0.71			= 3.90	= 0.64
		= 5.2	= 0.81			= 4.65	= 0.61

廣頂堰 = 關スル實驗甚々多シ Bazin 氏ハ水頭 1.4 呎以下 = 於テ堰頂幅 6.56 呎以下 = 對シ

$$\frac{C_1}{C} = \left(0.700 + 0.185 \frac{H}{B}\right)$$

但シ C_1 = 廣頂堰ニ對スル流量係數
 C = 尖頂堰ニ對スル全上

一般 = 水深 H ノ増ス = 從ヒ堰頂幅 B ノ流量 = 及ホス影響ハ小ナルガ如シ

13). Experiments on weirs with downstream slope, or apron of various inclination (上流面又ハ下流面ニ勾配ヲ有スル堰ノ實驗)

今 Bazin 氏ノ實驗及ビ Cornell 大學ニ於ケル實驗ノ 2 ツヲ掲ゲン = (Trans. of Am. So. of C.E. Vol. 44 參照) 今 D ヲ堰ノ水深 V_0 ヲ接近流速トシテ $H = (D + \frac{V_0^2}{2g})$ ニヨリ H ヲ計算シ實驗流量ト對比シ之レニ對スル流量係數 C ノ値ヲ掲ゲントス

1°. For downstream slope (上流面勾配ニ關シ).

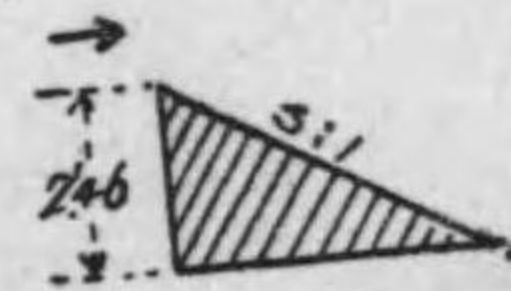


Fig. 87.

Bazin:					
S:1	1:1	2:1	5:1	10:1	
H=0.5	3.85	3.48	3.05	2.84	
1.0	3.85	3.50	3.13	2.92	

1.50	3.85	3.52	3.13	2.93
平均	3.85	3.50	3.10	2.90



Fig. 88.

S:1	B.	1:1	2:1	3:1	4:1	5:1
H=0.5	0.66	3.02	2.92	2.91	2.88	2.88
"	1.32	—	2.80	—	2.81	—
H=1.0	0.66	3.52	3.38	3.27	3.21	3.07
"	1.32	—	2.98	—	2.94	—
H=1.5	0.66	3.72	3.62	3.45	3.35	3.26
"	1.32	3.22	3.22	—	3.10	—

Cornell university

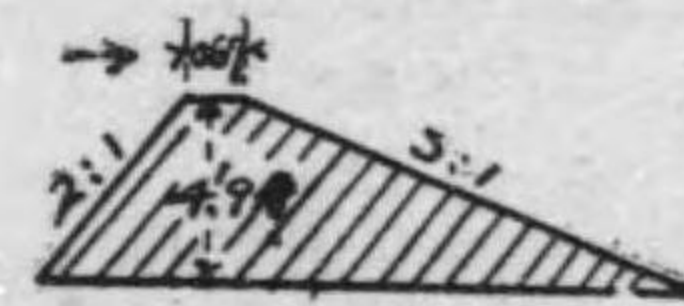


Fig. 89.

S:1	2:1	5:1
H=2.0	3.56	3.52
H=3.0	3.58	3.45
H=4.0	3.62	3.40
H=5.0	3.68	3.58

之等ノ實驗ニ依レバ下流面勾配ハ 2:1ヨリ急ナル範圍ニ於テハ其ノ水頭ニ拘ラズ標準堰ヨリ流量大ナル如ク又天端幅ノ 2 乃至 3 倍以上ノ水頭ニ於テハ勾配ノ如何ヲ論セズ流量大ナルガ如シ又天端幅ハ水頭小ナル場合ニ於テ流量ニ及ホス影響大ニシテ勾配ノ急ナルモノ程亦著シキガ如シ

2° For slope of apron (上流面勾配 = 關シ)

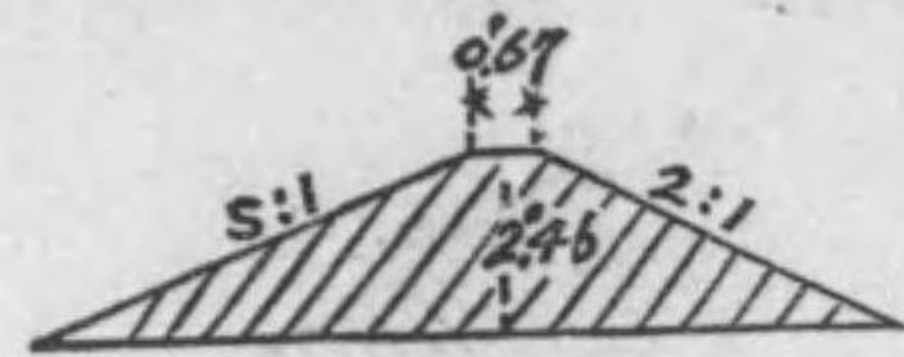


Fig. 90.

Bazin

S:1	Vertical	1/3:1	1/2:1	1:1	2:1
H=2.0	2.78	2.97	2.93	3.03	3.12
=1.0	3.26	3.35	3.38	3.42	3.43
=1.5	3.52	3.56	3.61	3.63	3.61

Cornell university



Fig. 91.

S:1	1:1	2:1	3:1	4:1	5:1
H=2	3.70	3.65	3.57	3.48	3.38
H=3	3.70	3.72	3.57	3.48	3.39
H=4	"	"	"	"	"
H=5	"	"	"	"	"

上流面勾配ニヨル流量ノ變化ハ上記2實驗ノミヨリ明瞭ニ歸納スルコト難シト雖モ1:1又ハ2:1勾配ノモノ最モ大ナルガ如シ要スルニ流量ハ上流面勾配ヨリモ寧ロ下流面勾配ヨリ受クル影響大ナルガ如シ

14.) Experiment on the models of actual dam.

(實用堰堤ノ模形ニ關スル實驗)

1903年 Horton 氏ニヨリ Cornell 大學ニ於テ施サレタル實驗ニヨル

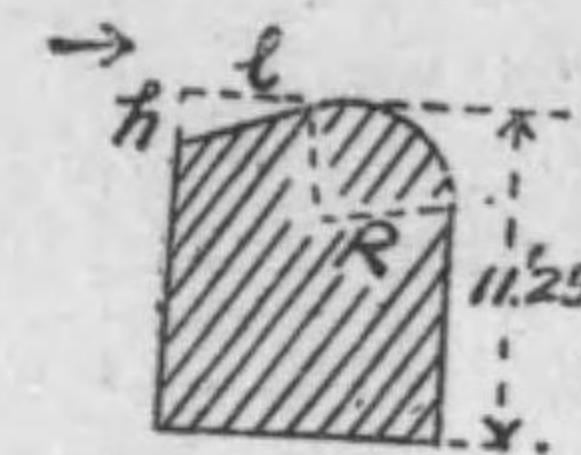


Fig. 92.

Model,	h.	l.	R.	H=1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	L
Plattsburg dam.	1.75	3.0	3.0	3.36	3.51	3.58	3.66	3.82	7.99
Ogee dam.	0.75	3.0	3.0	3.30	3.36	3.43	3.54	3.73	7.99
"	2.88	3.0	3.0	3.43	3.75	3.83	3.88	-	16.00
Chambly dam.	1.0	4.5	2.0	3.30	3.42	3.49	3.55	-	"
Dolge ville dam.	1.0	6.0	1.0	3.50	3.52	3.31	3.30	-	"

本實驗ノ範圍ハ未ダ狭シト雖モ大体ニ於テ $\frac{h}{l}$ ノ大ナルモノ程流量係數大ナルガ如シ此ノ結果ヨリ得タル Horton 氏ノ式ハ

$$C = \left\{ 3.62 - 0.16 \left(\frac{h}{l} - 1 \right) \right\} H^{\frac{1}{2}}$$

H = 1.0	=2.0	=3.0	=4.0	=5.0	=6.0	=7.0	=8.0
$H^{\frac{1}{2}} = 1.0$	=1.035	=1.057	=1.072	=1.084	=1.094	=1.102	=1.110

$H^{\frac{1}{2}}$ ハ殆ンド 1 ニ近キ故ニ水深淺キ場合ハ

$$C = 3.62 - 0.16 \left(\frac{h}{l} - 1 \right) = 3.78 - 0.16 \frac{h}{l} \text{ ト考ヘラ大差ナシ}$$

15.) Applications and examples of weir theory

(堰理論ノ適用及ビ例)

兩端收縮セル長サ 10.24 呎高サ 3.8 呎ノ堰ヲ幅 15 呎ノ水路ニ設ケ水頭 1.2 呎ナルコトヲ觀測セリ流量何程ナリヤ

Francis 氏公式ニヨリ(圖表ヲ用フルモ可ナリ)

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}} \text{ ヲリ先ツ接近流速ヲ無視シテ}$$

$$= 3.33(L - 0.2H) H^{\frac{3}{2}}$$

$$= 3.33 \times (10.24 - 0.2 \times 1.2) \times 1.2^{\frac{3}{2}} = 43.8 \text{ cub. ft. / sec.}$$

$$V_0 = \frac{43.8}{(3.8+1.2) \times 15} = 0.59 \text{ ft/sec.}$$

$$h = \frac{0.59^2}{2g} = 0.0054.$$

$$\text{故} = (H+h)^{\frac{3}{2}} = (1.2054)^{\frac{3}{2}} = 1.3234.$$

$$h^{\frac{3}{2}} = 0.0005.$$

故ニ接近流速ヲ考ニ入レル流量ハ

$$Q = 3.33 \times 10 \times (1.3234 - 0.0005) = 44.05 \text{ cub. ft/sec}$$

又々略式

$$Q = 3.33 L H^{\frac{3}{2}} \left\{ 1 + 0.26 \left(\frac{LH}{A} \right)^2 \right\} \text{ ヲ用フレバ}$$

$$Q = 3.33 \times 10 \times 1.2^{\frac{3}{2}} \left\{ 1 + 0.26 \left\{ \frac{10 \times 1.2}{15 \times (3.8+1.2)} \right\}^2 \right\} = 44.06 \text{ cub. ft/sec}$$

(2) 2呎ノ高サヲ有シ10呎長ノ平端堰ニ於テ観測水頭0.9呎ナル時流量如何

Bazin 氏公式ニヨリ (圖表ヲ用フルモ可ナリ)

$$Q = LH^{\frac{3}{2}} \left(3.248 + \frac{0.079}{H} \right) \left\{ 1 + 0.55 \left(\frac{LH}{A} \right)^2 \right\}$$

$$= 10 \times 0.9^{\frac{3}{2}} \times \left(3.248 + \frac{0.079}{0.9} \right) \left\{ 1 + 0.55 \left(\frac{10 \times 0.9}{10 \times 2.9} \right)^2 \right\} = 29.99 \text{ cub. ft/sec.}$$

(3) 長サ10.呎高サ1.5呎ナル水中尖頭堰ニ於テ上流ノ堰上水深0.490呎全下流0.16呎ナル時流量如何

$$\frac{D}{H} = \frac{0.16}{0.49} = 0.326$$

先ツ Fteley 及 Stearns 氏ノ式ニヨレバ $C = 3.20$

$$\text{故} = Q = 3.20 \times 10 \times \left(0.49 + \frac{0.16}{2} \right) (0.49 - 0.16)^{\frac{1}{2}} = 10.50 \text{ cub. ft/sec.}$$

接近流速ヲ考ニ入レル時ハ

$$V_0 = \frac{10.50}{10(1.5+0.49)} = .52$$

$$H = .49 + \frac{.52^2}{64.32} = .494$$

故ニ

$$Q = 3.21 \times 10 \times \left(.494 + \frac{.16}{2} \right) (.494 - .16)^{\frac{1}{2}} = 10.61 \text{ cub. ft/sec.}$$

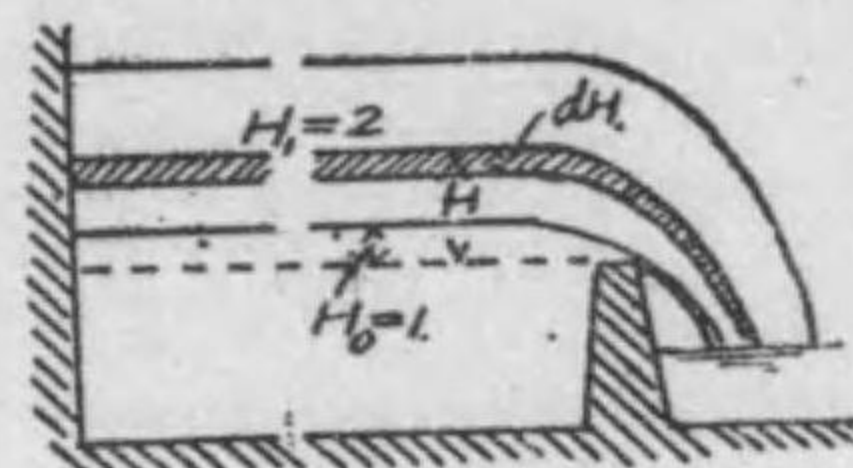


Fig. 93

(4) 面積 60000. 坪ノ貯水池ニ於テ其ノ水面以下2呎ニ頂ヲ有スル長20呎ノ堰アリ今水面1呎ヲ低下セシムルニ要スル時間如何.

任意ノ水面 H ニアル場合ヲ考ヘ此ノ時ニ於ケル dt 時間ノ流量ヲ dQ トシ貯水池ノ面積ヲ A トセバ

$$dQ = C.L.H^{\frac{3}{2}} dt. = \frac{A}{L} dH.$$

$$dt = \frac{A}{C.L.H^{\frac{3}{2}}} dH.$$

$$t = \int_{H_0}^{H_1} \frac{A}{C.L.H^{\frac{3}{2}}} dH = \frac{A}{C.L.} \int_{H_0}^{H_1} \frac{dH}{H^{\frac{3}{2}}} = \frac{2A}{C.L.} \left(\frac{1}{H_0^{\frac{1}{2}}} - \frac{1}{H_1^{\frac{1}{2}}} \right)$$

$$A = 60000 \times 36 \text{ sq. ft.}; C = 3.34; L = 20 \text{ ft.};$$

$$H_1 = 2.0 \text{ ft.}; H_0 = 1.0 \text{ ft.}$$

故ニ

$$t = \frac{2 \times 60000 \times 36}{3.34 \times 20} \times (1 - 0.708) = 18880 \text{ sec.} = 5.24 \text{ hr.}$$

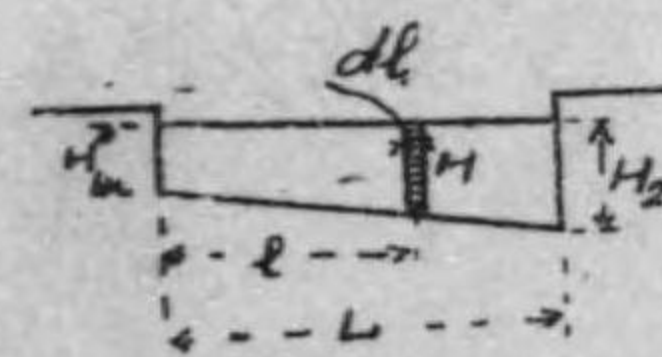


Fig 94.

(5) 長サ50呎ノ堰ニ於テ其ノ一端ニ於ケル水深3呎他端ニ於ケル水深2呎ナル傾ケル堰頂ヲ有スルモノアリ今 $C = 3.34$ トシ

テ此ノ流量ヲ計算セヨ.

dL なる小面積ヨリ出ヅル流量 dQ ハ

$$dQ = CH^{\frac{3}{2}} dL.$$

$$H = H_1 + \frac{H_2 - H_1}{L} l.$$

$$\text{故ニ } dQ = C \left(H_1 + \frac{H_2 - H_1}{L} l \right)^{\frac{3}{2}} dL.$$

$$Q = C \int_0^L \left\{ H_1 + \left(\frac{H_2 - H_1}{L} l \right)^{\frac{3}{2}} \right\} dL.$$

$$= \frac{2CL}{5(H_2 - H_1)} (H_2^{\frac{5}{2}} - H_1^{\frac{5}{2}}).$$

今 $L = 50 \text{ ft.}$; $H_2 = 3 \text{ ft.}$; $H_1 = 2.0 \text{ ft.}$; $C = 3.34$ ナル故ニ

$$Q = \frac{2 \times 3.34 \times 50}{5 \times 1} (3^{\frac{5}{2}} - 2^{\frac{5}{2}}) = 664. \text{ cub. ft./sec.}$$

又極メテ概略的ニ

$$Q = 3.34 L \left(\frac{H_2 + H_1}{2} \right)^{\frac{3}{2}} = 611. \text{ トシテ大約ヲ}$$

見出スモ可ナリ.

(6). 川幅 50 呎深サ 3.0 呎ニテ流量 680 立方呎毎

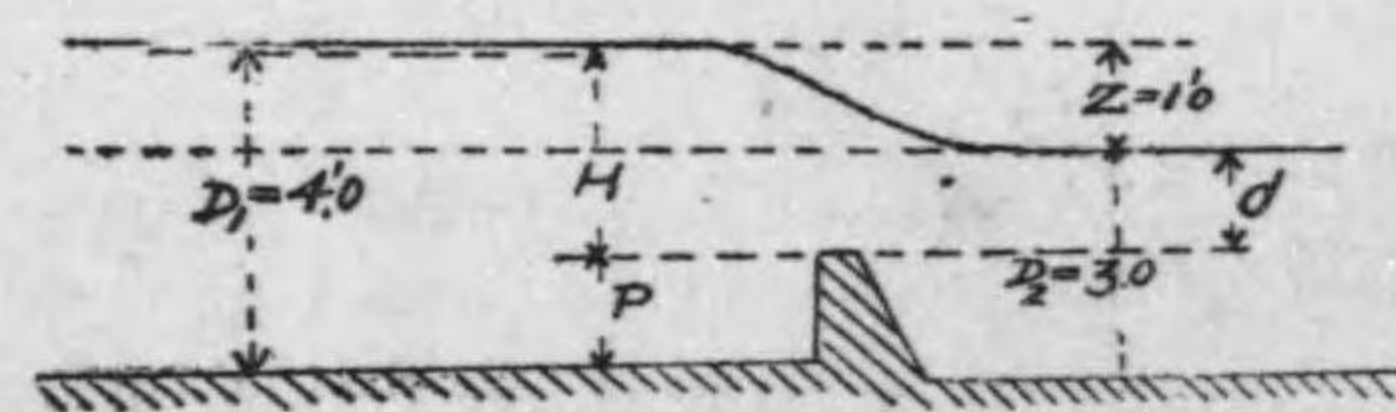


Fig. 95.

秒ノ川アリ之

レヲ横ギリ堰

堤ヲ築造シ其

ノ水位ノ隆起

ヲ 1 呎ニ止メントス堰堤ノ高サ如何.

Fteley 及 stearns 氏ノ公式ニヨリ

$$Q = C. L. \sqrt{Z} \left(H + \frac{d}{2} \right)$$

ヨリ

$$H = \frac{Q}{C. L. \sqrt{Z}} - \frac{d}{2} = \frac{Q}{C. L. \sqrt{Z}} - \frac{1}{2} (D_2 - P).$$

又タ $H = D_2 + Z - P$

$$\text{故ニ } P = D_2 + Z - H = D_2 + Z - \frac{Q}{C. L. \sqrt{Z}} + \frac{1}{2} (D_2 - P).$$

$$= \frac{3}{2} D_2 + Z - \frac{Q}{C. L. \sqrt{Z}} - \frac{P}{2}$$

$$\text{故ニ } P = D_2 + \frac{2}{3} Z - \frac{2}{3} \frac{Q}{C. L. \sqrt{Z}}.$$

今題意ニヨリ $D_2 = 3.0$; $Z = 1.0$; $Q = 680 \text{ cub. ft./sec.}$;

$L = 50 \text{ 呎.}$ $C = 3.20$ ナル故ニ

$$P = 3.0 + \frac{2}{3} - \frac{2}{3} \frac{680}{3.20 \times 50 \times 1} = 0.834.$$

Rankine 氏ノ式ニヨレバ d ノ極メテ小ナル時ハ

$$H = H^1 + d$$

$$\text{但シ } H^1 = \left(\frac{Q^2}{7L^2} \right)^{\frac{1}{3}}.$$

精密ヲ要スル場合ハ

$$H = (H^1 + d) - d \left(1 - \frac{1.25d}{H^1} \right).$$

$$= H^1 + \frac{1.25d^2}{H^1}$$

$H = D_1 - p$; $d = D_2 - p$ トシ上記各數値ヲ入レ計

算セバ $p = 0.88$ ヲ得

Chapter 7.

Flow in pipes (管ノ流水)

1). Definition (定義)

1°. Pipes (水管) 一般通俗的ニ稱セラル、Pipe トハ其ノ内部ヲ流ル、水流状態ノ如何ニ拘ラズ断面圓形ヲ有スル水路ヲ指スモノナレドモ Hydraulics ニ稱スル Pipe トハ断面形状ノ如何ヲ論ゼズ内部ノ水流ガ常ニ滿管状態ニシテ且ツ管側管頂何レニ於テモ水壓力ヲ有スル如キモノヲ意味シ滿管流ニシテ管頂ニ壓力ヲ有セザルモノ或ハ管内一部ノ流水ニ止マル如キ場合ハ次章ニ於ケル開渠トシテ研究スルモノトス

2°. Lost head. (損失水頭).

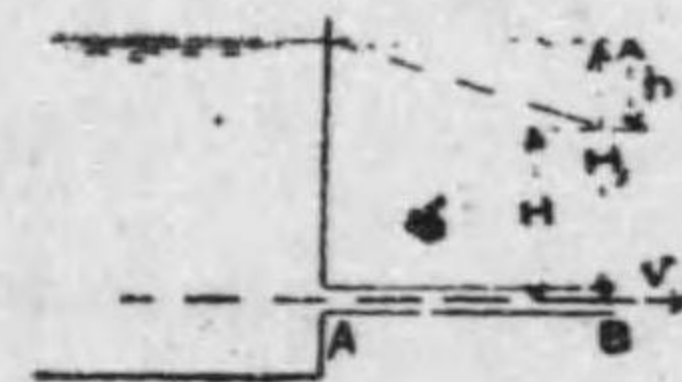


fig. 96

第96圖ニ於テB点ニ於ケル flow ノ velocity ハ理論的ニ $V = \sqrt{2gH_1}$ ヲ以テ表ハサルベキモ事實ニ於テハ管内其他ノ摩擦抵抗力等ニ打勝ツタメ多少ノ勢力ヲ消耗スル故ニ實際上ノ velocity ハ $c_1\sqrt{2gH_1}$ 或ハ $\sqrt{2gc^2H_1}$ ニシテ若シ $c^2H_1 = H$ トセバ $\sqrt{2gH}$ ヲ以テ實際ノ velocity ヲ得ルモノトス即チ $H_1 - H = h$ ハ AB 間ニ於テ失ハレタル勢力ニ相當シ之レヲ lost head ト云フ。

3°. Wetted perimeter and hydraulic radius (潤邊及動水半徑)

Wetted perimeter トハ水流ノ方向ニ直角ナル一ツノ断面ト Wetted surface (flowニ接觸セル水路ノ表面)トノ交叉ニヨリ生ズル線ノ長サヲ稱スルモノニシテ P ヲ以テ表ハス滿管流ノ場合ニ於ケル P ハ圓周即チ $2\pi r$ ニシテ半管流ニ於テハ πr ナリ. Hydraulic radius ハ水流ニ直角ナル断面ノ面積ヲ其ノ Wetted perimeter ニテ除セシモノニシテ perimeter 單位長ニ對スル平均深サヲ表ハス故ニ Hydraulic mean depth (水理平均深又ハ徑深)トモ稱シ R ヲ以テ符號トシ滿管流ニ於テハ $\frac{A}{p} = \frac{\pi r^2}{2\pi r} = \frac{r}{2}$ 又タ半管流ニ於テモ $\frac{A}{p} = \frac{\pi r^2}{2\pi r} = \frac{r}{2}$ ニシテ共ニ相等シ。

2). Distribution of velocity in pipes (管内流速ノ變化)

管内流速ハ管壁ニ於ケル摩擦抵抗力ノ影響ヲ受ケテ一般ニ中央ニ最大ニシテ中央ヲ遠カルニ從ヒ



fig. 97

減小スルヲ原則トス今第97圖ハ管ノ縦斷ニ於ケル velocity ノ變化ヲ表ハスモノトシ CDノ長サハ中央ニ於ケル最大流速 ABハ管壁ニ於ケル最

小流速ヲ示スモノトス BD 線ノ性質ニ於テハ諸說一致セズ今 Parabola ト假定セバ中心ヲ離ル y ナル点ノ velocity v ハ CD ヲ V_c AB ヲ V_s トシ

$$V = V_c - (V_c - V_s) \left(\frac{y}{r} \right)^2 \dots \dots \dots (1)$$

平均流速ヲ求ムル爲メ = ABCD ノ回轉体ノ容積 M ヲ求メンニ

$$M = \pi r^2 V_s + \frac{1}{2} \pi r^2 (V_c - V_s) = \frac{1}{2} \pi r^2 (V_c + V_s)$$

$$V_m = \text{mean velocity} = \frac{1}{2} \frac{(V_c + V_s) \pi r^2}{\pi r^2} = \frac{1}{2} (V_c + V_s)$$

此ノ V_m ノ値ヲ (1) 式ニ入レ y ヲ計算セバ

$$y = 0.71r$$

即チ管壁ヨリ 0.29r 又ハ 0.14d ノ距離ニ於テ平均流速ヲ有スル結果トナル 1897 年 cole 氏ハ Pilot tube ニテ測定シタル結果 4.6.12 吋徑ノ管ニ於テ

$$\frac{V_m}{V_c} = 0.91 \text{ to } 1.01.$$

又タ 16 吋徑ノ管ニ於テ 0.83 乃至 0.86 ニシテ

$\frac{V_c}{V_s} = 0.6$ ナリキ 1899 年 Williams, Hubell 及 Fenkell 氏

ハ測定ニ於テ $V_m = 0.84V_c$ 又 $V_s = 0.5V_c$ ニシテ此ノ關係ハ parabola ヲリモ寧ロ ellipse ニ適合セリ即チ

$$V = V_s + (V_c - V_s) \sqrt{1 - \frac{y^2}{r^2}} \dots \dots \dots (2)$$

$$V_m = \frac{\pi r^2 V_s + \frac{2}{3} \pi r^2 (V_c + V_s)}{\pi r^2} = \frac{2}{3} V_c + \frac{1}{3} V_s$$

又タ (2) 式ヨリ $y = 0.75r$.

又タ此ノ實驗ニ示ス如ク $V_s = 0.5V_c$ ナリトセバ

$$V_m = 0.83V_c.$$

3 Hydraulic grade line (水理勾勾線)

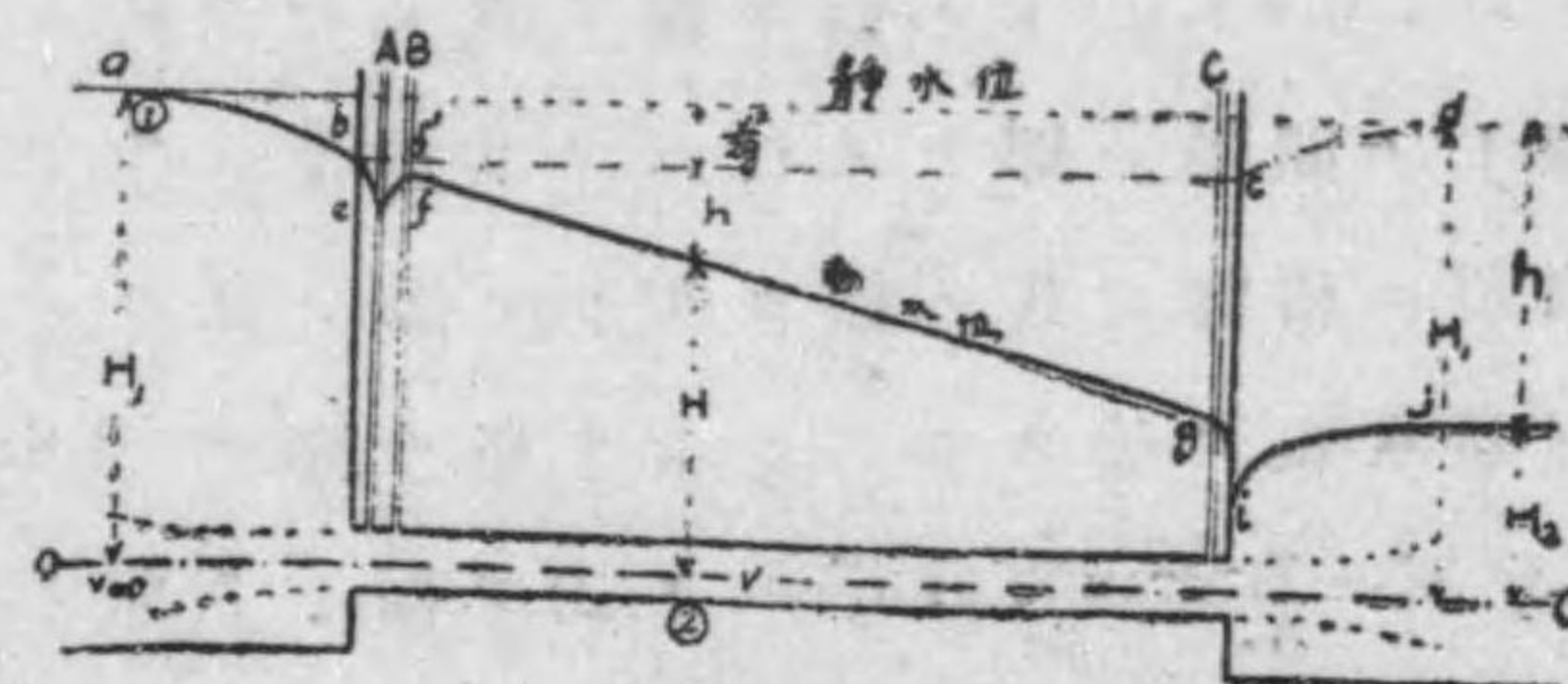


Fig. 28

第98圖ハ左ヨリ右ニ pipe ヲ通ジテ送水セル場合 pipe ノ各所ニ設ケタル指示計ニ上ル水位ノ變化ヲ示セシモノニシテ初メ水ノ移動ナキ場合ハ各水面共ニ水平ニシテ ad ノ如ク次ニ v ナル流速ヲ以テ pipe 内ヲ水ノ流ル、時摩擦其他ノ抵抗ニヨル損失水頭ナシトセバ Bernoullis ノ定理ニヨリ abcd ノ如ク即チ a ハ流速ノ殆ンド零ナル点ヲ考フル故ニ全勢力ハ單ニ水頭 H_1 ノミニ相當シ又タ pipe ノ入口ニ於テハ V ナル Velocity ヲ有スルニヨリ勢力ノ一部ハ働勢即チ $\frac{v^2}{2g}$ ニ變ジ爲メニ水位ハ b 迄低下スベク更ニ

吐口ニ於テ Velocity 殆ド零ナル d 点ニ至レバ水位ハ ad 面ニ復スルモノナリ然レドモ事實ニ於テハ pipe ノ入口或ハ中間等ニ於テ水自ラノ渦キ及ビ管壁ノ摩擦等ニヨリ勢力ノ損失ヲ來シ入口ヲ遠カルニ從ヒ漸次水位低下シ吐口水位ハ dj 即 h ナル間隔ヲ生ズルニ至ル可シ此ノ場合ニ於ケル水位ヲ連結シタルモノハ a. b. e. f. g. i. j. ノ如キ線ヲ現スベク此ノ線ト abcd 線トノ間隔ハ即チ入口ヨリ其点迄ニ生ジタル損失水頭ニ相當シ其ノ線ヨリ pipe 迄ノ高サハ其ノ点ノ有効水頭ヲ示スモノニシテ斯ル線ヲ Hydraulic grade line 又ハ Hydraulic gradient ト云フ而シテ此ノ線ニヨリ流速及ビ流量ヲ見出サンニハ

① 及ビ ② = Bernoulli's theorem ヲ適用シ

$$H_1 = H + \frac{V^2}{2g} + h.$$

即チ $V = \sqrt{2g} \{ H_1 - (H + h) \}^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (1)$

$Q = A \cdot V$ ニヨリ計算サルベシ

pipe ノ大サ全長ヲ通ジ一様ナル時ハ V ハ一定ナル故ニ $\sqrt{2g} \{ H_1 - (H + h) \}^{\frac{1}{2}}$ モ亦タ一定ニシテ結局 (H + h) ノ價モ Constant ナラザル可カラザルヲ以テ Hydraulic grade line ハ概モ第 98 圖 fq 線ヲ以テ示セラル、如キ直線ナリ

第 98 圖ニ於テ pipe ノ吐口水巾中ナラザル時ハ ② ヲ

吐口ニ取リ H=0 ナルニヨリ

$$V = \sqrt{2g(H_1 - h)} \dots \dots \dots (2)$$

又タ入口及出口ニ於ケル水面ニ外壓力 P_u P_e ノ働ケル場合ハ (1) 式ニ對シ

$$V = \sqrt{2g} \left\{ H_1 - (H + h) + \frac{P_u - P_e}{W} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

(2) 式ニ對シ

$$V = \sqrt{2g} \left\{ H_1 - h + \frac{P_u - P_e}{W} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

ナルモ實際上 $P_u = P_e$ ナルコト多シ h ニ就テハ次項ニ於テ詳述スベシ

4). Lost head (損失水頭)

前項記載ノ如ク Pipe ハ其ノ流末ニ至ルニ從ヒ漸次其ノ勢力ヲ減ジ當初有セル水頭ハ途中ニ於ケル種々ナル抵抗力ノ爲メニ消費セラル、モノニシテ抵抗力ハ一般ニ流水ノ有スル働勢ニ比例シテ増減スルモノノ如ク其ノ生因ニ就テハ種々ナル場合アリト雖モ主要ナルモノハ管壁ノ粗度ト水ノ有スル Viscosity トニ基クモノ及ヒ水ノ有スル勢力ノ状態ノ急變スル場合ニ於ケル分子ノ錯乱衝擊トニヨルモノノ如シ以下項ヲ分チテ説明セン

1° Lost head due to friction (摩擦損失水頭)

主トシテ管内ノ流水ガ管壁ノ粗度ニヨリ其ノ運動ヲ妨ゲラレ且ツ水ノ有スル Viscosity ニヨリ其ノ

影響ヲ流水全部ニ及ボスモノニシテ概モ固体ヲ他ノ面上ニ運動セシムルニ際シ摩擦抵抗カヲ生ズルニ似タリ之レヲ Frictional lost head 又ハ Lost head due to friction ト云ヒ長キ管ニ於テハ殆ンド全部ノ Lost head ヲ占ムルモノナリ

Frictional lost head ニ就テハ未ダ充分正確ナル理論ヲ企ツルコト困難ナレドモ種々ナル實驗ノ結果ニ徴シテ一般的ニ認メラレタル方式ハ次ノ如シ

- a. Friction ニヨル抵抗ハ水壓ノ大小ニ關スルコトナク水ニ接觸セル面積ト及ビ其ノ Roughness(粗度)ニ比例スルモノ、如シ
- b. Pipe ノ断面ヲ大ナラシムル時ハ管壁ノ Roughness ニ基ク抵抗カヲ流水全体ニ傳達スル割合少ナキニヨリ抵抗カハ直徑又ハ Hydraulic radius ノ X 乗ニ反比例スルモノト考ヘラル
- c. Friction ニヨル抵抗ハ流速ヲ増スニ從ヒ大ニシテ V ノ n 乗ニ比例スルモノ、如シ
- d. Friction ニヨル抵抗ハ水ノ有スル Viscosity ノ度ニ比例スル如ク Viscosity ハ温度ニ關係ヲ有スル故ニ該抵抗モ亦温度ニヨリ受クル影響ヲ免レザル如キモ未ダ充分ナル實驗ナシ仍テ普通平均温度ヲ取リテ一定ニ考フルモノトス

以上(a)(b)(c)ノ關係ヲ總合シ式ヲ以テ示セバ

$$h = k \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot \frac{1}{d^x} \cdot V^n = (k\pi) l \cdot \frac{V^n}{d^{x-1}}$$

$$k\pi = k' ; x-1 = m \text{ トセバ}$$

$$h = k' \cdot l \cdot \frac{V^n}{d^m} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{故ニ } h = k'' \cdot \frac{l}{d^m} \cdot \frac{V^n}{2g} \dots\dots\dots(1)'$$

本式ニ於ケル n, m, k', k'' 等ハ實驗上ヨリ定メラルベキ係數ナリトス

$$\text{又タ(1)式ヨリ } \frac{h}{l} = s \text{ トシ}$$

$$v = \left(\frac{1}{k'}\right)^{\frac{1}{n}} (s d^m)^{\frac{1}{n}}$$

$$\left(\frac{1}{k'}\right)^{\frac{1}{n}} = c ; \frac{1}{n} = a ; \frac{m}{n} = b \text{ トセバ}$$

$$v = k''' s^a d^b \dots\dots\dots(2)$$

又ハ

$$v = c \cdot s^a R^b \dots\dots\dots(2)'$$

トモ表スコトヲ得但シ $R = \frac{d}{4}$ ナリ

lost head ヲ (1)' 式ノ形ニテ表ハシ n=2, m=1. ナル値ヲ用ヒタルモノ一般ニ使用セラル即チ

$$h = f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \text{ 又タハ } h = 4f \frac{l}{R} \frac{v^2}{2g} \dots\dots(3)$$

之レヲ (2)' 式ノ形ニ變化スル時ハ $\sqrt{\frac{8g}{f}}$ トシ

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

新ラシキ鑄鐵管ニ於テ coal tar ヲ以テ充分塗布セラレタル滑カナ

ル繼手ヲ有スルモノニ對スル f ノ値ニ就キ Fanning, Smith 氏等ノ與ヘタル値ヲ平均シタルモノ次表ノ如シ

普通 f ナ Friction factor ト稱シ新ラシキ管ニ對シテハ凡ソ 0.02 ナ探リテ差支ナシ

徑 呎	流 速 呎/秒					
	2	3	4	6	10	15
0.10	0.032	0.030	0.028	0.026	0.024	0.023
0.25	.028	.026	.025	.024	.022	.021
0.50	.026	.025	.023	.022	.020	.019
1.00	.024	.023	.022	.020	.018	.017
1.50	.022	.021	.020	.018	.016	.015
2.50	.020	.019	.017	.016	.014	.013
3.00	.018	.016	.015	.014	.013	.012
4.00	.016	.015	.013	.012	.011	—
6.00	.014	.013	.012	.011	—	—

尙鐵管ヲ數年間通水スル時ハ管壁ニ Incrust. (水垢)ヲ生ジテ水質ニヨリテハ數年ナラズシテ其ノ流量ヲ半減セシムル如キ場合アリ斯ル場合ハ機械ヲ用ヒテ水垢ヲ取り出來得ル限り復舊ニ努ム可キモノニシテ Friction factor f ノ値ニ就テハ一定ノ標準ナク個々ノ場合ニ就キ研究スルノ外ナカル可シ數年ヲ經過シタル鑄鐵管ニ對スル實驗ノ結果ヲ表記セバ次ノ如シ。

直徑 (吋)	經過 年數	流 速 呎/秒			備 考
		2	3	4	
12	15	0.076			Kutter
"	22	0.121	0.127		"
20	5	0.019	0.022		Trans. Am. Soc. C. E. Vol. 35.
"	22	0.069	0.071	0.074	Kutter.
36	11 1/4			0.015	Trans. Am. Soc. C. E. Vol. 44.
"	3 1/3			0.069	" Vol. 44.
48	7	0.028			" Vol. 23.
"	16	0.023	0.023	0.023	" Vol. 35.

經過年數ト f トノ關係ハ上表ノ如ク區々トシテ定マラレザレドモ水道鐵管特ニ本管ノ設計ニ當リテハ此ノ水垢ノ關係ヲ考ヘ新管ニ對スル f ノ二倍ヲ採用スル如キ充分ナル餘裕ヲ見込ミテ計畫スルヲ要ス。

Riveted pipe (鉄綴管)ニ於ケル f ノ値ハ其ノ繼手方法ニヨリ異ナリ Herschel 氏ノ實驗ニヨルニ新ラシキ管ニ對シ一般ニ用ヒラル、方法ノ如ク Asphaltum ナ塗リタル

Cylinder joint ノモノニ於テ

V = 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
d = 3.0 f = 0.035	.029	.024	.021	.019	.017
= 4.0 = 0.025	.022	.020	.020	.021	.021

Taper joint ノモノニ於テ

d = 3.5 f = 0.025	4.0	5.0	6.0
.024	.023	.022	.022
= 4.0 = 0.027	.026	.025	.024
	.023	.023	.023

但シ Cylinder joint トハ 又 Taper joint トハ

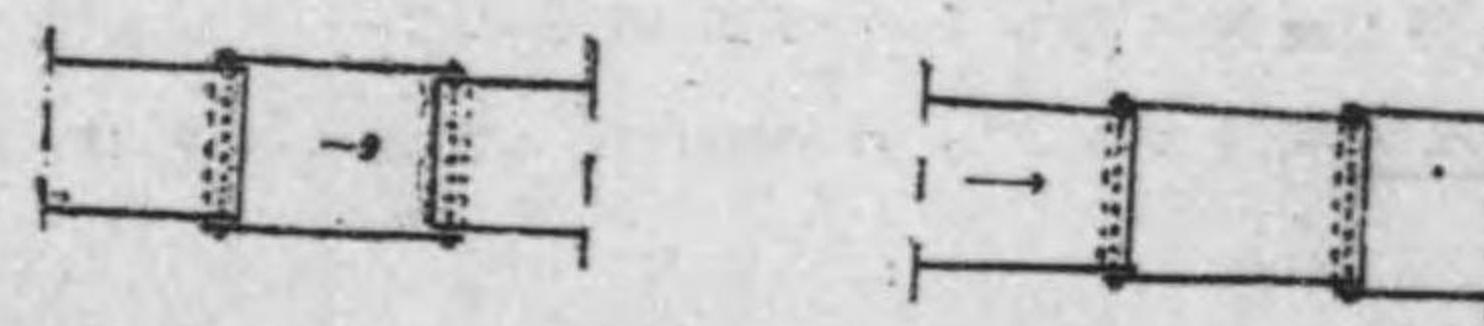


Fig. 99

要スル f ノ値ハ鑄鐵管ニ比シ約二割多シ尙經過年數ニヨリ増加スルコト勿論ニシテ 4 年ヲ使用セシ 4 呎ノ Cylinder joint pipe ニ於テ

V = 1	2	3	4	5	6
f.max.	0.042	0.032	0.030	0.029	0.029
f.min.	0.027	0.024	0.023	0.024	0.024

尙 15 年ヲ經過シタルモノハ

v = 3.	4.
f = 0.036-0.032	0.036-0.031.

Jersey city 水道會社ニ於テ 6 呎ノ Taper joint 管ニ就キ試驗ノ結果

V = 1.	2.	3.	4.
$\frac{1}{6}$ 年 $f = 0.021$	0.022	0.022	0.022
$1\frac{1}{3}$ 年 = 0.029	0.026	0.026	0.025
$2\frac{1}{3}$ 年 = 0.034	0.029	0.027	0.027
$5\frac{1}{3}$ 年 = 0.036	0.034	0.035	—

年數ノ經過ニ伴フ能力ノ減少ニ關シテハ實驗少ナクシテ推定困難ナリト雖モ鑄鐵管ニ比シ多少減少率少ナキガ如シ

Wood pipeニ對スル friction factor ハ Hoskin 氏ニヨレバ

v = 1.	2.	3.	4.	5.
新 管 $f = 0.026$	.019	.017	.016	—
二年經過 $f = 0.019$	.018	.017	.017	.017

木管ハ年數經過ト共ニ流量ヲ増スガ如シ又々 Noble 氏ニヨレバ velocity 3.5 乃至 4.8 呎/秒ニ於テ徑 3.61 呎ノモノハ 0.021 徑 4.51 呎ノモノハ 0.019 又々 Adams 氏ノ實驗ニヨレバ 1.17 呎ノ木管ニ於テ 0.7 乃至 1.5 呎/秒ノ流速ニ對シ f ハ 0.027 乃至 0.020 ナリト云フ。

消火用水管ニ對スル f ハ Freeman 氏ノ實驗ニヨリ 2.5 吋徑ノモノニ對シ

v = 4.	6.	10.	15.	20.
滑カナル「ゴム」引綿製品 $f = 0.024$	0.023	0.022	0.019	0.018
粗ナル 全 上	.030	.031	.031	.030
表面ニ加工セザル「リンネン」品	.038	.038	.037	.034

混凝土管ヲ用レル場合ノ f ノ値ハ King 氏ニヨレバ

v = 2.	5.	10.	20.
$d = 0.5$ $f = 0.034$	0.030	0.027	0.025
1.0	.029	.025	.021
1.5	.026	.023	.019
2.0	.024	.021	.018
2.5	.023	.020	.017

3.0	.022	.019	.017	.016
4.0	.020	.018	.016	.015
5.0	.019	.017	.015	.014

即チ新鑄鐵管ニ比シ 20%—30% 大ナリ但シ年ト共ニ如何ニ變化スルヤハ明瞭ナラザレドモ鑄鐵管ノ如ク著シク減少スルコトハアラザル如シ

又々 Buckley 氏ノ Irrigation pocket book ニヨレバ

$$f = a \left(1 + \frac{b}{R} \right)$$

ニシテ

滑カナルセメント又々ハ鈷掛ケ板	$a = 0.00316$	$b = 0.10$
石 積, 煉 瓦, 木 材	.00401	0.23
Rubble masonry 又々ハ石張	.00507	0.82

ナリト云フ。

以上記セシ如ク各管種及ビ經過年數等ヲ參酌シテ f ノ値ヲ定メ (3) 式ヨリ h ナ求メ摩擦抵抗ニヨル Lost head トス尙 f ノ値ガ v ニヨリ或ハ d ニヨリ變化スル如キハ公式ノ使用上不便ナルガ故ニ近來指數公式ヲ用ヒ f ハ單ニ管壁ノ粗度ノミニヨルモノトセラル、コトアリ是等ニ關シテハ更ニ項ヲ分チ實驗公式ノ項ニ於テ記載セントス。

2° Lost head due to change of section. (斷面變化ニヨル損失水頭)

Pipe 中ニ於ケル流レガ急ニ擴大セラレ又ハ縮小セラレ、時ハ各分子ハ互ニ錯亂シテ勢力ノ一部ヲ或ハ自ラノ渦流ニ或ハ其他ノ勢力ニ變ジ爲メニ固有勢力ノ幾分ヲ失フモノナリ即チ小徑ヨリ急ニ大徑ニ變移スルニヨリ生ズル lost head ヲ Lost head due

to sudden enlargement (急激擴大ニヨル損失水頭)ト云
 ヒ大徑ヨリ小徑ニ變移スルニヨリ生ズルモノヲ
 due to sudden contraction (急激縮小ニヨル損失水頭)ト
 云フ先ヅ sudden enlargement ノ場合ヨリ説明センニ

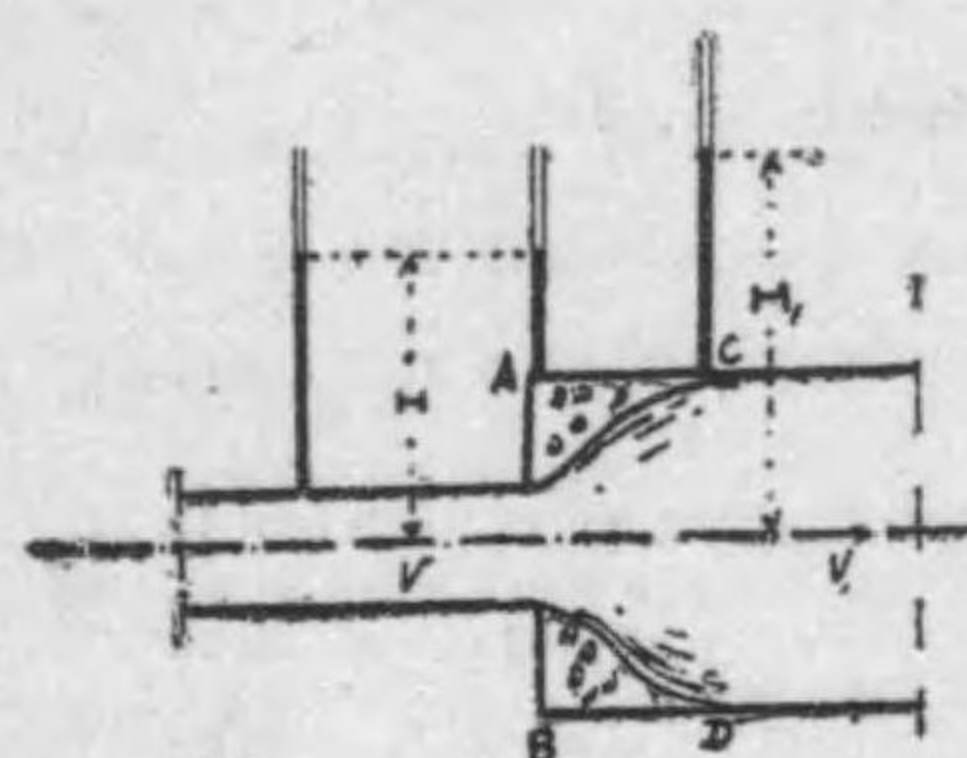


fig. 100

Bernoullis theorem ニヨ

リ h ヲ Lost head トシ

$$\frac{v^2}{2g} + H = \frac{v_1^2}{2g} + H_1 + h.$$

$$h = \frac{v^2 - v_1^2}{2g} + (H - H_1) \dots$$

.....(1)

又タ v ナル velocity ヲ v₁

ニ變化セシムルニ要スル力 F ハ

$$F = \frac{w \cdot a_1 \cdot v_1}{g} (v_1 - v)$$

又タ AB 断面ニ於ケル壓力ハ Flow ガ未ダ contract
 シテ流ル、故ニ H ニ相當スルモノニシテ c ニ至リ
 テ始メテ H₁ ニ達スルモノナリ故ニ AB ニ於ケル壓
 力 w · a₁ H ト CD ニ於ケル壓力 w a₁ H₁ トノ差ハ即チ F ニ
 等シカル可シ故ニ

$$w a_1 H - w a_1 H_1 = \frac{w \cdot a_1 \cdot v_1}{g} (v_1 - v)$$

$$H - H_1 = \frac{v_1^2 - v_1 v}{g}$$

大 (1) 式ニ代入シ

$$h = \frac{v^2 - v_1^2}{2g} + \frac{v_1^2 - v_1 v}{g} = \frac{(v - v_1)^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} \left(1 - \frac{v_1}{v}\right)^2$$

av = a₁v₁ ナル故ニ $\frac{v_1}{v} = \frac{a}{a_1}$ ナルヲ以テ

$$h = \frac{v^2}{2g} \left(1 - \frac{a^2}{a_1^2}\right) = \frac{v^2}{2g} \left\{1 - \left(\frac{d}{d_1}\right)^2\right\} \dots \dots \dots (2)$$

Archer 氏ノ實驗 (Trans. Am. Soc. of. C. E. Vol 76) ニ

ヨレバ

$$h = \frac{v^2}{2g} \frac{1.098}{v^{0.681}} \left\{1 - \left(\frac{d}{d_1}\right)^2\right\}^{1.019} = K \cdot \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2)'$$

トシ k ヲ表記セバ次ノ如シ

d/d ₁	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8
v=2.	k=0.96	0.74	0.60	0.44	0.15
5.	.89	.69	.56	.41	.14
10.	.86	.65	.54	.40	.13
20.	.80	.62	.50	.37	.12
40.	.75	.58	.47	.35	.11

若シ急ニ擴大セズシテ第 101 圖ノ如ク漸次擴大
 スル時ハ K ノ値次ノ如シ本表ハ Andres. Gibson. Paker
 氏實驗ノ結果ヲ總合シタルモノナリ

d/d ₁	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8
θ=5°	k=0.94	0.94	0.94	0.94	0.92
15°	.16	.16	.16	.15	.10
30°	.49	.48	.46	.43	.27
45°	.63	.62	.60	.55	.38
60°	.72	.70	.67	.62	.43

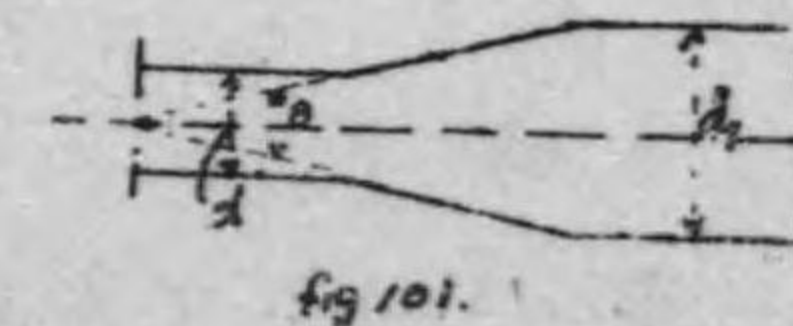


fig. 101.

尙此ノ場合ニ於ケルKハVニヨリ多少ノ影響ヲ受クル如キモ實驗少ナキ爲メ明瞭ナラズ

又タ(1)及ビ(2)式ヨリ水位ノ差ヲ見出サンニ

$$H_1 - H = \frac{a}{a_1} \frac{v^2}{g} = \frac{d^2 v^2}{d_1^2 g} \dots (3)$$

即チ損失水頭hハ(2)式ヲ用ヒテ見出し接合部ノ水位ノ變化ハ(3)式ヲ以テ計算ス

次ニ contract セラル、場合ハ $h = k \frac{v^2}{2g}$ ニテ表サル、モノトシkノ値ハ一部ハ AB 間ニ生ズルモノ BC 間ニ生ズルモノ、ニツニ分

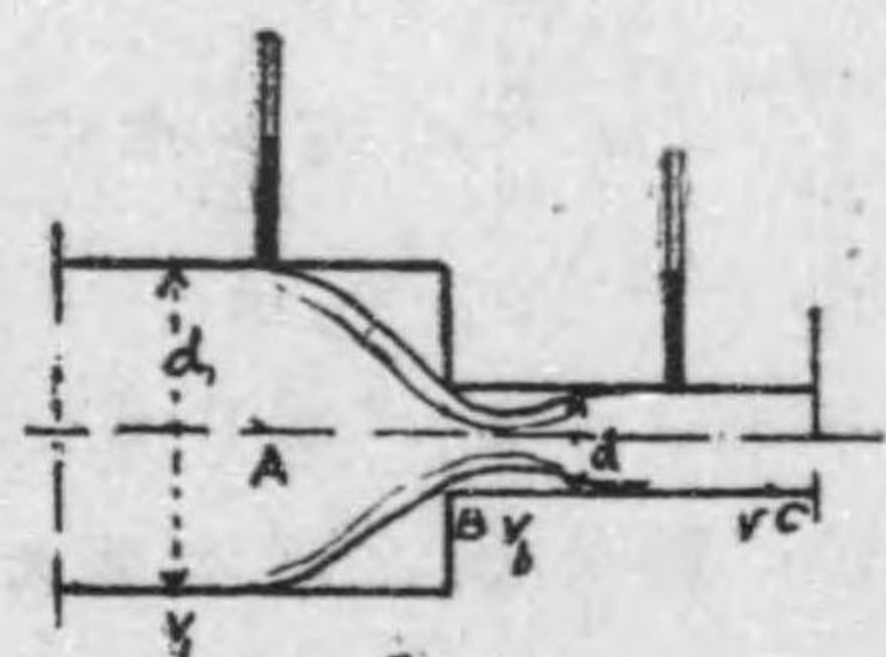


Fig. 102

チ AB 間ニ生ズルモノハ orifice ニ於ケル Lost head ヲ用ヒ BC 間ハ Sudden enlargement ニ於ケル Lost head ヲ用ヒ

$$h = \frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{1}{c_v^2} - 1 \right) + \frac{(v_1 - v)^2}{2g}$$

$$c_v v_1 a = va. \quad \text{故ニ} \quad h = \frac{v^2}{2g} \left(\frac{1}{c_c^2} \right) \left(\frac{1}{c_v^2} - 1 \right) + \frac{v^2}{2g} \left(\frac{1}{c_c} - 1 \right)^2$$

$$= \frac{v^2}{2g} \left\{ \frac{1}{c_c^2} \left(\frac{1}{c_v^2} - 1 \right) + \left(\frac{1}{c_c} - 1 \right)^2 \right\} = k \frac{v^2}{2g}$$

$c_v = 0.975$ トシ Kノ値ヲ計算セバ次ノ如シ

$(d/d_1)^2$	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8
c_c	.644	.676	.696	.717	.784
K	.431	.343	.298	.257	.161

尙 King 氏ハ Kノ値ハ Velocityノ函數ナリトシ各種

ノ實驗ヨリ次表ヲ作レリ

d/d_1	=0.2	0.4	0.5	0.6	0.8
$v = 2.$	$k = 0.48$	0.42	0.38	0.28	0.07
5.	.47	.41	.37	.28	.09
10.	.45	.40	.36	.28	.10
20.	.42	.37	.33	.27	.11
40.	.35	.31	.29	.25	.13

即チ是レ等ノ係數ハ $K \frac{v^2}{2g}$ ニヨリテ lost head ヲ表スモノニシテ接合個所ノ水位ノ差ハ尙此ノ外ニ $\left(\frac{v^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right)$ ナル velocity headノ差ヲ加フルヲ要ス

3° Lost head due to entrance. (入口ニ於ケル損失水頭)

Approach channel 内ノ比較的小ナル Velocityヨリ pipe 内ノ大ナル velocityニ變化スルニヨリ其ノ間ニ生ズル Lost headニシテ第98圖ff'ヲ以テ表サル、モノナリ

$$ff' = h = k \frac{v^2}{2g}$$

ニシテ Kノ値ハ入口ノ形狀ニヨリ異ナル係數ナリトス

即チ 上流ニ突出シ且ツ丸味ヲ付セザルモノ	K=0.78
突出セズシテ丸味ヲ付セザルモノ	0.50
多少丸味ヲ付シタルモノ	0.23
Bell mouth 形ニシタルモノ	0.04

最モ Lost headヲ小ナラシメントセバ Bellmouthヲ用ヒ且ツ orificeノ項ニ述ベシ如ク充分ナル水深ヲ

有セシムヲ要ス普通入口ノ形狀ヲ明記セザル時ハ
K=0.5ヲ取ルモノトス

4° Lost head at outlet. (吐口ノ損失水頭)

pipe内ニ於テvナル流速ヲ有セシ水ガ急ニ断面
大ナル吐口ニ流出スル時ハ水分子間ノ擊衝ニヨリ
テ勢力ノ損失ヲ來スモノナリ此ノ損失水頭ハ一般

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

ヲ以テ表ハサレ急ニ断面ノ擴大セラル、場合ニ相
當シ其ノ極端ナルモノバ如ク考フル時ハKノ値ハ

v	=2.0	5.0	10.	20.	40.
K	=1.00	.96	.93	.86	.81

5° Lost dead due to curvature (曲線ニヨル損失水
頭)

曲線部ニ於ケル損失水頭ハ一ツハfrictionニヨル
損失ト他ハ曲線ナルニヨリ水ノ橫流或ハ渦流ヲ生
シ爲メニ損失スル水頭トニ便宜分チテ考フルモノ
トス而シテ前者ニ對シテハ既ニ(1°)ニ於テ述ベタ
ル方法ニヨリテ大体差支ナク計算シ得ベク後
者ニ對シテハ次ノ如ク考フルヲ普通トス

$$h = f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

但シ l = 曲線部ノ長サ(呎)

d = 曲線部ニ於ケル管徑(呎)

f = 曲線ノ半徑ニヨル係數ニシテ實驗ニ
ヨリ定メラルベキモノトス

1850年 Weisbach氏ハ繼手ナキ内面滑カナル小管ニ對シ實驗ノ結果

R/d	=1.0	2.	3.	4.	5.	10.	20.
f	=0.184	.072	.047	.030	.016	.008	.004

Freeman氏ガ1889年約2.75ノ消火用水管ニ於テ實驗シタル結果
モ亦是レト相似タルモノナリキ

1898年1899年 Williams, Hubbell及 Fenkell氏等ノ30吋ノ鑄鐵管ニ
對シ Detroit市ニ於テ行ヒシ結果ハ

R/d	=2.4	4.	6.	10.	16.	24.
f	=0.072	.062	.060	.047	.037	.036

又々12吋ノpipeニ於テハ

R/d	=1.	2.	3.	4.
f	=0.20	.06	.06	.05

ニシテ Weisbach氏等ノ實驗ノ結果ニ比シ著シク大ナルハ蓋シ此ノ
實驗ニ用ヒタル pipeガJointチ多ク有セシコト並ニ曲線部ノ管内面
ガ圓滑ナラザリシニヨルモノト考ハラル然レドモ實際施工ガ多ク
此ノ程度ノモノナルニ想到セバ此等ノ値ハ略妥當ナルモノト稱ス
ルコトヲ得ベシ

1913年 Fuller氏ノ研究ニナレル公式ハ(Journal of new England water
works association Dec. 1913)

$$h = c v^{2.25} = k \frac{v^2}{2g}$$

但シ k = c \cdot 2g \cdot v^{0.25} 又々 cハ半徑ニヨル係數ナリ

各流速及ビ半徑ニヨリkチ計算セバ次ノ如シ

R=1.	2.	6.	8.	10.	20.	40.
V=2. K=0.21	.19	.18	.21	.26	.45	.57
5.	.26	.23	.22	.26	.57	.72
10.	.31	.28	.26	.31	.68	.86

20.	.37	.33	.31	.37	.46	.81	1.02
40.	.44	.39	.37	.44	.54	.97	1.21

此ノKノ値ハ90°ノ曲リニ對スル係數ニシテ45°ノモノニハ此ノ
 $\frac{3}{4}$ ヲ22° $\frac{1}{2}$ ニ對シテハ $\frac{1}{2}$ ヲ乘スベキモノトス尙此ノ研究ノ結果損失
 水頭ハ pipe ノ直徑ニ關係ナク6呎ハ半徑ニ於テ最小ナルヲ見ル即
 チ角度ノ如何ヲ問ハズ曲線半徑ハ6呎内外ヲ用フルヲ以テ損失水
 頭ヲ最モ少ナカラシメ得ル所以ナリトス

Fuller 氏ノ實驗ヲ除キ他ノ friction factor f ヲ用ヒ
 タル時ハ $K = f \cdot \frac{l}{d}$ ナルニヨリ pipe line 中ヨリ此ノ値
 ヲ合計シテ

$$h = \sum K \cdot \frac{v^2}{2g}$$

トシテ曲線ニヨル Lost head ヲ見出スヲ要ス

6° Lost head due to valves. (バルブニヨル損失水頭)

pipe 中ニ半開ノ Valve アル時ハ其ノ部分ニ於テ水
 ノ衝擊ヲ生シ爲メニ多少ノ水頭ヲ損ス一般的ニ

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

ニシテ k ノ値ハ次ノ如シ



Weisbach 氏ノ實驗ニヨレバ

Aニ對シ

d/d	= 0.1	0.2	0.4	0.6	0.8
-----	-------	-----	-----	-----	-----

K	= 0.09	.39	2.0	8.12	44.5
---	--------	-----	-----	------	------

Bニ對シ

d/d	= $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$
K	= 0.07	.26	.81	2.1	5.5	17.	98.

又 C (Cock valve)ニ對シ

$\theta = 10^\circ$	20°	30°	40°	50°	60°
K = 0.29	1.6	5.5	17.	53.	206.

D (Throttle valve)ニ對シ

$\theta = 5^\circ$	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
K = 0.24	.52	1.5	3.9	11.	33.	118.	750.

此レヲハ2吋 pipe ニ於テ實驗セシモノナレドモ Kuichling 氏ノ24吋
 管ノ Gate valveニ於テ施セシモノハ上記ノ値ヨリ多少大ナリ即チ

d/d	= $\frac{1}{3}$	$\frac{2}{15}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{59}{72}$	$\frac{7}{8}$
K = 0.8	1.6	3.3	8.6	22.7	41.2	75.6	

5). General equation for mean velocity (平均流速ヲ見
 出ス公式)

前項ニ於テ損失水頭ハ一般ニ

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

ニテ表ハサレ $f \cdot \frac{l}{d}$, k_1 , k_2 , k_3 , k_4 , k_5 ヲ以テ順次 friction,
 change of section, entrance, outlet, curvature, valvesニヨル
 損失水頭ノ係數ヲ示スモノトセバ pipe 全延長ニ生
 ズル損失水頭 hハ

$$h = \frac{v^2}{2g} \left(f \cdot \frac{l}{d} + k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 \right)$$

普通 lost head ノ中 friction loss ヲ除キタル外ヲ Minor

loss ト云フ又タ(3)項(1)式ヨリ

$$v = \sqrt{2g} \left\{ H_1 - \left[H + \frac{v^2}{2g} \left(f \frac{l}{d} + k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 \right) \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

或ハ
$$v = \left[\frac{2g(H_1 - H)}{1 + f \frac{l}{d} + k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(1)$$

吐口水中ニアラザル時ハ H = 0 ナルニヨリ

$$v = \left[\frac{2g H_1}{1 + f \frac{l}{d} + k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2)$$

普通ニ於テハ管線路ハ多クハ急ナル曲線部ヲ有スルコト少ナク半開ノ弁ヲ有セズ又タ管徑ノ變化ヲ有セザル場合多ク吐口ノ lost head ハ多クハ無視シ得ル故ニ

$$v = \left(\frac{2g H_1}{1 + f \frac{l}{d} + k_2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

k₂ ハ普通 0.5 ニ取ル故ニ

$$v = \left(\frac{2g H_1}{1.5 + f \frac{l}{d}} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(3)$$

吐口水中ニアル時ハ H₁ ハ兩水面ノ差即チ H₁ - H ヲ以テ表サルモノトス

(3)式ハ普通一般ニ水位ノ差直徑管長ヲ知リテ流量ヲ知ル公式ナリトス

今 l = 3000 呎 d = 6 吋 H₁ = 9 呎 トセバ新管ニ於

テ

$$v = \left(\frac{2 \times 32.2 \times 9}{1.5 \times 0.02 \times 3000 \times 2} \right)^{\frac{1}{2}} = 2.2 \text{ 呎/秒}$$

又タ流量ハ Av ナルニヨリ

$$Q = \frac{1}{4} \pi d^2 v = 0.7854 d^2 v.$$

或ハ(3)式ヨリ

$$H_1 = \frac{8}{\pi^2 g} \left(1.5 + f \frac{l}{d} \right) \frac{Q^2}{d^5} \dots\dots\dots(4)$$

トシ H₁ ヲ見出スコトヲ得 又タ d ヲ求メントセバ

$$d = 0.479 \left[\left(1.5d + f \frac{l}{d} \right) \frac{Q^2}{H_1} \right]^{\frac{1}{5}} \dots\dots\dots(5)$$

ヲ用フ但シ d ハ兩邊ニ含マル、故ニ試算ニヨラザル可カラズ l 大ナル時ハ次項ニ述ブル理由ニヨリ 1.5d ヲ無視スルモ差支ナシ

6). Long pipes (長管) and short pipes(短管)

前項(3)式ニ於テ

$$v = \left(\frac{2g H_1}{1.5 + f \frac{l}{d}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

H₁ ヲ一定ニ保ツトキハ流速ハ $\sqrt{1.5 + f \frac{l}{d}}$ ニ反比例シ且ツ f. 及ビ d ヲ一定ニ考フル時ハ l ニ比例スル故ニ pipe ノ長サヲ増スニ從ヒ 1.5 ナル數値ハ無視スルモ差支ナキ程度ニ達スベシ普通 1.5 ヲ除外スルニヨリ生ズル差 1% ナル長サ以上ヲ有スル時ヲ long pipe ト云ヒ其レ以下ヲ short pipe ト云フ即チ(3)式乃至(5)式ハ short pipe ニ相當スルモノニシテ其ノ長サノ限界ヲ見出サンニ

$$\frac{\sqrt{1.5 + f \frac{l}{d}}}{\sqrt{f \frac{l}{d}}} = (1 + 0.01).$$

今 $f=0.02$ = 取レバ $\frac{l}{d}=3750$

即チ $l=4000d$ 位以上ヲ long pipe トシ此ノ場合ニ於ケルハ

$$v = \left(\frac{2g H_1}{f \cdot \frac{l}{d}} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(6)$$

$$d = 0.479 \left(\frac{f l Q^2}{H_1} \right)^{\frac{1}{5}} \dots\dots\dots(7)$$

ヲ用ヒ差支ナシ但シ吐口水中ニアル時ハ何レモ H_1 ノ換リニ $(H_1 - H)$ ヲ用フルヲ要ス

今若シ(3)式ニ於テ $l=0$ トシ $1.5 = \frac{1}{c_v^2}$ 即チ $c_v=0.82$

トセバ

$$v = c_v \sqrt{2g H_1} = 0.82 \sqrt{2g H_1}$$

曩キニ orifice ニ於テ述ベシ short tube ノ公式ニ相當セリ即チ pipe ノ損失水頭ハ先ヅ short tube ヲ基トシ長サ l ヲ増スニ從ヒ増加シ同時ニ v ヲ減小スベキヲ知ル今(1)(2)(3)式ノ用ヒラルベキ各場合ヲ示サンニ

$$\text{Velocity head} = \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Lest head due to friction} = f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

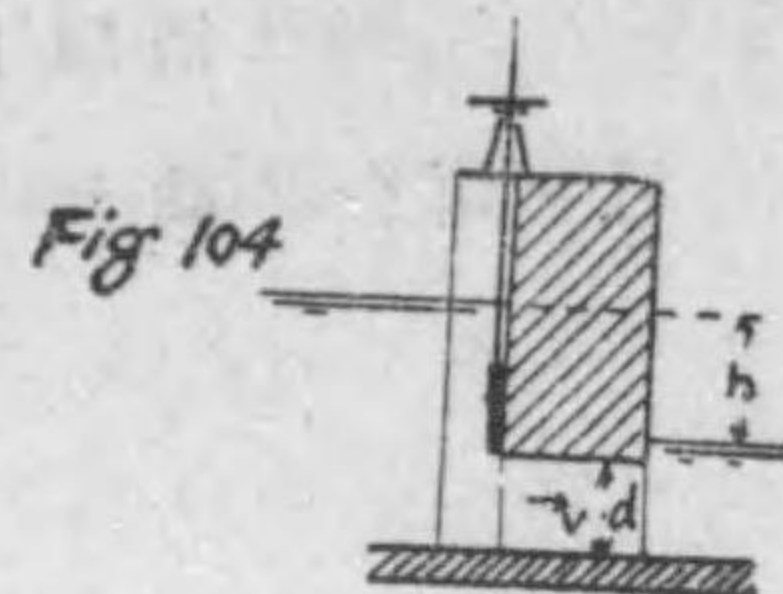
$$\text{" Change of section} = k_1 \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{" entrance} = k_2 \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{" Outlet} = k_3 \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{" Curvature} = k_4 \frac{v^2}{2g}$$

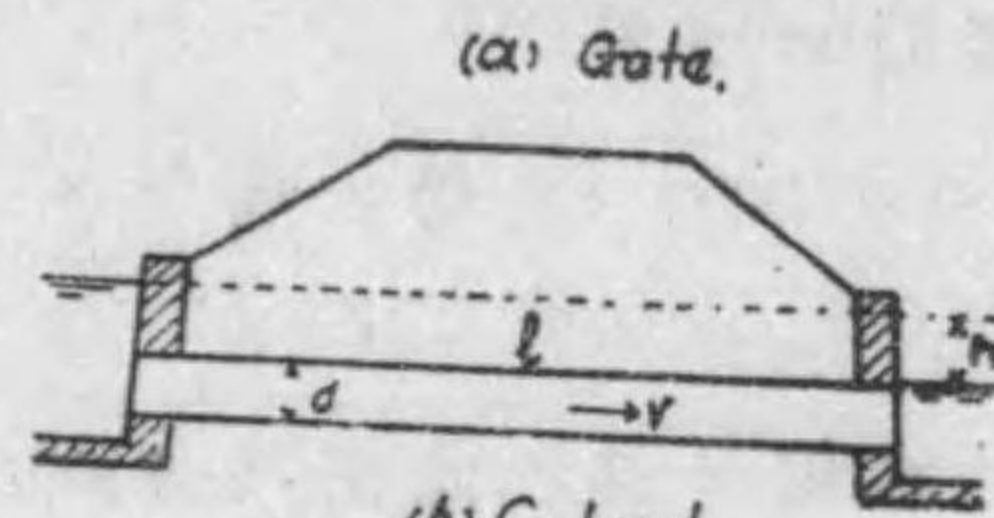
トシ



(a) Gate

$$h = \left(1 + k_2 \right) \frac{v^2}{2g}$$

$$v = Q / \left(\frac{\pi d^2}{4} \right)$$



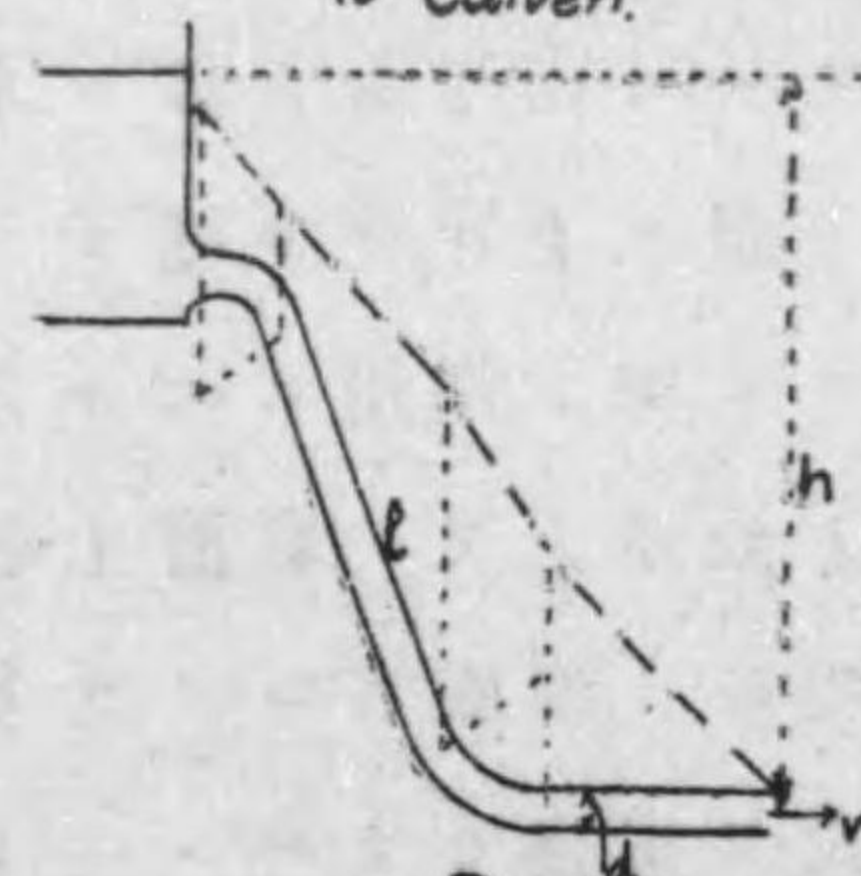
(b) Culvert

(b) Culvert

$$h = \left(1 + f \cdot \frac{l}{d} + k_2 \right) \frac{v^2}{2g}$$

$$v = Q / \left(\frac{\pi d^2}{4} \right)$$

管圓形ナラザル時ハ d ノ代リニ $4R$ ヲ入レバ可ナリ



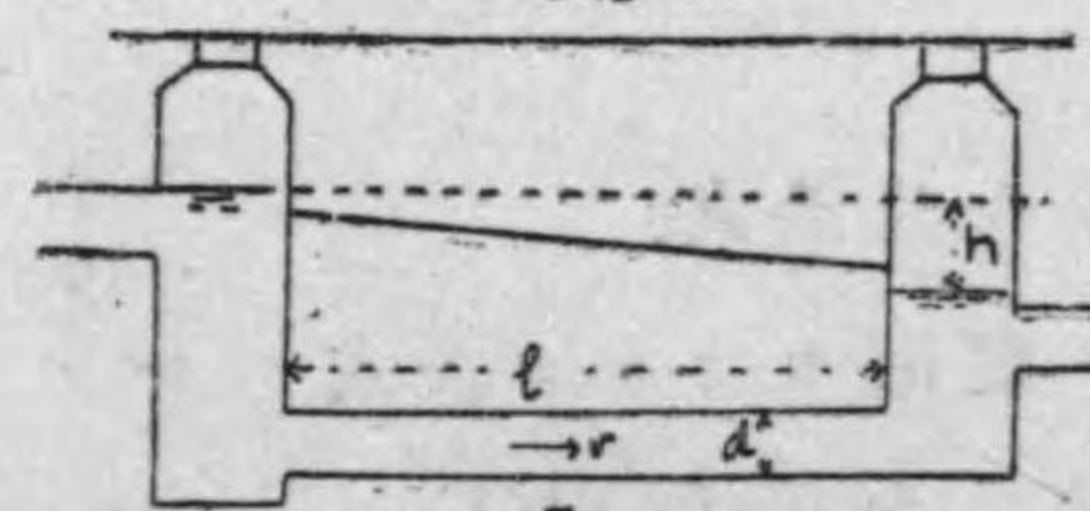
(c) Penstock

(c) Penstock

$$h = \left(1 + f \cdot \frac{l}{d} + k_2 + k_4 \right) \frac{v^2}{2g}$$

$$v = Q / \left(\frac{\pi d^2}{4} \right)$$

管圓形ナラザル時ハ d ノ代リニ $4R$ ヲ入レテ可ナリ以下同斷

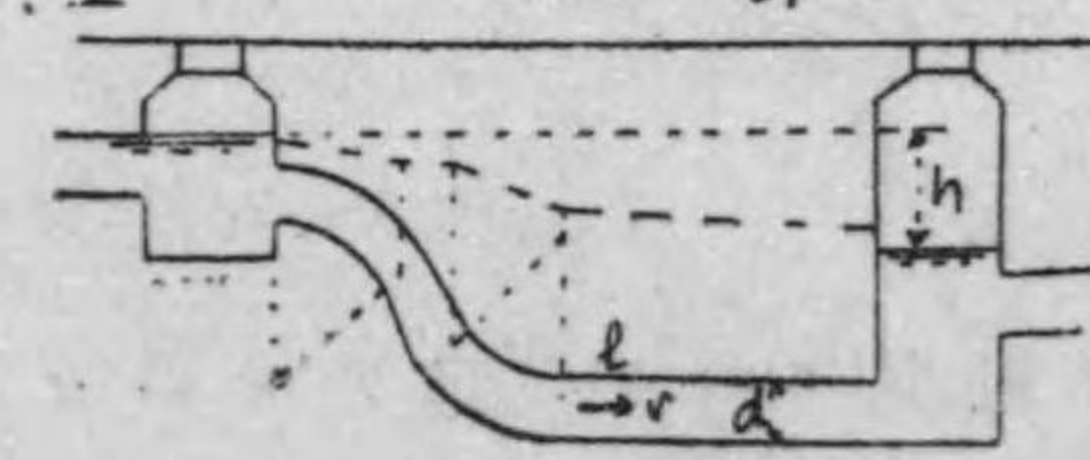


(d) Invert syphon

(d) Inverted syphon

$$h = \left(1 + f \cdot \frac{l}{d} + k_2 + k_3 \right) \frac{v^2}{2g}$$

$$v = Q / \left(\frac{\pi d^2}{4} \right)$$



(e) Invert syphon

(e) Inverted syphon ニシテ此

ノ形ヲ有スルモノハ

$$h = \left(1 + f \cdot \frac{l}{d} + k_2 + k_3 + k_4 \right) \frac{v^2}{2g}$$

$$v = Q / \left(\frac{\pi d^2}{4} \right)$$

以上各場合ニ於ケル l ハ何レモ d ノ4000倍以下
ナレドモ若シ其レ以上ナル時ハ何レ場合ヲ論セズ

$$h = f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$v = \frac{Q}{\pi d^2 / 4}$$

ト見做シ他ノ値ハ何レモ無視スベシ

7) Empirical formulas for long pipes (長管ニ對スル
實驗公式)

普通多クノ場合ニ於ケル水管ハ其ノ直徑ノ4000
倍以上即チ long pipe ニ相當スルモノニシテ特ニ水
道鐵管ノ如キハ其ノ長サ數十里ニ上ルコト稀ナラ
ズ從ツテ其ノ大サヲ決定スルニ際シ採用スベキ方
式又タハ係數ノ大小ニヨリテ通水上又ハ經濟上著
シキ徑庭ヲ生ズル故ニ即チ幾多ノ權威者ニヨリ多
クノ實驗ヲ遂ゲ夫々實驗公式ヲ案出セララル、ニ至
リシモノトス

1° Chezy's formula. (チエジ | 氏公式)

1755年 Chezy 氏ニヨリ案出セラレシ公式ニシテ
曩キニ Lost head. ノ項ニ於ケル(2)式(P141)

$$V = K''' S^a R^b$$

ヨリ $K''' = C$. ; $a = \frac{1}{2}$; $b = \frac{1}{2}$.

トシCハ實驗ノ結果管ノ粗度ニヨリ差違アル一ツ
ノ係數ナリトセリ是レヲ書キ換フレバ

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

本公式ハ pipe ノミナラズ次章 open channel ニモ適
用セラル、公式ニシテ a, b ヲ $\frac{1}{2}$ トシタル理由ニ就
テハ尙次章ニ於テ知ルベシCノ値ハ唯ニ管壁ノ粗
度ノミナラズR或ハVニヨリ多少變化シ其後諸大
家ノ實驗ニヨリ更ニCニ對スル種々ナル公式ヲ生
ズルニ至リ幾分復雜ノ度ヲ増セシト雖モ今尙 Chezy
氏公式トシテ使用セラル、コト多シ.

2° Darcy's formula. (ダーシー氏公式)

1857年巴里市水道ニ從事中廣汎ナル實驗ニ基キ

$$h = f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

ナル形ニ於テ d 呎直徑ヲ有スル清淨ナル新鑄鐵管
ニ對シ

$$f = 0.02 + \frac{0.02}{12d}$$

又タ多少古キ鑄鐵管ニ對シテ f ノ値ハ此ノ二倍即
チ

$$f = 0.04 + \frac{0.04}{12d}$$

ニ達スルモノトス本式ハ0.4呎乃至3.呎或ハ4呎位
特ニ小徑ニ適用シテ可ナリ又タ三呎乃至六呎ノ徑
ニ對シテハ新シキ場合 $f = 0.015$ 充分舊キモノハ此ノ
三倍ニ達スルト云フモノアリ Darcy 氏ノ公式ハ變

形シテ

$$v = \frac{1}{\sqrt{a + \frac{b}{d}}} \sqrt{R.S.} = C \sqrt{R.S.}$$

但シ d ハ直径(呎) R ハ Hydraulic mean depth ナリ

新ラシキ鑄鐵管ニ對シ

$$a = 0.00007726 ; b = 0.00000647$$

$$\text{多少舊キ全上 } a = 0.0001545 ; b = 0.00001294$$

尙最近ノ實驗ニヨレバ f ノ値或ハ c ノ値ハ d ノ

ミナラズ v ニヨリ變化スルモノト稱セラル

3° Weisbach's formula (ワイスバツフア氏公式)

$$f = 0.01439 + \frac{0.01716}{\sqrt{V}} \quad (\text{ft. 單位})$$

本式ハ d ノ代リニ v ヲ考ニ入レタルモノナリ

4° Kutter's formula (クッター氏公式)

Chezy 氏公式ニ於ケル c ニ對シ

$$C = \frac{41.65 + \frac{0.00281}{s} + \frac{1.811}{n}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}} \left(41.65 + \frac{0.0281}{s} \right)}$$

ナル値ヲ與ヘタリ本式ハ開渠ヨリ求メタル公式ニ

シテ pipe ニ直接用フルノ可否ハ尙研究ノ餘地アリ

ト云フ

5° Flamant's formula (フラマー氏公式)

1892 年ノ發表ニシテ新ラシキ鑄鐵管ニ對シ

$$V = 86.38 d^{\frac{5}{7}} s^{\frac{4}{7}} \dots\dots\dots(1)$$

二三年間使用シタル後ノ如キ僅カ Incrust シタル鑄鐵管ニ對シテ (For cast iron pipes slightly incrustated such as would nearly always be the case after a few years of service)

$$v = 76.28 d^{\frac{5}{7}} s^{\frac{4}{7}} \dots\dots\dots(2)$$

即チ(2)ハ(1)ニ對シ 88% ニ相當セリ從ツテ尙舊クシテ水垢ヲ生ジタルモノニ於テハ此ノ係數ヲシテ尙減少セシムルヲ要スル如シ

(2)式ニ關シ Russel 氏ハ Water supply p. 242 ニ述ベテ曰ク「幾多公式中 Flamant 氏ノ Service State ニ於ケル公式程ヨク水道給水管ノ計算ニ適セルモノナシ該式ハ初メ Coat セラレシ管ニシテ 10 年乃至 15 年使用後ノモノニ於テモ尙且通水上安全ナリ」ト本式ヲ計算上簡單ニ Chart ニ作製シタルモノアリ次ノ如シ(p162)

今此ノ圖表ニ於テ 3 立方呎ノ流量ヲ 10 吋及 12 吋管ニテ送水スル場合ニ於ケル損失水頭ヲ見出サンニ先ヅ A 線ニ 3 ヲ定メ B 線ニ 12. 及 10 ヲ取り其ノ結ビタル直線ヲ延長シ C 線ニテ夫々 5.2 及 12.3 D 線ニテ 3.8 及 5.45 ニテ交ハルヲ知ル即チ C 線ニ於ケル數字ハ管長 1000 呎ニ對スル損失水頭 D 線ハ管内ノ流速ヲ表ハスモノナリ又管内ニ水垢ヲ生ジテ通水能力ヲ減シタル場合ノ餘裕ハ損失水頭ニ於テ加フレバ可ナリ

6° Noble's formula for wooden pipe.

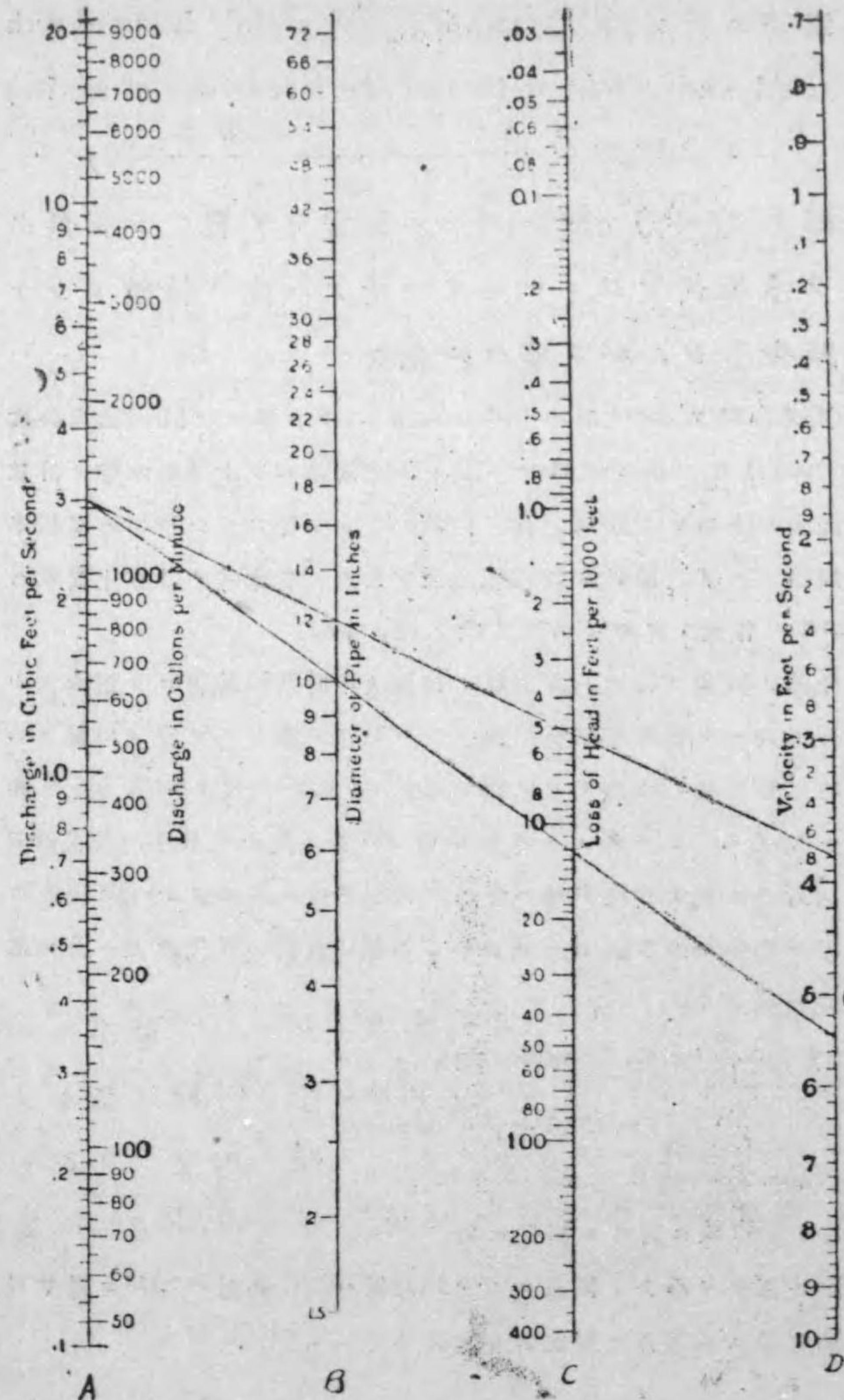
$$V = 1.76 d^{1.75} \sqrt{h \pm b} = 1.76 d^{0.77} \sqrt{h \pm b}$$

(Trans. Am. Soc. C. E. vol. 49. P163).

h = 1000 呎ニ對スル損失水頭

b ハ極メテ小ナル係數ニシテ 18 吋徑ハ 0.04 30 吋ハ 0.114 ニ過ギズ大約ヲ求ムル場合ハ無視スルモ可ナリ

DIAGRAM FOR CALCULATING CAST-IRON PIPES.



7°. Hazen-william's formula

$$V = C \cdot R^{0.63} S^{0.54} (0.001)^{-0.04}$$

$$Q = 4\pi R^2 V.$$

$$R = \frac{d}{4}.$$

又タハ

$$V = 0.2755 C R^{0.63} S^{0.54}$$

Cノ値ハ

Brass, block tin. Lead, glass C = 140-150.

Cast iron, Very smooth ; new good condition

C = 140-145 C = 125-135.

" old good condition ; old bad condition

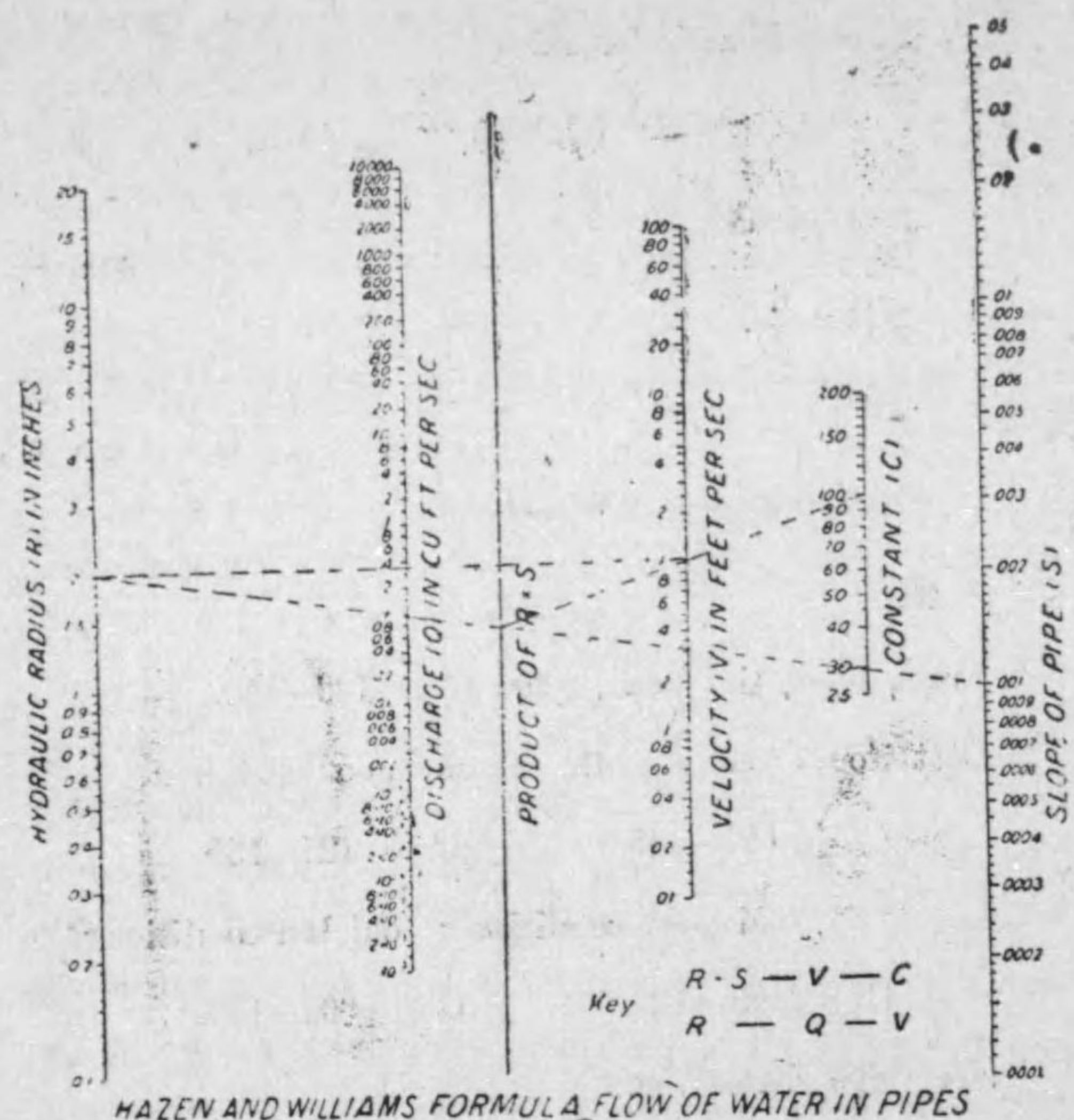
C = 100-125 C = 60-100.

steel pipe riveted new ; old

C = 105-115 90-105

masonry conduit C = 110-135.

尙 Cast iron pipeノ年月経過ト共ニCノ减小スル割合ハ毎年其ノ3%ヲ減シ其徑毎年0.01吋ヲ减小スルモノト假定シ兩者合セラCノ値ヲ決定シ作表セリ尙詳細ハWilliam Hazen氏ノ著Hydraulic tableヲ参照スベシ本式ヲchartセバ次圖ノ如シ



HAZEN AND WILLIAMS FORMULA FLOW OF WATER IN PIPES

8). Choise of the formula. (公式選擇)

以上ノ外 pipe ノ流量ヲ知ル爲メニ作ラレシ公式ハ甚ダ多シ普通用ヒラル、モノハ以上數公式ニ過ギザレドモ就中一般ニ Darcy 氏ノモノハ流速 0.5 呎以上徑 20 吋以下ニ於テ多クノ實驗ニヨリ求メタルモノナル故ニ此ノ範圍ニアリテハ適當ナリト云フヲ得ベク其ノ範圍外ニ於テモ大徑ノモノニ對シテハ寧ロ實際ニ比シ小流速ヲ與フル如キ公式ナルヲ以テ實地設計上安全ナリト稱スルヲ得ベシ即チ本式ガ比較的一般ニ使用セラレシ理由ナリトス

Flamant 氏ノ公式モ先キニ記セシガ如ク米國ニ於テハ多ク用ヒラレ而モ 10 年乃至 15 年ノ經過ニ對シテハ安全ナリト云フ。水道給水

管ノ大サヲ定ムルニ最モ困難ヲ感ズルハ用フベキ公式ノ如何ヨリモ其ノ係數ノ定メ方ニシテ新ラシキ鑄鐵管ニ對シテハ大體同一ノ結果ヲ得ベシト雖モ古キ管ニ於テハ何レノ公式モ單ニ流量ノ減少スベキヲ示スニ止マリ係數ノ定メ方如何ニヨリテ數年ナラズシテ其ノ能力ヲ減少シ又タハ充分ナル餘裕ヲ見込ムコトニヨリ鐵管費ヲ著シク増額スル等採定上甚ダシキ苦心ヲ要スルコト多シ

年數ノ經過ト水垢ノ増加・流量ノ減少トノ關係ニ就テハ鑄鐵ノ性質及水ノ品質等ニヨルモノニシテ William-Hazen 氏ノ如ク經過年數ニヨリテ係數ヲ定ムル如キ方式ヲ作定セシモノアリト雖モ其ノ正確度ニ於テハ尙研究ヲ要スルモノト稱セザル可カラズ此等ハ元ヨリ各場合々々ニ於ケル流量實測ノ結果ニ俟ツベキモノニシテ未ダ甚ダシク欠如タルヲ感ズルモノナリ

從ツテ實際上管徑ノ決定ニ當ツテハ一般ニ認メラレタル Darcy 氏或ハ其ノ他ニヨリ圖表又タハ表等ニヨリテ出來得ル限り簡易ニ且ツ其ノ係數ヲ定ムルニ當リテハ Darcy 氏ノ古キ鐵管ニ對スル公式ニヨルカ若シクハ Flamant 氏通水中鐵管ニ對スル公式ニ於テ尙重要ナル本管其他ニ 20% 乃至 40% 位ノ餘裕ヲ見込ミテ損失落差ヲ定メ以テ給水管ノ大サヲ定ムルカ或ハ William Hazen 氏ノ表ニ於テ本管及重要ナル大管ニ對シ十年以上ノ係數ヲ取り其他ハ適宜其レ以外ニ於テ採定スルモ又タ一方法ナランカ尙多クノ研究的餘地ヲ存スルモノト云フベシ

9). Formula for stream line flow (線的水流ノ公式)

以上 pipe ノ流量ヲ知ルベキ公式ハ何レモ turbulent flow ニ對スルモノニシテ stream line flow ニハ適用スベカラズ從ツテ是レニ對スル公式ハ

1°. Reynolds' formula (レイノールド氏公式)

$$V = \frac{361 d^2}{P} \cdot S.$$

P=viscosity coefficient (水ノ性質ノ項参照)

2°. Boston formula.

$$v=c. R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{3}}$$

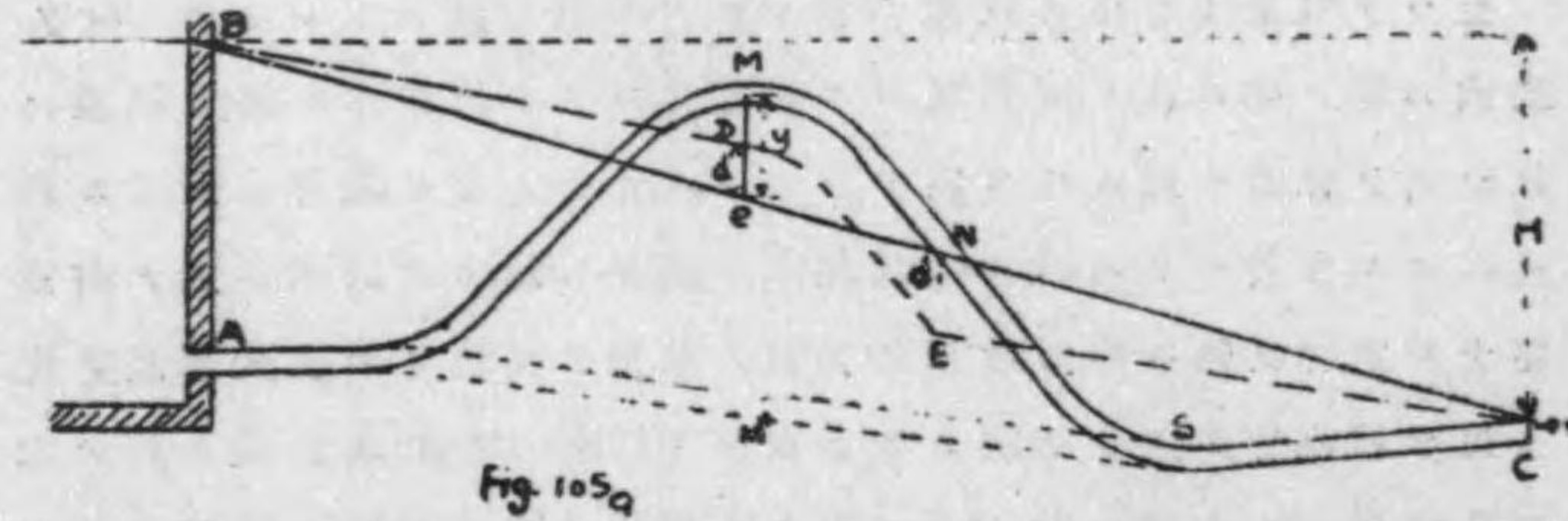
本公式ハ徑 0.5-3.5 吋迄ニ用ヒラルベキモノニシテ Cノ値ハ

Copper and Lead C=183.

New cast iron 141

old " 105-82

10). Elevation of Pipe (管ノ高サ)



pipe line ハ其ノ途中ニ於テ如何ナル高低差アリトモ結局流速ハ第 105a 圖ニ於テ

$$v = F\sqrt{2gH}$$

ニテ示サル、モノニシテ同一管徑ニシテ H ツ高低ノ變化極メテ緩ナル時ハ Hydraulic gradeline ハ BC ナ結ビタル約直線ト考ヘテ差支ナシ從ツテ此ノ途中ニ於ケル各點ヨリ grade line 迄ノ高サハ有効水頭ヲ表スモノナリ然ルニ其ノ一點 M ハ其ノ線ヨリモ上部ニ位シ H ツ B = 比シ低キ位置ナル時此ノ部分ニ於ケル流水ノ状態ヲ考フルニ今第 105a 圖ニ於ケル y ガ一氣壓ニ對スル水柱ノ高サ 34.0 呎ヨリ小ナル場合及ビ大ナル場合トノ二様ニ分チ考フルモノトス

通水セル AMSC 管ヲ一時斷水シテ内部ニ空氣ヲ通シ次テ再ビ緩カニ A ヨリ流入セシムル時 AM 間ノ水位ハ漸次高上シテ遂ニ M = 達シ更ニ Summit (頂) ナ越ヘテ S = 流下スベシ此間管内ノ空氣ハ流水ノ爲メ壓縮セラレ流速相當大ナル時ハ piston ノ如キ作用ヲナシツ、吐口 C = 送ラルベシ然ルニ流水ノ狀況ニヨリテハ空氣ヲ充分吐口ニ送ル能ハズシテ Summit ニ集メ爲メニ流水ヲ阻止スルニ至ルヲ以テ空氣唧筒其他ノ裝置ニヨリ空氣ヲ排除シ流水ヲ圓滑ナラシメザル可カラズ斯ク空氣ヲ排除シ充分真空ナラシメ得タリトセバ水ハ約 34.0 呎マテ上昇セシメ得ベキ故ニ y ガ 34.0 呎ヨリ小ナル時ハ M 點ハ滿管ニテ流ルベク Hydraulic grade line ハ約 BC 直線ニシテ AMSC 線ニ管ヲ設ケタルト殆ソド差ナカルベシ若シ又タ y ノ高サ 34.0 呎ヨリ大ナル時ハ M ガ B 以下ナル理由ニヨリ水ハ M ナ越ヘテ流ルベキモ滿管流ナルコト能ハズ此ノ場合ニ於ケル grade line ハ氣壓ノ關係上 grade line ヨリ上ニ d ナル高サヲ取リタル BD 線ヲ以テ表サル可ク其ノ勾配ニ相當スル流量ヲ有スベシ次ニ SC 間モ亦此ノ流量ヲ有スベキ故ニ grade line ハ BD = 平行ナル CE ノ如クナルベシ又タ MS 間ハ部分流ニシテ真空中ニ於ケル自由放流即開渠ノ流水ニ相當シ grade line ハ水面ニ平行ニシテ DE 曲線ノ如ク其ノ CE トノ交點 E ノ直上 N ハ部分流ト滿管流トノ限界ナルコトヲ知ル

(y-d) ノ値ハ上記ノ如ク理論上 34.0 呎内外ナレドモ實際上真空ヲ得ルコト困難ナルノミナラズ其他種々ナル理由ニヨリ普通 24.0 呎内外ニ考フルヲ安全トス

上述ノ如ク y ガ 34 呎以内ナル場合ハ BC ナル gradient = ヨル Velocity ナ得ルニ拘ラズ其レ以上ナル時ハヨリ緩ナル BD ノ如キ gradient = ヨル Velocity トナリ著シク流量ヲ減ズ故ニ Summit ハ成ルベク避クルヲ要ス若シ設ケルモ grade line ヨリ 24.0 呎以内ノ高サニ止メ空氣ノ浸入ヲ絶チ且常時空氣ヲ排除スベキ裝置ヲ必要トス

grade line 以下ニアル Summit ハ常ニ空氣ヲ集ム可キ傾向ヲ有スル

故ニ時々 air valve ナ以テ水ト共ニ排除ス市内配水管ニ於テハ消火栓等ヲ以テ代用シ特ニ排氣裝置ヲ設ケザルナ普通トス

11). Equivalent length of non-uniform main. (不等徑本管ニ對スル等値長)



Fig. 105b

第 105b 圖ノ如キ種々徑ヲ異ニスル管ヲ以テ Q ナル流量ヲ有スル本管ヲ形成スル時生ズル全損失水頭ニ等シキ水頭ヲ他ノ標準徑ノモノニ於テ生ズル長サヲ Equivalent length ト云フ一般ニ

$$h = f \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

故ニ

$$h = f \cdot \frac{8Q^2}{\pi^2 g} \frac{l}{d^5} = \frac{1}{40} f Q^2 \frac{l}{d^5}$$

$$d_1 \text{ニヨリ生ズル Lost head } h_1 = \frac{Q^2 f_1 l_1}{40 d_1^5}$$

$$d_2 \text{ニヨリ生ズル Lost head } h_2 = \frac{Q^2 f_2 l_2}{40 d_2^5}$$

$$d_3 \text{ニヨリ生ズル Lost head } h_3 = \frac{Q^2 f_3 l_3}{40 d_3^5}$$

$$h = h_1 + h_2 + h_3 = \frac{Q^2}{40} \sum f \frac{l}{d^5}$$

今 Standard pipe ノ徑ヲ D トシ Equivalent length ヲ L

トセバ其ノ Lost head ハ h ニシテ

$$h = \frac{Q^2 F L}{40 D^5}$$

$$\text{ナル故ニ } F \frac{L}{D^5} = \sum f \frac{l}{d^5}$$

$$\text{或ハ } L = \frac{\sum f \frac{l}{d^5}}{F \frac{1}{D^5}}$$

$$\text{又ハ } = \frac{f_1 D^5}{F d_1^5} l_1 + \frac{f_2 D^5}{F d_2^5} l_2 + \frac{f_3 D^5}{F d_3^5} l_3$$

F; f₁; f₂ 等ハ friction factor ニシテ各直徑ノ function ナリ而シテ $\frac{f}{F} \left(\frac{D}{d}\right)^5$ ノ表ヲ普通用フル管徑ニ對シテ豫メ作製スル時ハ容易ニ L ヲ見出スコトヲ得又タ L ヲ計算シ得タリトセバ

$$h = \frac{Q^2 F L}{40 D^5}$$

ヨリ Q ヲ見出スコトヲ得又タ極メテ概算ニ於テハ $\frac{f}{F} = 1$ トスルモ可ナリ

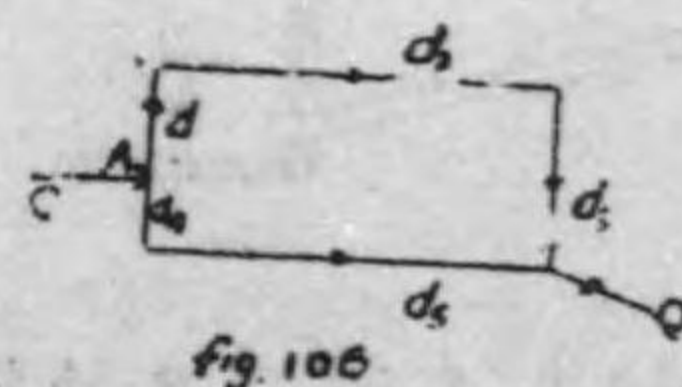


Fig. 106

此ノ方法ヲ利用シ第 106 圖ノ

如キ循環式本管 (Circular main)

ニ於ケル d₁ d₂ d₃ ヲ通ル Q₁ ト d₄ d₅

ヲ通ル Q₂ トヲ計算センニ今 d₁

d₂ d₃ ヲリナル Standard pipe D₁ ニ對スル equivalent length L₁ ヲ見出シ AB 二点間ノ head ヲリ Q ヲ計算シ同様ニ d₄ d₅ ヲリ Q₂ ヲ求メ以テ Q ヲ按分スレバ可ナ

リ或ハ $Q \propto \left(\frac{h}{L}\right)^{\frac{1}{2}}$ = 比例スル故ニ

$$Q_1 = \frac{\sqrt{L_2}}{\sqrt{L_1} + \sqrt{L_2}} Q = \frac{1}{\sqrt{\frac{L_1}{L_2} + 1}} Q$$

全シク

$$Q_2 = \frac{\sqrt{L_1}}{\sqrt{L_1} + \sqrt{L_2}} Q = \frac{1}{\sqrt{\frac{L_2}{L_1} + 1}} Q$$

ヨリ求ムルコトヲ得是レ等ニ關スル表類ハ

Hellins'—The Lay-out of small water main. (1921). ヲ参照シ便利ニ計算スルコトヲ得ベシ.

12). Branching pipe connecting reservoirs at different elevations (高サヲ異ニセル數池ヲ連絡セル管ノ流量)

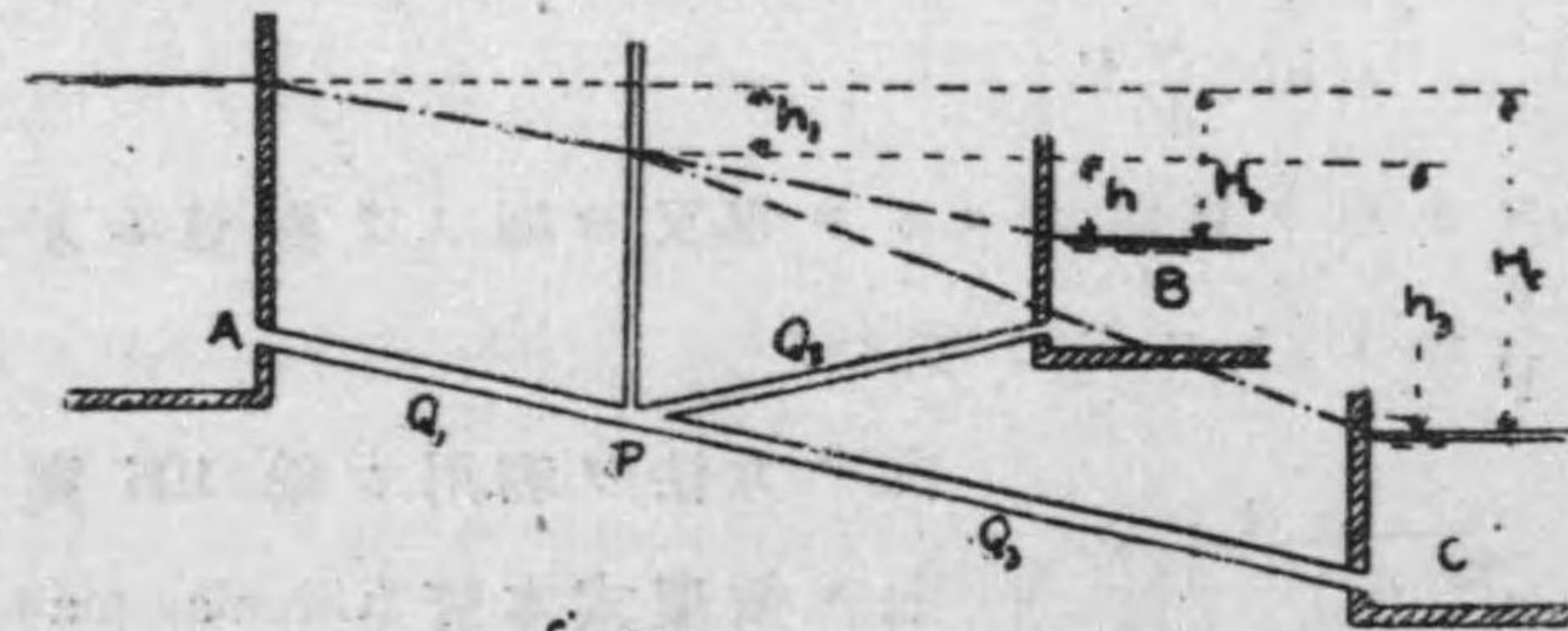


fig. 107

A, B, C 三池ノ水位管徑管長ヲ知リテ流量ヲ計算センニ先ツ初メ Q_1 ヲ假定シ

$$h_1 = f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{f}{40} \cdot \frac{l}{d^5} \cdot Q^2$$

ヨリ h_1 ヲ求メ $H_0 - h_1 = h_2$ ヲ知リ

$$h_2 = f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{f}{40} \cdot \frac{l}{d^5} \cdot Q^2$$

ヨリ逆ニ Q_2 ヲ求メ $H_0 - h_1 = h_3$ ヲ同様ニ Q_3 ヲ求メ $Q_2 + Q_3 = Q_1$ ガ假定セシ Q_1 = 等シキ場合ニ至リテ求ムル流量トス

本解法ハ又タ

$$\begin{cases} H_0 = h_1 + h_2 \\ H_0 = h_1 + h_3 \\ d_1^5 v_1 = d_2^5 v_2 + d_3^5 v_3 \end{cases}$$

ナル 3 等式ヨリ V_1, V_2, V_3 ヲ見出スコトヲ得(土木學會誌第三卷五號参照).

13). Water main in town (町ニ於ケル給水本管)

都市給水管ノ設計ハ將來給水人口消火用水等ヲ充分送り得ルノミナラズ何レノ部分ニ於テモ消火ニ必要ナル水頭ヲ有セザル可カラズ爲メニ其ノ設計ハ頗ル繁雜ナルヲ免ガレズ今其ノ幹線ニ就キ極

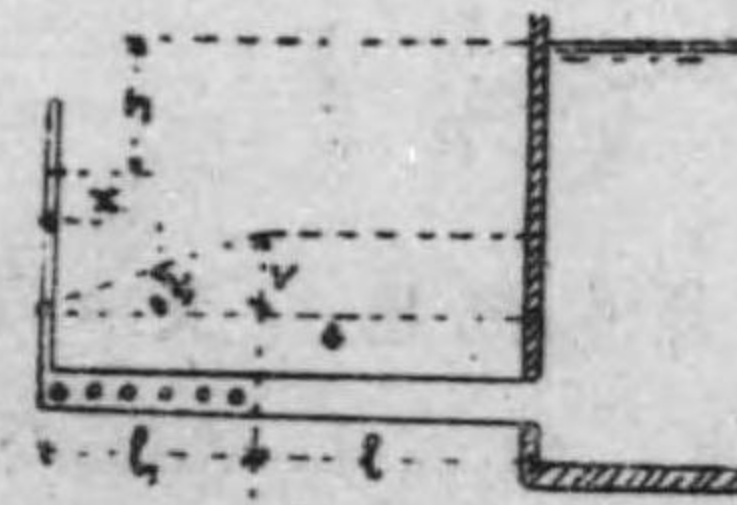


fig. 108

メテ概略的ニ此レヲ研究センニ貯水池ヲ出テ後ノ部分ハ細管ヲ取付ケザル部分ニシテ l_1 ノ部分ハ長サニ對シ同一度ニ分水セルモノ

トシ Velocity ハ末端ニ至ルニ從ヒ減小シ末端ニ於テ零ナリトス l_1 ノ部分ニ於ケル Lost head ヲ考フル

爲メ微小長 dx = 對スル Lost head dh_1 = 於テ

$$dh_1 = f \cdot \frac{dx}{d} \cdot \frac{v_1^2}{2g}$$

又第 108 圖ヨリ

$$v_1 = v \frac{x}{l_1} \text{ ナルニヨリ } dh_1 = f \cdot \frac{x^2}{d \cdot l_1^2} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot dx.$$

故ニ積分シテ $h_1 = f \cdot \frac{l_1}{3d} \cdot \frac{v^2}{2g}$

又タ l 間ニ於ケル Lost head ハ $f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$ ナル故ニ

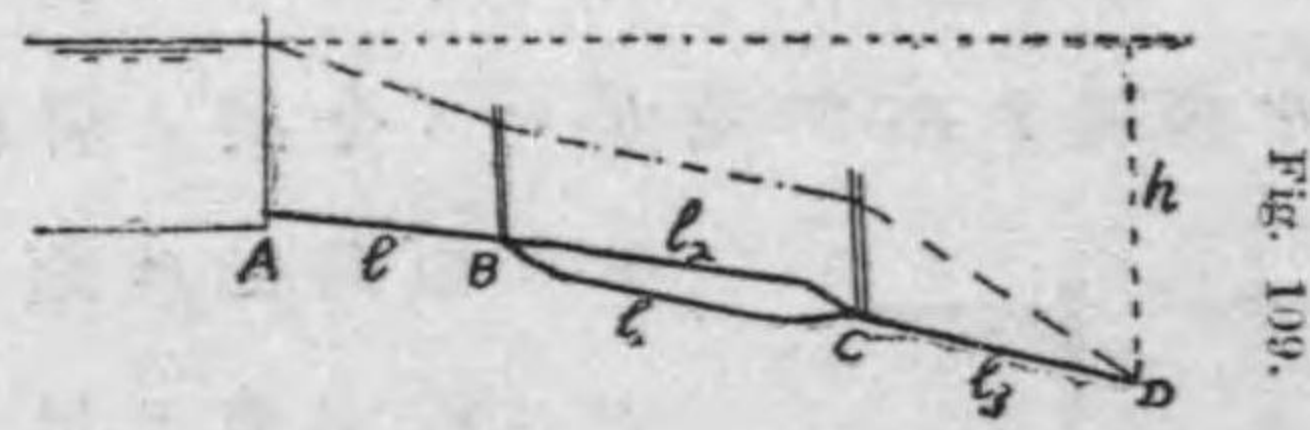
$$h = f \cdot \frac{l_1}{3d} \cdot \frac{v^2}{2g} + f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = f \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \left(\frac{l_1}{3} + l \right).$$

又タハ $h = \frac{f}{40} \cdot \frac{Q^2}{d^5} \left(\frac{l_1}{3} + l \right)$

$$d = \left(\frac{f}{40} \cdot \frac{Q^2}{h} \left(\frac{l_1}{3} + l \right) \right)^{\frac{1}{5}}$$

ヨリ直徑ヲ求ムルコトヲ得

14). Discharge in Diverging mains. (迂回本管内ノ流量)



アル Reservoir A ヨリ AB 間ハ徑 d 流速 v . 又タ B ヨリ二本ニ分レ一本ハ徑 d_1 流速 v_1 他ハ d_2, v_2 ニシテ C = 於テ相合シ CD 間ハ徑 d_3 流速 v_3 トシ且ツ A B 間ノ距離 l . BC 間ハ一方ハ l_1 他ハ l_2 . CD 間ハ l_3 トス今是等ノ管ヲ通ツテ生ズル h ト各流速トノ關

係ヲ研究センニ先ツ BC 間ノ lost head ハ何レノ main

ニヨルモ同一ナルヲ以テ

$$f_1 \frac{l_1}{d_1} \frac{v_1^2}{2g} = f_2 \frac{l_2}{d_2} \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\sqrt{f_1 \frac{l_1}{d_1}} v_1 = \sqrt{f_2 \frac{l_2}{d_2}} v_2$$

$$\sqrt{f_1 \frac{l_1}{d_1}} = a_1 ; \sqrt{f_2 \frac{l_2}{d_2}} = a_2 \text{ トセバ}$$

$$a_1 v_1 = a_2 v_2$$

又タ $d_3^2 v_3 = d^2 v$

且ツ $d_1^2 v_1 + d_2^2 v_2 = d^2 v$

ナルニヨリ以上三式ヲ解キテ

$$v_1 = \frac{a_2 d^2}{a_2 d_1^2 + a_1 d_2^2} v ; v_2 = \frac{a_1 d^2}{a_2 d_1^2 + a_1 d_2^2} v ;$$

$$v_3 = \frac{d^2}{d_3^2} v.$$

而シテ第 109 圖ヨリ

$$h = f \cdot \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} + f_1 \frac{l_1}{d_1} \frac{v_1^2}{2g} + f_2 \frac{l_2}{d_2} \frac{v_2^2}{2g} \text{ ナルヲ以テ}$$

v_1, v_2, v_3 ノ値ヲ v ヲ以テ表ハシ h ト v トノ關係式ヲ

得

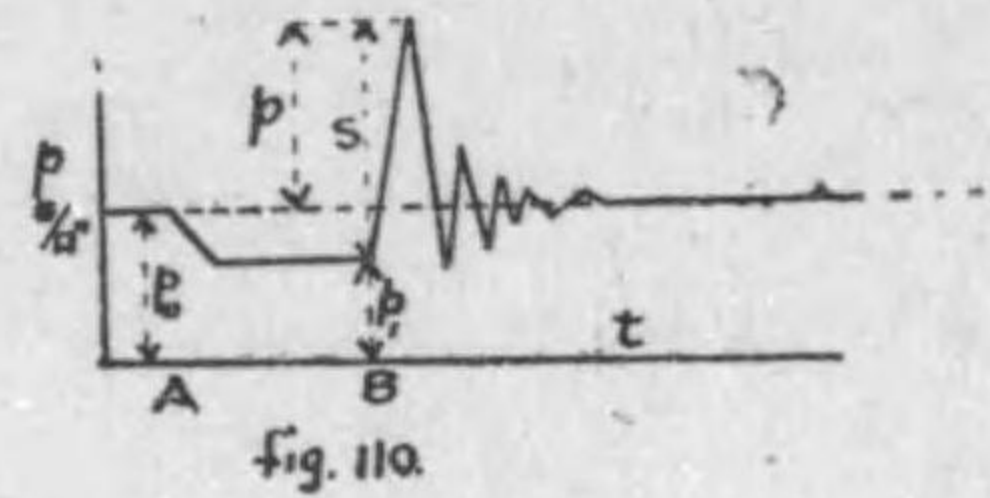
$$\text{即チ } 2gh = \left\{ f \cdot \frac{l}{d} + f_1 \frac{l_1}{d_1} \left(\frac{a_1 d^2}{a_2 d_1^2 + a_1 d_2^2} \right)^2 + f_2 \frac{l_2}{d_2} \left(\frac{a_2 d^2}{a_2 d_1^2 + a_1 d_2^2} \right)^2 + f_3 \frac{l_3}{d_3} \left(\frac{d}{d_3} \right)^4 \right\} v^2$$

ヨリ h 又ハ v ヲ求ムルコトヲ得

15). Water hammer in pipes. (管ノ水衝作用)

Pipe 内ヲ水ガアル流速ニテ流ル、場合辨扉ヲ以テ瞬間ニ閉ス時ハ扉ノ上流ハ流水ニヨリ動壓ヲ受クメク其ノ閉扉時間ガ急激ナル

程其ノ壓力モ大ニシテ著シク靜水壓ヲ超過スルモノナリカ、ル作用ヲ Water hammer 又タハ Water ram 云フ



上圖ヲ水道鐵管ノアル制水扉ノ上流ニ付シタル水壓計ノ指示壓力ナリトス始メ扉ノ閉サレシ間ハ gage ハ static head (靜水壓) P_0 ナ保チ A ナル時ニ於テ扉ヲ開キタリトセバ P_0 ノ一部分ハ Velocity head 及 loss head ニ變シテ指示壓ハ P_1 #/0" ニ下ルベシ次ニ B ニ於テ之レヲ閉扉セバ Water hammer ノ作用ニヨリ急ニ S #/0" ノ増加ヲ來シ靜水壓上 P ナル壓力ニ達シ漸次時ヲ經ルニ從ニ Oscillation ノ後 P_0 ナル靜水壓ニ歸スルモノナリ從ツテ鐵管ノ厚サヲ定ムル場合ハ此ノ壓力ヲ考ヘ $P_0 + P$ ナ以テ設計ノ標準トセザル可カラズ

今管ノ斷面積ヲ a トシ長サヲ l トシ E ナ水ノ彈性係數トス

水ノ有セシ Kinetic energy = $w a l v^2 / 2g$.

又此水ニ零ヨリ S 迄ノ壓力ヲ加ヘ $\frac{S}{E}$ ナル容積變化ヲ起サシメシ energy ハ $\frac{s^2 a l}{2 E}$ ニシテ Kinetic energy ト相等シカルベキ故ニ

$$w a l v^2 / 2g = s^2 a l / 2E$$

$$s = \sqrt{\frac{E w v}{g}}$$

但シ水中ニ音ノ傳播スル速力ハ一秒時約 4670 呎ニシテ扉ヲ閉ス時間ハ $l/4670$ 時間ノ二倍即チ傳播ノ上流ニ傳リテ更ニ返リ扉ニ作用スルニ要スル時間ヨリ小ナラザレバ上記ノ式ハ成立セズ

仍テ $2l/4670$ 時間内ニ閉シタルモノト考ヘ

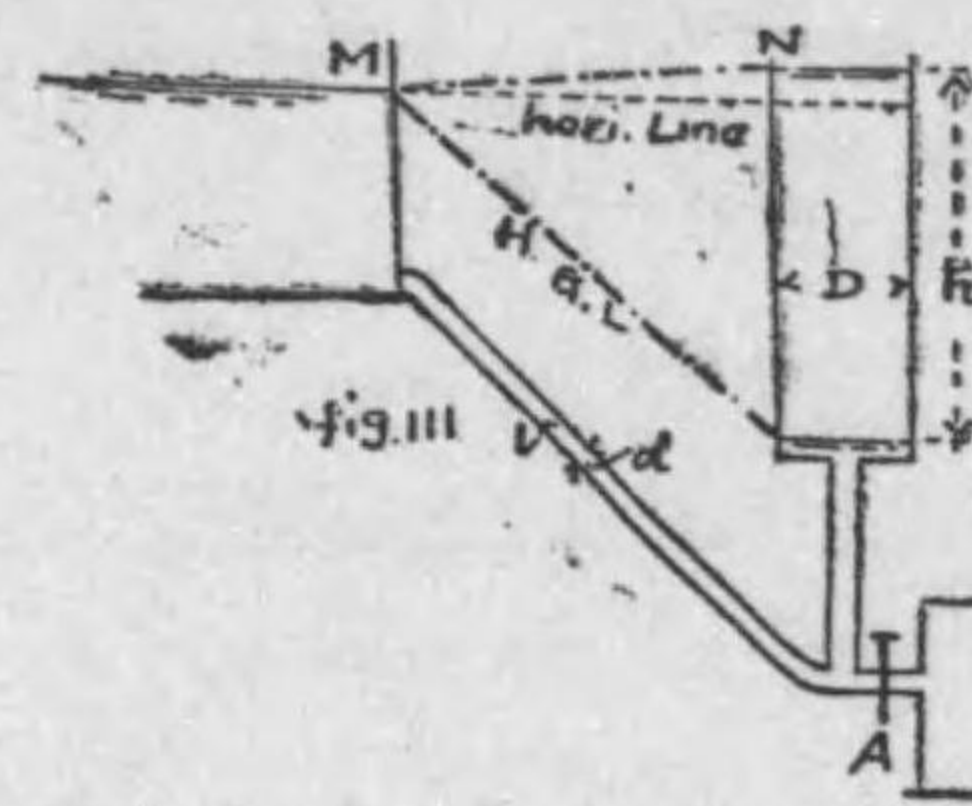
$$E = 294,000 \text{ #/sq.inch} \quad w = \frac{62.4}{144} \text{ #/sq. inch}$$

$$g = 32.2 \text{ ft./sec}^2$$

トセバ

$$s = 63. v$$

故ニ水衝ニヨル水壓 $p = s + p_1 - p_0 = 63. v + p_1 - p_0$ カリニ $p_1 = 0$ $v = 3 \text{ ft./sec.}$ $p_0 = 89$ トセバ $p = 100$ ニシテ普通水道鐵管ノ厚サヲ決定スルニ採用セル水衝力ナリトス



制水扉ノ上流ニ Surge tank ナ設クル時ハ仕事ノ能率ヲ高メ pipe ニカ、ル壓力ヲ減少スルコトヲ得此ノ場合ニ於ケル tank 内ノ水位ハ次ノ如クシテ定ム

水ノ有セシ Kinetic energy = $w a l v^2 / 2g$ 閉扉シタル時

此 surge tank 内ニ水ガ h ヨリ h マテ上リタリトセバ其ノ energy ハ $\frac{1}{2} w A h^2$ ナリ但シ A ハ tank ノ斷面之レヲ上式ノ Kinetic energy ト equate シ

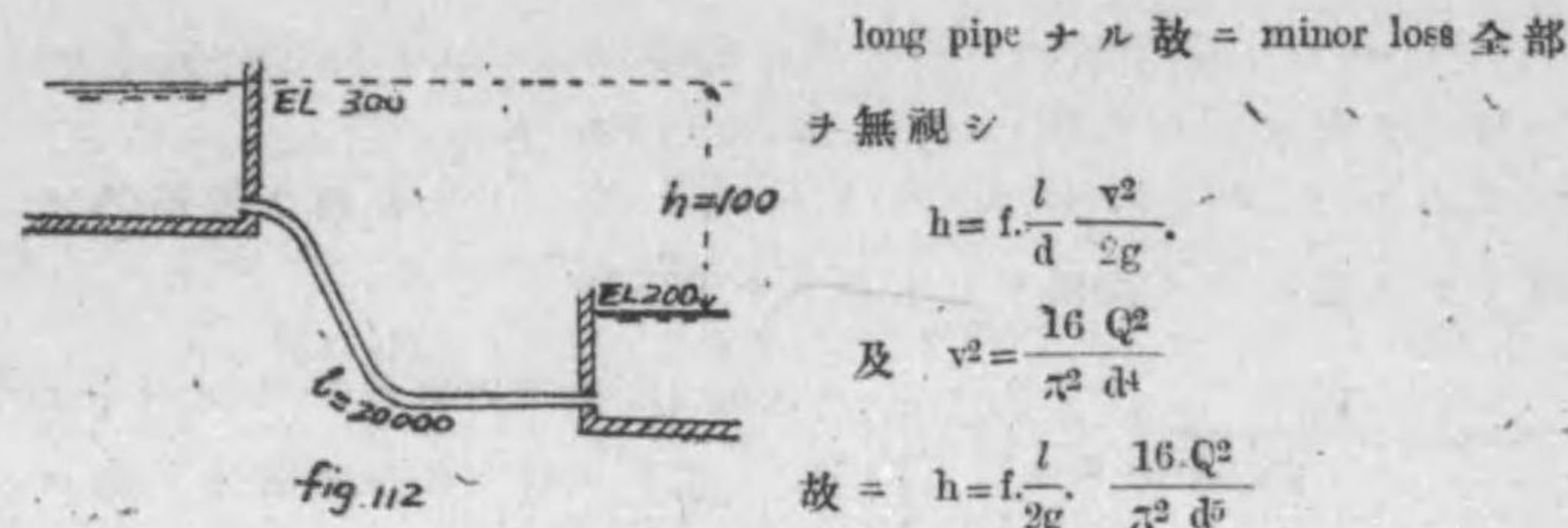
$$h = v \sqrt{a l / A g} \quad \text{又タハ} \quad h = v \frac{d}{D} \sqrt{\frac{l}{g}}$$

但シ本式ハ尙他ニ friction ナ考ニ入ル、ヲ要スベク事實ニ於テハ頗ル複雑ナルモノナリ頂上ヲ無蓋ニシ over flow スル如クシタルモノ又タハ M ヨリモ高クシタルモノヲ普通 surge tank ト云ヒ地形上カ、ル高キモノヲ設ケ又タハ溢流セシメ得ザルモノハ頂上ニ蓋ヲ施シ所謂 Differential surge tank ノ形トス

(Trans. of Am. So. of. C. E. 1915. 參照)

16). Illustrative examples. (例題)

1). 甲池水面標高 300 呎ニシテ乙池標高 200 呎ナル 20000 呎ノ距離ニ設ケラレタルニ池アリ今此ノ間ニ 4 立方呎毎秒ノ流量ヲ通サンニハ何程ノ大サノ鑄鐵管ヲ要スルヤ但シ管ハ古キ incrust シタル場合ヲ考フルモノトス



long pipe ナル 故 = minor loss 全部

ヲ無視シ

$$h = f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{及 } v^2 = \frac{16 Q^2}{\pi^2 d^4}$$

$$\text{故 } h = f \cdot \frac{l}{2g} \cdot \frac{16 Q^2}{\pi^2 d^5}$$

約 $h \doteq \frac{f}{40} \cdot \frac{l}{d^5} \cdot Q^2$ トシテ差支ナシ

故 = $Q \doteq \left(\frac{40 \cdot d^5 \cdot h}{f \cdot l} \right)^{\frac{1}{2}}$

又々ハ $d \doteq \left(\frac{f}{40} \cdot \frac{l}{h} \cdot Q^2 \right)^{\frac{1}{5}}$

以上公式ニ於テ各適當ニ數値ヲ代入シ試算ニヨリテ d ナ求ムルカ又々ハ最後ノ式ニ於テ $\frac{1}{5}$ 乗根ノ表ニヨリ又々ハ對數表ヨリ d ナ求ムルモ可ナリ

今 $f=0.04$ $l=20000$ $h=100$ $Q=4.0$ トセバ

$$d = \left(\frac{0.04}{40} \cdot \frac{20000}{100} \cdot 4^2 \right)^{\frac{1}{5}} = (3.2)^{\frac{1}{5}} = 1.26 = 15\% .1$$

安全ノ爲メ 16 吋ヲ使用ス而シテ f ナ Darcy 氏式ニヨレバ

$$f = 0.04 + \frac{0.04}{12d} = 0.0425$$

故 = $d = \left(3.2 \times \frac{0.0425}{0.04} \right)^{\frac{1}{5}} = (3.39)^{\frac{1}{5}} = 1.27 = 15\% .24$

即チ 16 吋ノ徑ヲ有スル管ヲ用ヒバ安全ナリトス。大略目論見ノ便宜トシテ管徑ト其ノ五乗ヲ示セバ次ノ如シ

d.(呎)	d ⁵	d.(呎)	d ⁵	d.(呎)	d ⁵
.40	0.01024	1.20	2.48832	2.50	97.6562
.50	.03125	1.40	5.37824	2.60	118.814
.60	.07776	1.50	7.59375	2.80	172.104
.70	.16807	1.60	10.4858	3.00	243.
.80	.32768	1.80	18.8957	3.50	525.219
.90	.59049	2.00	32.	4.00	1024.

1.00	1.	2.20	51.5363	4.50	1845.28
		2.40	79.5262	5.00	3125.

2). 直徑 3 呎長 600 呎鈴形入口ヲ有シ流量 71 立方呎毎秒ナル新鑄鐵管ノ Syphon アリ其ノ上下流ニ於ケル水位ノ差如何.

Short pipe ノ式ヲ用ヒ

$$h = \left(1 + f \cdot \frac{l}{d} + k_2 + k_4 \right) \frac{v^2}{2g}$$

一般ニ k_4 ハ無視スルモ差支ナキ故ニ

$$h = \left(1 + f \cdot \frac{l}{d} + k_2 \right) \frac{v^2}{2g}$$

入口ハ鈴形即チ Bell mouth ナル故ニ $k_2 = 0.08$ 位ニ取リテ差支ナシ又々 f ハ Darcy 氏ノ式ニヨリ

$$f = 0.02 + \frac{0.02}{12d} = .02056$$

故ニ

$$h = \left(1.08 + .02056 \times \frac{600}{3} \right) \times \frac{10^2}{64.4} = 5.192 \times 1.55 = 8.05 \text{ 呎}$$

3). 流水断面 100 平方呎 Hydraulic radius 2.7 呎長サ 1390 呎ノ函形變渠 (box. Syphon) アリ上下流出入口ノ水位ノ差 3.0 呎ナル時流量如何.

$$h = \left(1 + f \cdot \frac{l}{4R} + k_2 \right) \frac{v^2}{2g}$$

ニシテ

$$h = 3.0, R = 2.7, l = 1390, k_2 = 0.50.$$

又々 f ハ Buckley 氏 pocket book ニヨリ

$$f = .00316 \left(1 + \frac{10}{2.7} \right) = .00327.$$

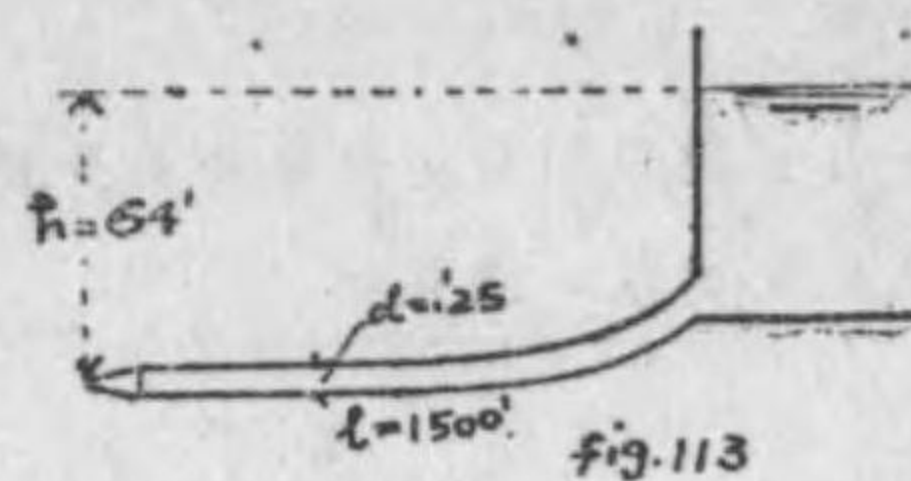
故ニ

$$v = 8.02 \sqrt{\frac{3}{1.50 + .00327 \times \frac{1390}{2.7}}} = 8. \text{ 呎/秒}$$

故ニ

$$Q = 100 \times 8 = 800 \text{ 立方呎/秒}$$

4). 水槽ヨリ導カレタル長サ 1500 呎徑 0.25 呎粗度係數 0.025 ナル



水管ニ於テ其ノ先端ト水槽水面トノ高差 64.0 呎ナル時管中ノ流速何程又々其ノ先端ニ徑 1 吋流速係數 0.98 ナル nozzle ナ附スル時管中ノ流速如何ニ變ズルヤ又

々 nozzle ナ出ズル流水ノ速度如何

今水管中ノ流速ヲ V トシ nozzle ナキ場合ヲ考フルニ

$$v = \sqrt{\frac{2gh}{1+k_2+f\frac{l}{d}}} = 8.02 \sqrt{\frac{64}{1.5+0.025 \times \frac{1500}{0.25}}} = 5.3 \text{ 呎/秒}$$

又々 nozzle ナ出ズル流水ノ速度ヲ V₁ トシ nozzle ナ附セシ場合ヲ考フルニ其ノ徑ヲ D トシ

$$h = \frac{v^2}{2g} + k_2 \frac{v^2}{2g} + f \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} + \left(\frac{1}{C_v^2} - 1\right) \frac{v_1^2}{2g}$$

又々 $v_1 = D^2 v$ ナル故ニ $V_1 = \left(\frac{d}{D}\right)^2 v$

之レヲ上式ニ代入シ

$$h = \left(k_2 + f \frac{l}{d} + \frac{d^4}{C_v^2 D^4}\right) \frac{v^2}{2g}$$

即チ $v = 8.02 \sqrt{\frac{h}{k_2 + f \frac{l}{d} + \frac{d^4}{C_v^2 D^4}}}$

但シ $\frac{d^4}{C_v^2 D^4} = \frac{0.25^4}{0.98^2 \times 0.9833^4} = 1.041 \times 81 = 84.321$

故ニ

$$v = 8.02 \sqrt{\frac{64}{0.5 + 1500 + 84.32}} = 4.2 \text{ 呎/秒}$$

即チ nozzle ナ付セザル場合ノ 4.2/5.3 = .79 約 80% = 相當セルヲ見ル

更ニ nozzle flow ノ流速ハ

$$V = \left(\frac{d}{D}\right)^2 v = 9 \times 4.2 = 37.9 \text{ 呎/秒}$$

又々流量ハ

$$Q = \frac{1}{4} \pi D^2 \times 37.9 = 0.206 \text{ 立方呎/秒}$$

水道ハ一般ニ火災ニ際シ多大ノ貢獻ヲナス如ク計畫スベキヲ通則トシ直接其ノ目的ヲ達スルモノハ消火栓ト水管及ビ nozzle ナリトス而シテ nozzle ヨリ出ヅル水ハ火災ニ對シ有効ナル距離ニ達スル壓力ヲ有スベク從ツテ消火栓ヲ設ケタル水道管ハ此ノ壓力ニ水管内ノ損失水頭ヲ加ヘタル壓力ヲ有セザル可カラズ水管内ノ損失水頭ニ就テハ量キニ記セシガ如ク又々 nozzle ノ手元即チ play pipe ニ於ケル實際水壓力ト消火水流ノ到達距離トノ關係ハ Freeman 氏ノ實驗ニヨレバ次表ノ如シ但シ nozzle ハ Smooth nozzle トス

nozzle	Play pipe ニ於ケル 水壓	流 量 立方呎/毎分	直上流到達距離(呎)		水平到達距離(呎) nozzle ノ方向ハ水平ト 30°-40°	
			最 遠 (無 風)	有 効 (僅有風)	最 遠 (無 風)	有 効 (無 風)
徑 1 吋 C = .974	20	132	43	35	77	37
	40	186	83	64	133	55
	60	228	117	79	167	67
	80	263	140	89	189	76
徑 1 ¼ 吋 C = .974	20	209	44	37	83	40
	40	296	86	67	148	63
	60	363	126	85	186	76
	80	419	150	95	213	85

5). 第 114 圖ノ如ク循環給水管ニ於テ A ヨリ 200 立方呎/分供給セラル、時若シ S 點ヲ開放セバ AS, AD, BS, 各線ヲ通ル流量及ビ A S 間ニ生ズル損失水頭如何又々管路中何レノ點ヲ開放セバ損失水頭最モ大ナルカ

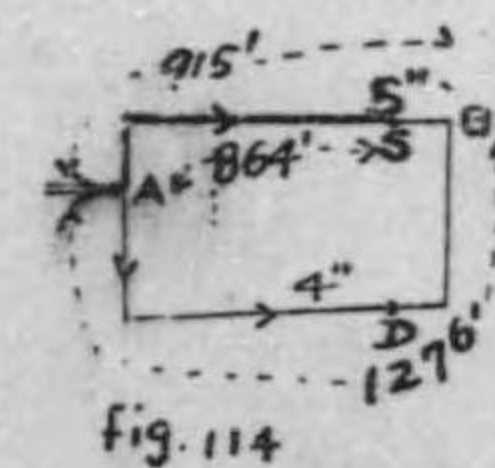


Fig. 114

今 friction factor ナ何レモ相等シト假定シ徑 4"ノ管ヲ標準トシテ 5" 管ノ等値長 (equivalent length) ナ見出サンニ

AS = 對スル 4" 管ノ (E.L.) = L₁ = $\left(\frac{D}{d}\right)^5 l = \left(\frac{4}{5}\right)^5 \times 864 = .32768 \times 864 = 283$

BSニ對スル4"管ノ(E.L.)=.32768×51=17'.

故ニ4"管ヲ標準トセバ

ASノ長サハ 283.=L₁

ADBS " 1276+17=1293'. =L₂

$$\text{故ニ } Q_1 = \frac{Q}{\sqrt{\frac{L_2}{L_1} + 1}} = \frac{200}{\sqrt{\frac{1293}{283} + 1}} = 136. \text{ 立方呎/分}$$

$$Q_2 = \frac{Q}{\sqrt{\frac{L_1}{L_2} + 1}} = \frac{200}{\sqrt{\frac{283}{1293} + 1}} = 64 \text{ 立方呎/分}$$

AS間ニ於ケル損失水頭ハ

$$h = f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{f \cdot l}{40} \cdot \frac{Q^2}{40^5} = \frac{136 \times 136 \times 0.02 \times 283}{40 \times 60 \times 60 \times \left(\frac{1}{3}\right)^5} = 176.6 \text{ 呎}$$

最も遠キ點即チ Q₁=Q₂ナル如キ點Dヲ求メントセバ先ヅABナル5"管ノ等値長ヲ求メ即チ L=.32768×915=300'.

即チ全線ヲ4"トセバ

$$\text{全長} = 300.0 + 1276. = 1576'.$$

故ニD點ハ $\frac{AD}{AB} = \frac{1576}{2} = 788 \text{ 呎}$ ニシテ其ノ損失水頭ハ

$$h = \frac{100 \times 100 \times 0.02 \times 788}{40 \times 60 \times 60 \times \left(\frac{1}{3}\right)^5} = 266 \text{ 呎}$$

Chapter. 8.

Flow in channels (渠流)

1) Definition (定義)

本章ニ於テ稱スル Channel flow トハ水面直接空氣ニ接シ其ノ有スル勾配ニ基ケル地球重力ノ作用ニヨリ運動ヲ連續セルモノニシテ水流自ラノ内壓力水面ニ於ケル空氣壓及ビ重力ノ外他ニ何等ノカヲ受ケザルモノトス從ツテ此ノ水流ガ例ヘバ河川ノ如ク自然的ニ形成セラレシ地表ヲ流ル、ト或ハ下水渠ノ如ク人工的ノ材料ヲ用ヒテ作レル水路内ヲ流ル、トヲ論セズ又タ其ノ形ガ不規則ナルト規則的ナルトノ別ナリ覆蓋ヲ有スルト有セザルトヲ論ゼザルナリ。

本章ニ關シ普通ニ用ヒラル、語ノ意義ヲ記センニ

1°. Channel (水路)一般ニ上記ノ如ク水面ニ水壓力ヲ有セザル水流ヲ運ベル水路ヲ總稱スルモノニシテ滿管流ノ下水管、運河、樋、及河川等皆包含ス時ニ覆蓋ヲ施シタル水路ヲ Closed channel 施サザルモノヲ Open channel ト分類スルコトアリ

2°. Conduit (水路)木材、石材、其他種々ナル masonry ヲ用ヒテ作リタル人工的水路ニシテ水面ニ水壓力

ナキ木、鐵管、下水管等ヲ總稱シ樋ノ如ク覆蓋ヲ有セザルト下水管ノ如ク覆蓋ヲ有スルトヲ論セズ。

3°. Ditches and canals (溝渠)一般ニ人工的護岸ヲ施サザル素堀リ又タハ極メテ粗造ナル工作ヲ施セル水路ヲ意味ス又タ Canal ハ別ニ船舶航行ノ運河ヲ稱スルコトアリ。

4°. Wetted perimeter and Hydraulic mean depth. (潤邊及動水半徑)此ノ意義ニ就テハ前章第一項ニ記セリ開



渠ニ於ケル Wetted perimeter ハ第 115 圖 p ニシテ普通横斷圖ニ於テ其ノ長サヲ辿リツ、計算スベキモノナレドモ今水面幅ヲ基トシテ表セバ

$$p = l + d \left(\frac{1}{\sin \theta} - \frac{1}{\tan \theta} \right) + d \left(\frac{1}{\sin \theta_1} - \frac{1}{\tan \theta_1} \right)$$

ニシテ θ 又ハ θ_1 ノ小ナル時ハ括弧内ハ殆ンド無視スルモ差支ナク特ニ自然河川ニ於テハ實地上 p ヲ正確ニスル能ハザル場合多ク大河ニ於テハ $p = l$ トシテ殆ンド差支ヲ生ズルコトナシ又タ θ ナル角度或ハ勾配ヨリ近似的ニ求メテ差支ナキ場合多シ第

116 圖ハ此ノ便宜ノ爲メニ作成セルモノニシテ横軸ハ θ ヲ角度及勾配ニテ示シ縦軸ハ是ニ對スル上

式括弧内ノ値ヲ表セルモノナリ即チ五割勾配ノ河岸ハ兩側ニ於テ $p = l + 0.2d$ 、十割ノ河岸ニ於テ $p = l +$

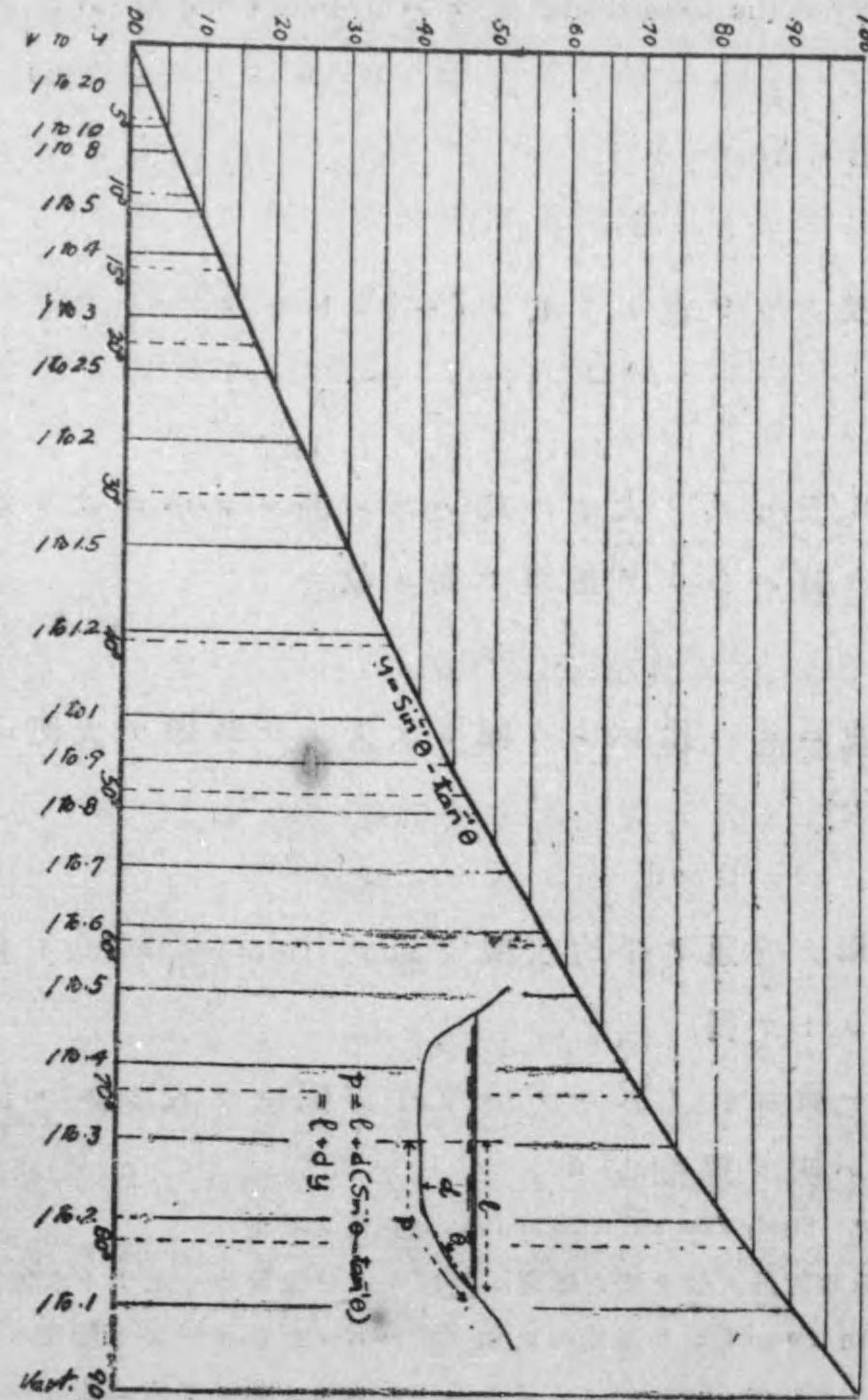


Fig. 116.

0.1d 而シテ d ハ l ニ比シ極メテ小ナル場合多ク 0.2 d ; 0.1 d 等ハ僅小ナル値ニ過ギザルヲ常トス

Hydraulic mean depth 又タハ Hydraulic radius ハ一般的ニ

$$R = A/p = \text{シテ}$$

$$A = ld - \frac{d^2}{2}(s+s_1)$$

又タ p ヲ表ヨリ求メ $l - kd$ トセバ

$$R = \frac{ld - \frac{d^2}{2}(s+s_1)}{l - kd} = \frac{1 - \frac{d}{2l}(s+s_1)}{1 - kd/l} d.$$

S 及ビ S_1 ノ大ナル時ハ K ハ極メテ小ニシテ水深淺キ時ハ K d ヲ無視シ得ル故ニ

$$R = \left\{ 1 - \frac{d}{2l}(s+s_1) \right\} d.$$

更ニ d ニ比シ l ノ極メテ大ナル時即チ大河ニ於テハ

$$R = d$$

即チ普通ノ平均水深ヲ以テ Hydraulic radius ト見做スコトヲ得

一般ニ p ヲ呎ニテ A ヲ平方呎ニテ表サル、故ニ R ハ呎ヲ單位トス

5°. Steady flow and uniform flow. (定流及正流)

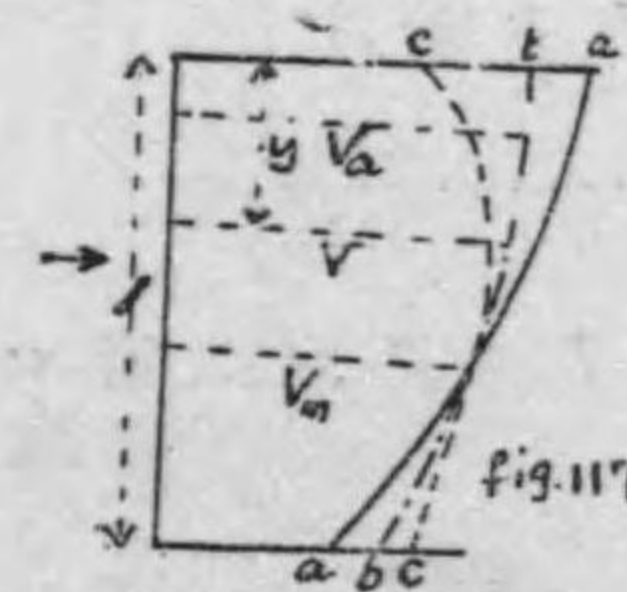
平水時河川ノ如ク或ル断面ニ於ケル水位流量等一定ナル水流ヲ Steady flow ト云ヒ高水時ノ如ク時々刻々水位流量等ヲ變化スルモノヲ unsteady flow ト云フ又タ人工的水路ノ如ク任意ニ撰ミシ數個

所ノ断面ニ於ケル水深平均流速等均一ナル Steady flow ヲ特ニ uniform flow ト云フコト曩ニ述ベタルガ如シ

2). Distribution of velocities. (流速ノ分布)

Channel flow ノ Velocity ガ或ル断面中ニ於テモ各点毎ニ相等シカラザルハ概モ pipe flow ノ場合ト同様ニシテ歸因スル所ハ勿論流水ト渠壁トノ摩擦及流水自ラノ内的摩擦等ニヨルモノニシテ從ツテ最大ノ流速ノ位置ハ渠壁渠底ヨリノ最遠点即チ中央水面ニ生ズベキ理ナレドモ事實ハ表面張力等ニ妨ゲレラテ多少水面下部ニ生ズルヲ常トス

或ル断面上ノ一垂直線内ニ於ケル流速ノ變化ヲ表セシモノヲ Vertical velocity curve (垂直流速曲線)ト



云ヒ此ノ Curve ハ水深渠壁ノ粗度等ノ影響ヲ受ケテ多クハ不整ナル形ヲ有レドモ大体ニ於テ第 117 圖 bb ノ如ク Parabola 曲線ヲ以テ表シ得ベキモノトス

此ノ Curve ニ對シ水面ニ於ケル風ノ及ボス影響ハ全圖 a-a ヲ以テ上流ヨリ吹ケル場合 c-c ヲ以テ下流ヨリ吹ケル場合ヲ示セル如ク平均流速 V_m ハ常ニ約不變ナリト考フルコトヲ得ルモノナリ

今 b-b 曲線ニ對シ

$$V = V_0 + My - Ny^2 \dots \dots \dots (1)$$

ナル Parabola 曲線ヲ以テ表ハサル、モノトシ水深ヲ
單位ニ取リ y ヲ其ノ割合ヲ以テ示シ此ノ深サニ於
ケル流速ヲ V トス M 及 N ハ此ノ曲線ニ對スル係數
ナリトシ V₀ ヲ表面流速トス

今最大流速ヲ V_a ヲ以テ表シ其ノ生ズル深サヲ求
メシニ

$$\frac{dv}{dy} = M - 2Ny = 0.$$

$$\text{故ニ } y = \frac{M}{2N} = m \dots \dots \dots (2)$$

又 V_a ハ (1) 式ヨリ $y = \frac{M}{2N}$ トシ

$$V_a = V_0 + \frac{M^2}{4N} \dots \dots \dots (3)$$

又タ Vertical Curve 内ニ於ケル平均流速ハ

$$\int_0^1 v dy = V_0 + \frac{M}{2} - \frac{N}{3} = V_m \dots \dots \dots (4)$$

(1) 式ヨリ平均流速ヲ生ズル深サヲ n ヲ以テ表セ

$$V_m = V_0 + Mn - Nn^2.$$

然ルニ (4) 式ヨリ

$$Mn - Nn^2 = \frac{M}{2} - \frac{N}{3}$$

(2) 式ヨリ $\frac{M}{N} = 2m$ ナルニヨリ

$$2mn - n^2 = m - \frac{1}{3}$$

又ハ

$$n = m + \sqrt{m^2 + \left(\frac{1}{3} - m\right)} \dots \dots \dots (5)$$

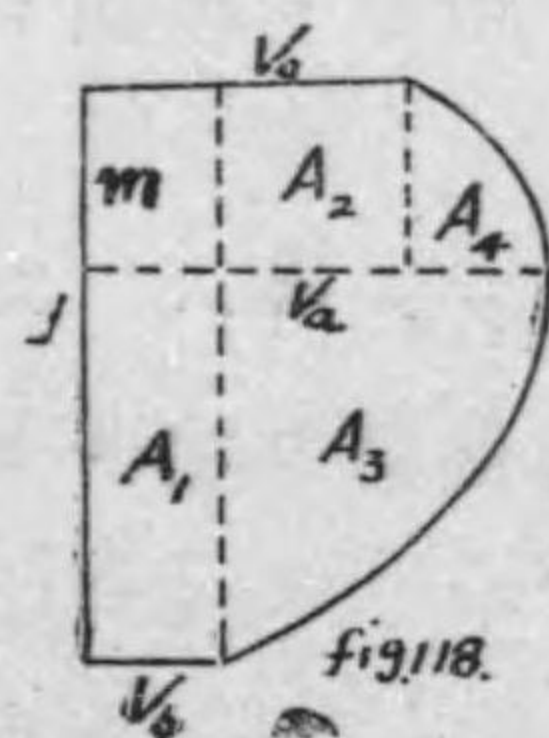
(5) 式 m 即チ最大流速ヲ生ズル深サノ割合ニ種々
ナル値ヲ入レ n 即チ平均流速ノ存スル深サノ割合
ヲ計算シタル結果

m=0.	0.1	0.2	0.3	$\frac{1}{3}$	0.4
n=0.577	.593	.616	.651	.667	.706

ニシテ m=0.3 以下ニ於テハ

$$n = \frac{1}{\sqrt{3}} + \frac{m}{5} = 0.577 + 0.2m$$

トスルモ大差ナシ



第 118 圖ハ Vertical velocity curve ヲ

示シ是レヨリ V_m ヲ求メシニ

$$V_m = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{d}$$

$$A_1 = V_0 d; A_2 = (V_0 - V_b)md.$$

$$; A_3 = \frac{2}{3}(1-m)d(V_a - V_b)$$

$$A_4 = \frac{2}{3}md(V_a - V_0)$$

$$V_m = \frac{V_0 d + (V_0 - V_b)md + \frac{2}{3}(1-m)d(V_a - V_b) + \frac{2}{3}md(V_a - V_0)}{d}$$

$$= \frac{1}{3} \{ (1-m)V_b + 2V_a + mV_0 \}$$

今或ル深サ y₁ ニ於ケル流速ヲ V₁ トシ y₂ ニ於ケル
モノヲ V₂ トシ V₁ V₂ トノ平均ヲ以テ V_m ヲ表ス如キ y₁
及ビ y₂ ヲ求メシニ (1) 式ヨリ