海軍機關學校

機關學教科書 水力機關（水力學）

生徒第三學年

大正七年四月

海軍機關學校長　船橋善彌

大正七年四月

本書ニ依リ機關學水力機關（水力學）ヲ修得スヘシ

第一版大正七年四月

發行年月

教官

海軍機關少佐　富井格

海軍機關少佐　尾形十郎

水力機關目次

水力機關

水力學

第一章

流體靜力學

一、總論、

流體ニ關スル學科ヲ分チテ二種トス、其ノ一ツハ流體靜力學 (Hydrostatics) ト謂ヒ、他ハ水力學 (Hydrodynamics (又ハ Hydraulics)) ト謂フ、流體靜力學ハ流體ノ靜止ノ狀態ニアル原理ヲ攻究スル學科ニシテ、水力學ハ流體ノ運動狀態、即チ管又ハ溝內ヲ流ル、液體ノ有樣或ハ、水ノ吹キ出シカ「タルビン」ノ動力トナル狀況等ヲ研究シ且ツ之ヲ實地ニ應用スルノ學ナリ、而シテ吾人ニ最モ必要ナルハ後者ナレトモ、之ヲ攻究スルニ當リ靜力學ニ關スル基礎智識ヲ要スルコト多キヲ以テ、先ツ本章ニ於テ流體靜力學ニ就キ其ノ一般ヲ述ヘントス、

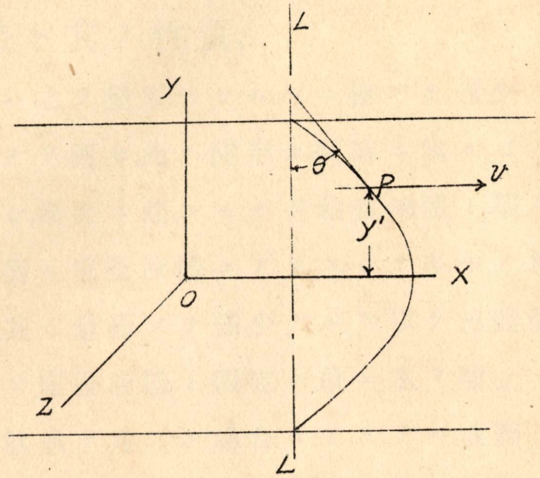
二、流體ト其ノ性質、

流體トハ之ヲ變形セシムルニ極メテ僅少ノ抵抗ヲ有スルモノヲ謂ヒ、此ノ變形カ瞬時ニ起ルモノヲ完全流體ト稱シ、漸次ニ起ルモノヲ粘質流體ト稱ス、

水ハ絕對ニ完全液體ニアラスシテ多少ノ粘著性ヲ有スルモ、其ノ量極メテ僅少ナルヲ以テ流體靜力學ニ於テハ之ヲ完全液體ト假定ス、故ニ水ノ靜止セルトキ、其ノ釣合狀態ヲ考フル場合ニアリテハ、液體內ノ如何ナル面モ接線內力ナク單ニ法線內力ノミ働クモノト考フルコトヲ得、

三、液體ノ粘著性、

天然界ニ存在スル流體ハ一ツモ完全ナルモノナシ、故ニ流體カ運動ヲナスニ當リテハ其ノ流體中ノ相隣接セル二層ノ滑リニ基ク摩擦ニ極似セル抵抗ヲ生ス、之ヲ液體ノ粘著性ト謂フ、而シテ此ノ粘著性ハ、即チ剪斷ノ抵抗ニシテ其ノ度ハ剪斷ノ起ル速度ニ比例ス即チ第1圖ニ示ス如ク、流水中ノ一點 O ニ於テ $OX\ OY\ OZ$ ノ直角坐標軸線ヲ取リ、f_s ヲ以テ隣接セル二層間ノ比較速度ニ依ル、X 軸方向ノ剪斷內力トシ、又 V ヲ以テ XOZ 軸面ヨリ Y ノ距離ニアル任意ノ點 P ノ速度



第一図

トスルトキハP點ニ於テハ

$$f_s \propto \frac{dv}{dy}$$

$$= H\frac{dv}{2g} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

ニシテ今YOZ軸面ニ平行ナルLL面ヲ基準面トシ、流水ノ速度曲線ヲ畫ケハ、此ノ曲線上ノ一點ニ引ケル接線ト基準面トノナス角θノ正切ハ、其ノ點ノf_sヲ現ハスモノナリ、而シテ此ノμヲ粘著係數ト稱シ、流體ノ種類及ヒ溫度ニ依リ其ノ値ヲ異ニス、

四、液體ノ壓縮性、

液體ニ壓力ヲ加フレハ其ノ體積ヲ縮少ス、而シテ其

ノ內力對歪ノ關係ハ「フック」法則ヲ適用シ得ルモノニシテ、今

V＝壓力P听/□′ニ於ケル液體ノ體積（立方呎）

$V-\delta V$＝壓力$(P+\delta P)$听/□′ニ於ケル液體ノ體積（立方呎）

K＝液體ノ體彈性率（听/□′）

トスレハ

$$K=-\frac{\delta P}{\frac{\delta V}{V}}$$

$$=-V\frac{dP}{dV} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

ニシテ、Kハ溫度ニヨリ多少其ノ值ヲ異ニス、即チ次ノ如シ、

水	32° F.	42,000,000 听/□′
	65° F.	45,000,000 „
	128° F.	48,000,000 „
	140° F.	51,200,000
	212° F.	46,000,000
海水		52,900,000 „
油		44,000,000 „

(2)式ニヨルトキハ水ハ非常ニ大ナル壓力ヲ加フルモ其ノ體積ノ收縮極メテ小ニシテ、即チ 3000 听/□″ ノ壓力ハ克ク原容積ノ 1% ヲ壓縮スルニ過ズ、故ニ特種ノ場合ノ外之ヲ無視スルヲ例トス、

五、水ノ重量、

水ハ壓力及ヒ溫度ノ變化ニ伴フテ其ノ密度ヲ異ニシ隨テ重量ニ變化ヲ來タス、今壓力ニヨル密度ノ變化ヲ計算センニ

$v=$水一听ノ體積（立方呎）

$w=$水一立方呎ノ重量（听）

トスレハ

$$w=\frac{1}{v}$$

ニシテ

$$\frac{dw}{dv}=-\frac{1}{v^2}$$

又

$$\frac{dP}{dv}=\frac{dP}{dw}\cdot\frac{dw}{dv}$$

$$=-w^2\frac{dP}{dw}$$

故ニ(2)式ハ

$$K=-\frac{1}{w}\left(-w^2\frac{dP}{dw}\right)$$

$$=w\frac{dP}{dw}$$

$$\therefore \quad w=w_\circ e^{\frac{P-P_\circ}{K}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

但シ$w_\circ$.$P_\circ$ハ水ノ普通狀態ニ於ケルwPノ値ナリ、eノ冪數微小ナルトキハ

$$w=w_\circ\left(1+\frac{P-P_\circ}{K}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(3')$$

ヲ得、

又溫度ニヨル密度ノ變化ハ、次ニ示ス「ランキン」氏ノ略近公式ヲ用フルヲ便トス、即チ

$$w=\frac{124{\cdot}85}{\frac{t+461}{500}+\frac{500}{t+461}} \cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

本項ニ於テモ其ノ影響大ナラサルヲ以テ特種ノ場合ノ外之ヲ省略シ、一立方呎ノ重量ヲ62·4听ヲ以テ計算ス、

六、液體壓力ノ强サ、

液體內ノ一點ニ於ケル壓力ノ强サトハ、其ノ點ニ於ケル壓力ヲ單位面積上ニ計リタル總量ヲ謂フ、

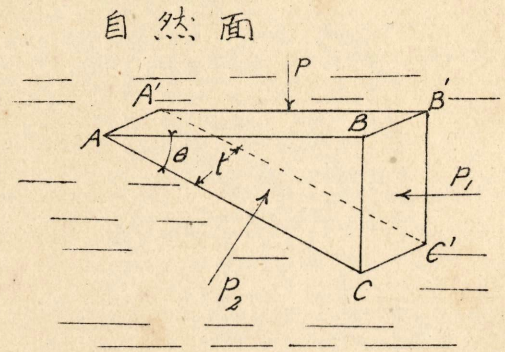
若シ微小面積 dA 上ニ於ケル壓力カ dP ナラハ壓力ノ强サ P ハ

$$P=\frac{dP}{dA} \cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

七、液體壓力ノ性質、

(1) 液體內ノ一點ニ於ケル壓力ノ强サハ、何レノ方向ニモ同一ナリ、

液體カ靜止セル場合ニアリテハ、液體內ノ任意一平面ニハ接線內力ナク、單ニ法線內力ノミナルヲ以テ、第2圖ニ示スガ如ク液體內ニ微小直角三角形體 ABC ヲ想像シ、其ノ釣合ヲ考フレハ



第二図

$$p_2 \times t \times AC\cos\theta = p_1 \times t \times AB$$

$$p2 \times t \times AC\sin\theta = p_1 \times t \times BC$$

ヲ得、然ルニ

$$AB = AC\cos\theta,\ BC = AC\sin\theta$$

ナルヲ以テ

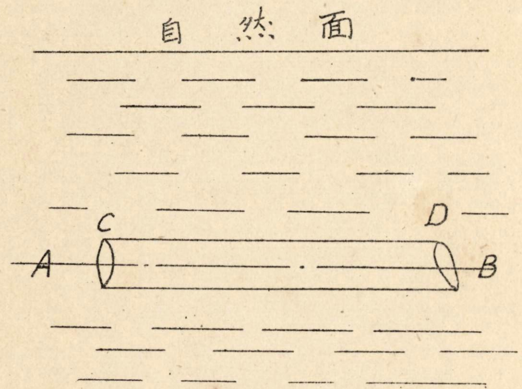
$$p = p_1 = p_2$$

トナル、即チ θ ノ如何ニ關セズ壓力ハ同一ナリ、

(2) 同一水平面ニ於ケル壓力ノ強サハ一定ナリ、

靜止セル液體中同一水平面上ニ任意ノ二點 AB ヲ連結シ、之ヲ軸トシテ平等ナル太サノ液體柱 CD ヲ假想セハ、柱軸ニ沿ヒ接線內力ナキヲ以テ獨リ水柱ノ兩端面 CD ニ於ケル壓力ニヨリ釣合ヲ保ツヘシ、而シテ此ノ兩端ノ面積ハ相等シキヲ以テ壓力ノ強サハ相等

シカルヘシ、即チ同一水平面内ニ於ケル壓力ノ強サハ一定ナリ、



第三図

八、水嵩(Head)及ヒ壓力、

水嵩トハ一基準面ニ對シ水ノ有スル高低ノ差ヲ謂フ、今

h......a點ニ於ケル水嵩(呎)

A......a點ニ於ケル水柱abノ横斷面積(平方呎)

P......a點ニ於ケル壓力(听/□′)

p......a點ニ於ケル壓力(听/□″)

トスレハ

$$PA = Ahw$$

ニシテ

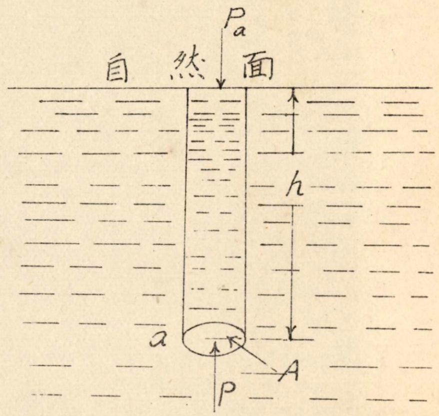
$$p = hw \qquad \text{(6)}$$

$$= 62.42h$$ 听/□′

或ハ

$$p=\frac{62{\cdot}42}{144}h\,\text{听}/\square'' \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6')$$

ナリ、流體靜力學又ハ水力學ニ於テハ液體內ニ於ケル一點ノ壓力ヲ單位面積ニ於ケル重量ニテ示ス代リニ、液體ノ嵩ニテ計ルヲ便トスルコト多シ、即チ(6)式ヨリ



第四図

$$h=\frac{P}{w} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

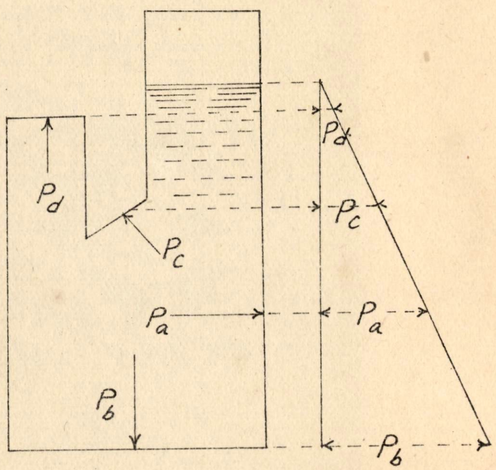
ヲ得此ノ $\frac{P}{w}$ ヲ壓力ノ嵩 Pressure head ト謂フ水ノ場合ニアリテハ

$$h=\frac{P}{62{\cdot}42}={\cdot}0160\,p\,\text{呎}$$
$$=2{\cdot}307\,p\,\text{呎}$$

ニシテ、壓力1听/□″ハ丁度水柱ノ2·307呎ニ相當ス、此ノ理ヲ應用シ管又ハ容器中ニ於ケル壓力ヲ計測スル裝置ヲ液柱計ト謂フ、

通常大氣壓力ハ14·7听/□″ナルヲ以テ之ヲ水嵩ニテ示セハ33·9呎ナリ、

以上ヲ綜合スルトキハ、液體ノ一點ニ於ケル壓力ハ液體容器ノ形狀ニ關係ナク、只自然面ヨリノ深度ニ比例スルコトヲ知ル、即チ第5圖ノ如キ容器內ニ於ケル自然面下ノ任意一點ニ於ケル壓力ハ、右側ニ於ケル三



第五図

形角ノ水平幅ヲ以テ示スコトヲ得ヘシ、

九、浸水面上ノ總計壓力及ヒ其ノ中心、

(1) 總計壓力、

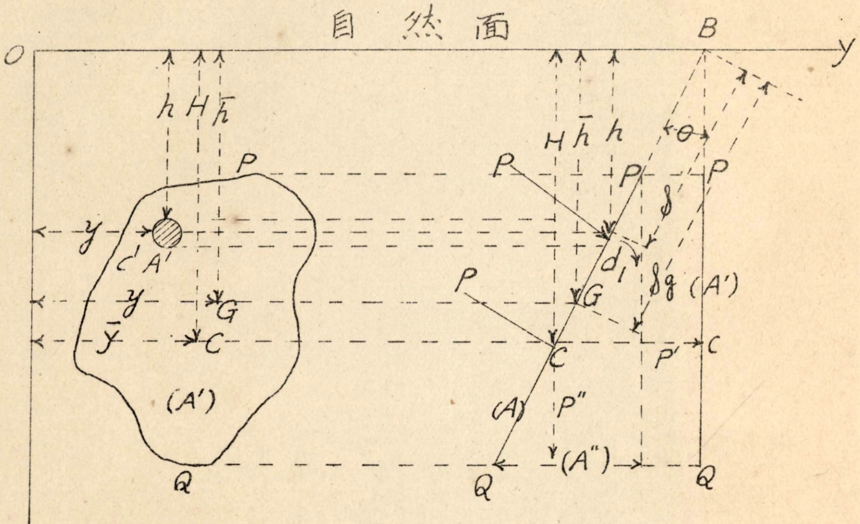
今第6圖ニ於テ、傾斜平面 PQ カ垂直面ト θ ナル角度ヲナシ、平面ト自然面トノ交線ヲ B トシ、圖心 G ハ自然面ヨリ $\bar{h}$、壓力ノ中心 C ハ自然面ヨリ H、ノ深サニアリトスレハ、微小面積 dA 上ノ壓力ハ

$$p = whdA$$

故ニ總計壓力ハ

$$P = \int_{(A)} whdA = w\bar{h}A \quad \text{......................} \quad (8)$$

或ハ
$$\left.\begin{array}{l} P' = w\bar{h}A' \\ P'' = w\bar{h}A'' \end{array}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (8')$$



第六図

即チ總計壓力ハ浸水面重心點ノ深サ、及ヒ其ノ全面積並ニ水ノ單位容積ノ重量ヲ、相乘シタルモノナルコトヲ知ル、又該面ニ働ク平均壓力ヲ P_m トスレハ

$$P_m A = P = wA\bar{h}$$

$$\therefore \quad P_m = w\bar{h} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (9)$$

玆ニ $w\bar{h}$ ハ、深度 $\bar{h}$ ニ於ケル單位面積ノ壓力ナリ、故ニ平均壓力ハ浸水面ノ重心點壓力ニ等シ、

(2) 壓力ノ中心、

第6圖ニ於テ浸水セル物體ヲ PQ トシ、直角坐標軸 OH, OY ヨリ b, y ノ距離ニアル一點ニ微小面積 dA ヲ取

リ、此ノ hy 點ニ於ケル接面カ HOY 面トナス角ヲ θ トス然レハ此ノ dA 上ノ壓力ハ pdA ニシテ之ヲ OH, OY ノ軸線ニ就テ能率ヲ取レハ

$$\begin{cases} H\int_{(A)} dA \times p\cos\theta = \int_{(A)} hdAp\cos\theta \\ Y\int_{(A)} dA \times p\cos\theta = \int_{(A)} y.dA.p\cos\theta \end{cases}$$

故ニ

$$\begin{cases} H\int_{(A)} dA.wh\cos\theta = \int_{(A)} hdA.wh\cos\theta \\ Y\int_{(A)} dA.wh\cos\theta = \int_{(A)} y.dA.wh\cos\theta \end{cases}$$

$dA\cos\theta$ ハ dA ノ HOY 面上ニ於ケル投射面ナリ、之ヲ dA' トシ、$\bar{h}\bar{y}$ ヲ物體 PQ ノ HOY 面上ノ投射面 A' ノ重心點トスレハ

$$Hw\int_{(A)'} hdA' = w\int_{(A)'} dA'h^2$$

$$Hw\bar{h}A' = w\int_{(A)'} dA'h^2$$

$$H = \frac{\int_{(A)'} dA'h^2}{\bar{h}A'}$$

$$= \frac{I_B'}{A'\bar{h}} \qquad \text{(10)}$$

同様ニ

$$Yw\bar{h}A' = w\int dA'hy$$

$$\therefore \quad Y = \frac{\int_{(A)'} dA'hy}{\bar{h}A'} \qquad \text{(11)}$$

是ニヨリ、任意曲面ノ壓力中心ノ標坐ハ其ノ投射面ノ

壓力中心坐標ト同一ナルコトヲ知ル、

若シ物體 PQ ガ平面ナレハ

$$H=\frac{\cos^2\theta\, I_B}{A\bar{h}} \qquad (10')$$

$$Y=\frac{\int_{(A)} dAhy}{A\bar{h}} \qquad (11')$$

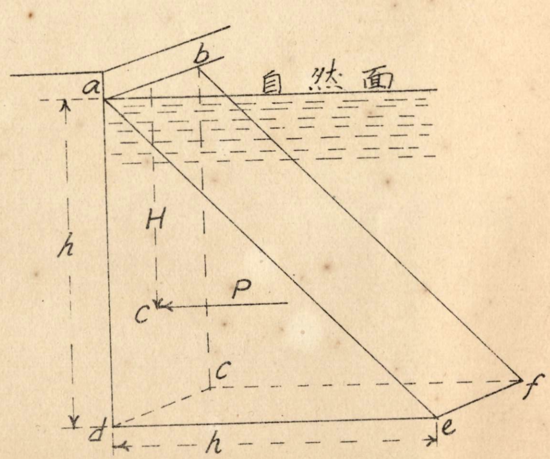
ナリ、

圖上解法、

(1) 平面ニ於ケル壓力體積圖、

液體内ノ一平面上ニ於ケル各點壓力ノ强サヲ其ノ面ニ垂直ニ示ス體積圖ヲ畫ケハ總計壓力ハ斯クノ如キ圖形ノ體積重量ニ等シ、

第7圖ニ於テ液體ニ接スル垂直ノ堰堤ノ一部 $dhcd$ ナル面積上ノ總計壓力ヲ求メントス、今堰堤ノ幅 ab ヲ b 呎高サ ad ヲ h 呎トシ、h ニ等シク de ヲ ad ニ直角ニ畫キ楔形 $abcdef$ ヲ作ル



第七図

然ルトキハ、任意ノ深度ニ於ケル一點ノ壓力ハ、其ノ點ヨリ de ニ平行ニ畫ケル線カ楔ノ斜面ト交切スルマテノ長サヲ以テ表示スルヲ得ヘシ、故ニ堰堤 $abcd$ 面ノ享受スル總計壓力ハ楔型 $abcdef$ ニ等シキ液體ノ重量ニ同シ即チ楔型ノ容積ハ $\frac{1}{2}bh^2$ ニシテ $abcd$ 面ノ享クル總計壓力ハ

$$P=\frac{1}{2}wbh^2 \text{听}$$

ナリ、

(2) 壓力ノ中心、

壓力ノ中心ハ、上記圖形ノ重心ヲ通リテ其ノ平面ニ直角ニ引キシ線カ平面ト交ル點ナリ、

第7圖ニ於テ楔型 $abcdef$ ノ質量ノ重心、即チ自然面ヨリ

$$H=\frac{2}{3}h \text{呎}$$

ニ働クヘキモノナリ、

上述ノ場合ニ於テ該堰堤ニ働ク平均壓力ヲ P_m トスレハ

$$P_m \times bh=\frac{1}{2}wbh^2$$

$$P_m=\frac{1}{2}wh \text{听}/\square'$$

即チ浸水面ノ平均壓力ハ、其ノ面ノ重心點ニ働ク壓力ニ等シカルヘシ、

一〇、管内ニ於ケル液體ノ推力、

(1) 管ノ一端ニ目無板ヲ取付ケタル場合、

管ノ一端ニ目無板ヲ取リ付ケ、之ニ壓力ヲ有スル液體ヲ導クトキハ管ハ其ノ液體ノ爲ニ推力ヲ受クヘシ

今

d＝管ノ内徑（吋）

p＝管内液體ノ壓力（听/□″）

トスレハ、管ニ働ク總計推力ハ

$$P=\frac{\pi}{4}d^2\times p \qquad (12)$$

ナリ、

(2) 管カアル角度屈曲セル場合、

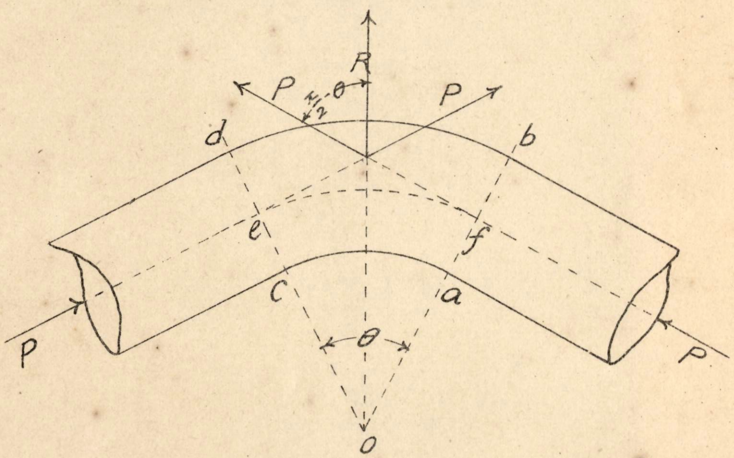
屈曲セル管ニ壓力ヲ有スル液體ヲ通スルトキハ管ハ其ノ屈曲部ニ於テ推力ヲ受クヘシ、第8圖ニ示ス如キ楔形 *abcd* ハ、其ノ兩側ニ於テ管ノ軸線ト同方ニ推力 P ヲ受ク、即チ

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

故ニ屈曲セル部ヲ推シ出サントスル總計推力 R ハ

$$R = 2P\sin\frac{-\theta}{2} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (13)$$

ナリ、



第八図

第二章

水力學ノ原理

一一、水力學ノ講究範圍、

液體ニ關シ講究スヘキ事項ヲ大別シテ四トナシ、之カ原理ノ應用ヲ擧クレハ、次ノ如シ、

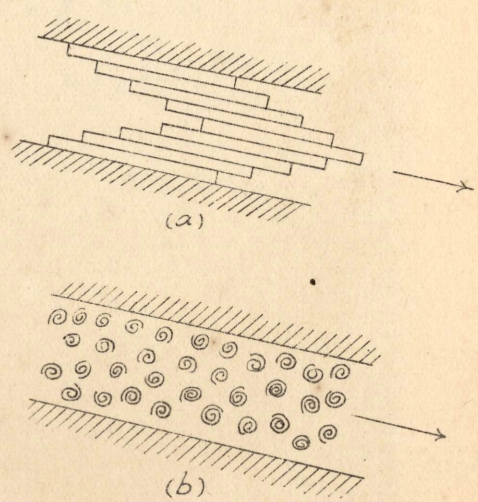
1. 孔或ハ堰ヨリ液體流出ノ法則、
   之カ應用ハ水流ノ測定ニアリ、
2. 管,溝或ハ河川ニ於ケル流レノ法則、
   之カ應用ハ水流ノ測定及ヒ管又ハ溝ノ設計ニアリ、
3. 流水ノ板面衝擊ノ法則、
   之カ應用ハ水力原動機械、特ニ水力「タルビン」ニアリ、
4. 水中ニ浸サレ、又ハ之ニ浮フ物體ノ運動ニ對スル抵抗ノ法則、
   之カ應用ハ艦船ノ計畫ニアリ、(本項ハ造船學及ヒ推進器論ニ於テ詳述セラレアレハ本書ニ於テ

ハ之ヲ省略ス)、

上述ノ諸法則及ヒ其ノ應用ヲ研究スルニ當リ、先ツ液體ノ運動ニ關スル一般ノ狀態並ニ原理ヲ考究スルヲ要ス、故ニ本章ニ於テハ先ツ水力學ノ原理ニ就キテ記述セントス、

一二、流線運動(Stream Line Motion)ト亂レ運動(Eddy Motion)、

液體運動ノ狀態ニ二種アリ、一ツハ流線運動ニシテ、他ハ亂レ運動ナリ、流線運動トハ第9圖(a)ニ示スカ如ク水ノ層カ一定ノ通路、即チ流線ニ沿ヒ規則正シク相並ヒ互ニ少シツツ摺ルモノヲ謂フ、而シテ其ノ隣層間ノ比較速度ハ液體ノ粘著性ニ歸因ス、



第九図.

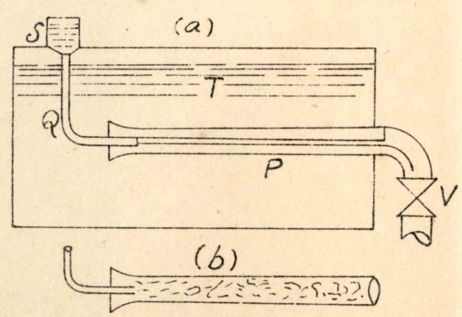
亂レ運動ハ(b)圖ニ示ス如ク前者ト全ク其ノ趣キヲ異ニシ、水ノ各分子ハ不規則ナル渦卷運動ヲナシ、其ノ速度ハ一層大ニシテ從ツテ

相互間ノ摩擦ノ爲メ消費セラルヽ勢力モ亦甚タ大ナリ、

流線運動ニ關シテハ其ノ理論相當ニ完全ナレトモ亂レ運動ニアリテハ理論的研究甚タ困難ニシテ單ニ實驗的ニ演繹サレタルモノヽミナリ、而シテ亂レ運動ハ工學上極メテ必要ナルモノナレハ、其ノ研究ハ忽ニスヘカラサルモノトス、

「オスボーンレノルズ」實驗、
Osborne Reynolds

管中ヲ流ルヽ水ノ運動狀態ニ關シ、英人「レノルズ」ハ興味アル實驗ヲナセリ、即チ第10圖ニ示スカ如ク、Tハ水溜メニシテ、中ニ硝子管Pヲ水平ニ設ケ、其ノ左端喇叭狀ニ開キ、右端ハ嘴Vヲ備フ、細管Qノ上部ニハ「アニリン」色素ノ水溶液ヲ入レタル小壺Sアリ、



第十図

又其ノ下端ハ管Pノ中央ニ入リ込メリ、今水溜メノ水ヲ靜止セシメ、Vヲ僅カニ開クトキハ、水溜中ノ水ハP内ヲ靜カニ流ルヽヲ以テ細管Q中ヲ流ルヽ色水ハ

P内ヲ眞直ニ走ルコト(a)圖ニ示ス如シ、嘴Vノ開度ヲ少シク增加セハP中ノ水速少シク增加シ、其ノ速度カ或程度ニ達スルトキハ色水ノ線ハPノ右端近クニ於テ先ツ亂レヲ生シ、更ニVノ開度ヲ增スニ從ヒ其ノ亂レハ左方ニ進ミ、終ニ全部亂レテ(b)ニ示ス如キ狀態ヲ呈ス、

此ノ實驗ニ於テ、色水ノ眞直ナル間ハ水ハ流線運動ヲナセトモ、色水カ亂ルヽニ及ヒテ亂レ運動ヲナス、此ノ兩運動ノ境目ニ相當スル水ノ速サヲ臨界速力ト稱ス、此ノ速力ハ水ノ粘著性,溫度,管ノ太サ及ヒ表面ノ狀態等ニヨリ差アリ、一般ニハ毎秒數呎以下ニシテ工業界ニ於テ實地ニ使用セラルヽ水速ハ殆ント此ノ臨界速力以上ナリ、

一三、常定運動(Steady Motion)ト不定運動(Unsteady Motion)、

液體ノ流ルヽ路ノ一點ニ於テ、順次ニ流レ來ル液體分子カ、常ニ同シ密度ニテ同ジ速度ヲ有シ且ツ同一壓力ヲ受クル時ニ、其ノ液體ノ運動ヲ常定運動ト謂ヒ然ラサルモノヲ不定運動ト謂フ、例ヘハ河中ノ與ヘラレタル一點ニ於テ平常ノ場合ニハ流水ノ速度及ヒ方向ハ一定ニシテ常定運動ヲナシツヽアルモ、降雨等ニ際シ流水刻々ニ其ノ速度ヲ增加スル場合ニアリテハ不常運動ヲナスト謂フ、

一四、流水ノ容積及ヒ平均速度、

Vナル速度ヲ有スル流水中ノ一點ニ、其ノ流レノ方向ト直角ヲナシ面積Aナル平面ヲ假想セハ一單位時間內ニ此ノA面ヲ通過スル流水ノ容積

$$Q = AV$$

ナルヘシ、又Vカ該横斷面中同一ナラサレハ微小容積

$$dQ = VdA$$

ニシテ總面積A上ニ於ケル流過容積ハ

$$Q = \int_{(A)} VdA$$

ナリ、之ヲ全面積Aニテ除セハ流水ノ平均速度V_mヲ得、即チ

$$V_m = \frac{\int_{(A)} VdA}{A}.$$

一五、連續流レノ定則、

流水中、一定ノ境界內ニ於ケル水ノ容積、常ニ同一ナルトキハ、流入流出ノ量ハ正ニ相等シカルヘシ之ヲ連續流レノ定則トナス、例ヘハV_1, V_2ヲ流水ノ速度, A_1, A_2ヲ流水ノ方向ト直角ヲナス横斷面積トスレハ、上ノ定則ニヨリ

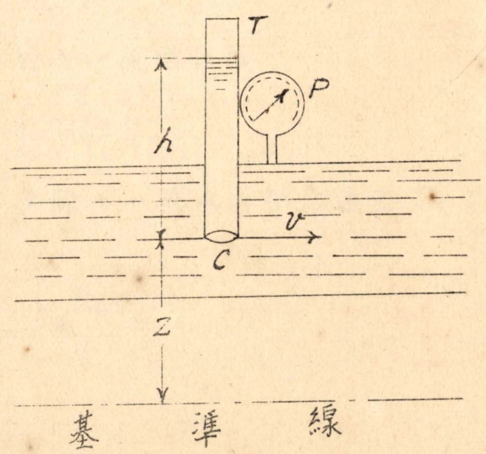
$$V_1A_1 = V_2A_2$$

$$\therefore \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

ニシテ、換言スレハ速サハ横斷面積ニ逆比例ス、

一六、液體ノ保有スル三態ノ勢力、

静止セル液體中ノ一點Cカ、計測ノ基準線ヨリZ呎ノ高所ニアリ、且ツP听/□′ノ壓力ヲ有スルトキハ其ノC點ハZ呎ノ位置ノ嵩(Position head)ト$\frac{P}{w}$呎ノ壓力ノ嵩(Pressure head)ヲ保有スルコト已ニ説明セル所ナリ、然ルニ之等ハ液體カ運動シツツアル場合ニ於テモ同一ノ水嵩ヲ保有スルモノニシテ第11圖ニ於テ、液柱計Tヲ立ツレハ液體ハ壓力Pニ相當スル液柱$h=\frac{P}{w}$丈ケ昇ルヘシ、



第十一図

又一點Cガv听/秒ヲ以テ流動シツヽアル場合ニハC點ノ水一听カ有スル運動ノ「エネルギー」ハ$\frac{v^2}{2g}$ナリ、是レ

h'呎ノ高所ニアル液體一听カ落下シテ運動ノ「エネルギー」ニ變化スルトキ、其ノ途中ニ於テ摩擦等ノ損失ナクンハ最終速力ハ

$$v=\sqrt{2gh'}\text{ 呎/秒}$$

トナリ、此ノ運動「エネルギー」ハ $\dfrac{Wv^2}{2g}$ ニシテ、正ニ位置ノ「エネルギー」Wh'ト相等シカルヘシ、即チ

$$\therefore\quad h'=\frac{v^2}{2g}$$

即チ、流水ノ速度vハ水嵩ニ換算シ得ヘキモノニシテ之ヲ速力ノ嵩(Velocity head)ト謂フ、

故ニvナル速力ヲ有スル流體W听カ、基準線上Z呎ノ高所ニアリテ、P听/□′ノ連續的壓力ヲ有スルトキ、其ノ流體ハ$WZ, W\dfrac{P}{w}, \dfrac{Wv^2}{2g}$.ノ三態ノ「エネルギー」ヲ保有スルモノニシテ、其ノ總計勢力ハ

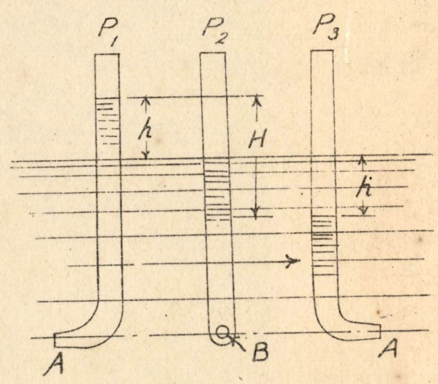
$$U=WZ+W\frac{P}{w}+W\frac{v^2}{2g}\text{ 呎-听}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(14)$$

トナルヘシ、

但シ上記ノ壓力ハ連續的壓力ナラサルヘカラス、密閉セル器内ニ「ポンプ」ヲ以テ水ヲ壓入シ、壓力ヲ高メ置キタル場合ノ如キハ、本項ヲ適用シ得サルモノナリ、

一七、「ピトーチューブ」、
Pitoti's Tube

「ピトーチューブ」ハ液體又ハ瓦斯體ノ流速ヲ計測スル裝置ニシテ「ピトー」氏ノ考案ニナレルモノナリ、第12圖ハ之ヲ示ス、圖中Aハ流レノ方向ニ、Bハ流レト直角ノ方向ニ開口ス、故ニP_1トP_2トノ水柱ノ差ハ流水ノ速度ニ歸因スルモノニシテ、此ノ水柱差ヲhトスレハ



第十二図

$$v = C\sqrt{2gh} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{(A)}$$

但シCハ同器特有ノ係數ニシテ實驗ニヨリ定メラルヘキモノナリ、

本器ハ其ノ構造上任意ノ點ニ於ケル流體ノ速力ヲ計測シ得ルノ便アリ、故ニ通過面積大ナル場合其ノ平均速力ヲ算出スルニ當リ多ク使用セラル、

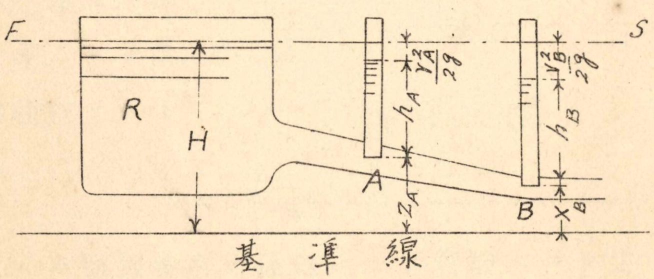
一八、「ベルヌーイ」ノ定理、
Beruoulli's Theorem

液體カ常定運動ヲナシ、摩擦其ノ他ニ歸因スル損失ナキ場合ニアリテハ、流レノ總テノ横斷面ニ對シテ

$$\frac{P}{w}+\frac{V^2}{2g}+Z=\text{定數}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\ (15)$$

ニシテ之ヲ「ベルヌーイ」ノ定理ト稱シ、水力學ニ於テ最モ重要ナル公式ナリ、

第13圖ニ於テRヲ大ナル水溜メ、FSヲ常ニ基準線ヨリH呎ノ高サニアル自然面トシ、水溜ノ底部ヨリ管ヲ導キA及ヒB點ニ液柱計ヲ立ツルトキハ、管中ノ水ハ常定流線運動ヲナシ、管壁ニ摩擦抵抗ナクハ、A點ハ基準線ヨリZ_A呎ノ高サニアリテ、V_A呎/秒ノ速度ヲ有



第十三図

シ、且ツP_A听/□′ノ壓力即チ液柱計ニ於ケル水柱ノ高サ$h_A=\frac{P_A}{w}$ヲ有ス、故ニ其ノ一听ノ勢力ハ

$$\frac{P_A}{w}+\frac{V_A^2}{2g}+Z_A\ \text{呎-听}$$

ニシテ、B點ニ於テハ

$$\frac{P_B}{w}+\frac{V_B^2}{2g}+Z_B\ \text{呎-听}$$

ナルヘシ、而シテ此ノ兩者ハ「エネルギー」不滅ノ道理ニヨリ互ニ相等シ、即チ

$$\frac{P_A}{w}+\frac{V_A^2}{2g}+Z_A=\frac{P_B}{w}+\frac{V_B^2}{2g}+Z_B$$

更ニ水溜メノ自然面 FS ハ基準線ヨリ H 呎ノ高サニアルヲ以テ、此ノ水一听カ基準線迄落下スルトキハ H 呎-听ノ仕事ヲナシ得ヘク、故ニ

$$\frac{P_A}{w}+\frac{V_A^2}{2g}+Z_A=\frac{P_B}{w}+\frac{V_B^2}{2g}+Z_B=H$$

ニシテ、一般ニ

$$\frac{P}{w}+\frac{V^2}{2g}+Z=H=\text{定數}$$

トナル、

管中ニ摩擦又ハ渦卷運動等アリテ勢力ノ損失アル場合ニ於テモ上記ノ定理ヲ擴張適用シ得ヘキモノニシテ、今 A 及ヒ B ナル二點間ニ於テ勢力ノ損失流量一听ニ就キ h_f 呎-听ナリトセハ

$$H=\frac{P_A}{w}+\frac{V_A^2}{2g}+Z_A=\frac{P_B}{w}+\frac{V_B^2}{2g}+Z_B+h_f\ \ldots\ldots(15')$$

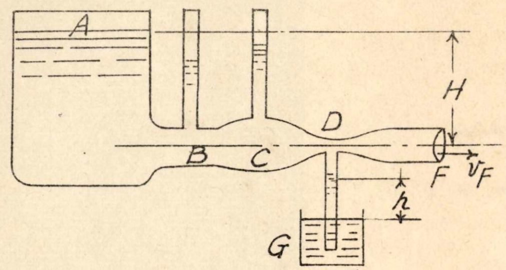
ナリ、

第14圖ニ於テ A ヲ大ナル水溜メノ自然面、B,C,D,F ヲ種々ナル截斷面積ヲ有スル管トシ、此ノ管ノ中心線ヲ基準線トセヨ、然ルトキハ

$$\frac{P_A}{w}+\frac{V_A^2}{2g}+H=\frac{P_F}{w}+\frac{V_F^2}{2g}+0$$

然ルニ $P_A=P_F=$大氣壓力、又水溜大ナレハ $V_A=0$ナリ故ニ摩擦抵抗ヲ省略スレハ

$$H=\frac{V_F^2}{2g}.$$



第十四図

若シD點ニ於ケル管ノ截斷面積カ、Fニ於ケルモノヨリモ小ナラハ、V_DハV_Fヨリ大ナリ、故ニ

$$\frac{P_D}{w}+\frac{V_D^2}{2g}+0=\frac{P_F}{w}+\frac{V_F^2}{2g}+0$$

即チ

$$\frac{P_F}{w}-\frac{P_D}{w}=\frac{V_D^2}{2g}-\frac{V_F^2}{2g}$$

ニ於テ

$$\frac{P_F}{w}>\frac{P_D}{w}$$

トナリ、即チ

$$P_F>P_D$$

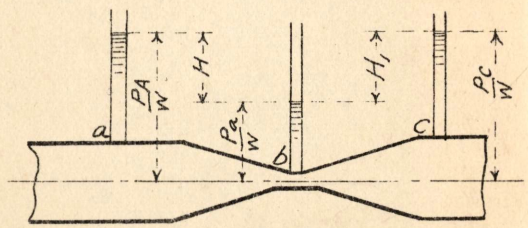
ニシテ、P_Fハ大氣壓力ナルヲ以テP_Dハ大氣壓力ヨリ小ナリ、故ニ管ノD點ニ於テ圖ニ示スカ如ク液柱計ヲ下方ニ設クルトキハ、此ノ液柱計内ニハ水ヲ吸ヒ上ケ其ノ高サ

$$h=\frac{P_F}{w}-\frac{P_D}{w}=\frac{V_D^2}{2g}-\frac{V_F^2}{2g}f^{t.}$$

ナルヘシ、注射器又ハ放射器ハ此ノ理ヲ應用セルモノナリ、

一九、「ヴンチュリメーター」(Venturimeter)

「ヴンチュリメーター」ハ「ベルヌーイ」ノ定理ヲ巧妙ニ應用セルモノニシテ、Clemens herochel ノ考案ニ係リ、管中ヲ流ル丶水量ヲ計測スル裝置ニシテ、第15圖ニ示スガ如シ、同器ハ水管ノ途中ニ横置サレ、其ノ中央部 b ヲ喉ト稱シ、其ノ徑小ニシテ兩端 a 及ヒ c ニ至ルニ從ヒ漸次擴大シ水管ト同徑トナル、今 abc ニ液柱計ヲ立ツルトキハ、液柱計內ノ水高ハ各〻其ノ相當位置ノ壓力ヲ指示スルモノナリ、故ニ管內ノ各損失ヲ省略シ、且ツ基準線ヲ管ノ中心線トスルトキハ



第十五図

$$\frac{P_a}{w}+\frac{V_a^2}{2g}=\frac{P_b}{w}+\frac{V_b^2}{2g}$$

ヲ得、今 H ヲ ab ニ於ケル水柱ノ高サノ差トスレハ

$$\frac{P_a}{w}-\frac{P_b}{w}=H$$

$$\therefore \quad \frac{V_b^2}{2g} - \frac{V_a^2}{2g} = H$$

然ルニ連續流レノ道理ニ依リ、單位時間ニ a 及ヒ b ヲ流ル、水量 Q ハ相等シカルヘキヲ以テ

$$V_a \times A_a = V_b \times A_b = Q$$

$$\therefore \quad \frac{Q^2}{A_b^2} - \frac{Q^2}{A_a^2} = 2gH$$

$$Q = \frac{A_a A_b \sqrt{2gH}}{\sqrt{VA_a^2 - A_b^2}}$$

ヲ得、實際ニアリテハ管内ノ摩擦抵抗等ニ依リ Q ハ上記理論上ノモノヨリ稍ヽ少ナク

$$Q = KA_a A_b \sqrt{\frac{2gH}{A_a^2 - A_b^2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (A)$$

ヨリ算出ス、但シ K ハ同器特有ノ係數ニシテ直徑ノ大小流速ノ遲速ニヨリ多少其ノ値ヲ異ニス、

次ニ「ヘルセル」氏ノ實驗値ヲ示ス、

H 呎	K	H 呎	K
1	·995	12	·9785
2	·992	18	·977
6	·985	23	·970

第三章

孔口ニ於ケル水ノ流出

二〇、流速及ヒ抵抗ノ係數、

水ヲ充テタル容器ノ底部、若クハ側部ニ小孔ヲ穿ツトキハ水ハ常定流線運動ヲナシ、其ノ孔口ヨリ流出ス、而カモ其ノ流線ハ孔口ニ至ルニ従ヒ收縮シ、第16圖ニ示ス如シ、今流線ノ一ヲ(b)ノ如ク取リ出シD,E,Fノ諸點ニ液柱計ヲ立テ「ベルヌーイ」ノ定理ヲ應用セハ

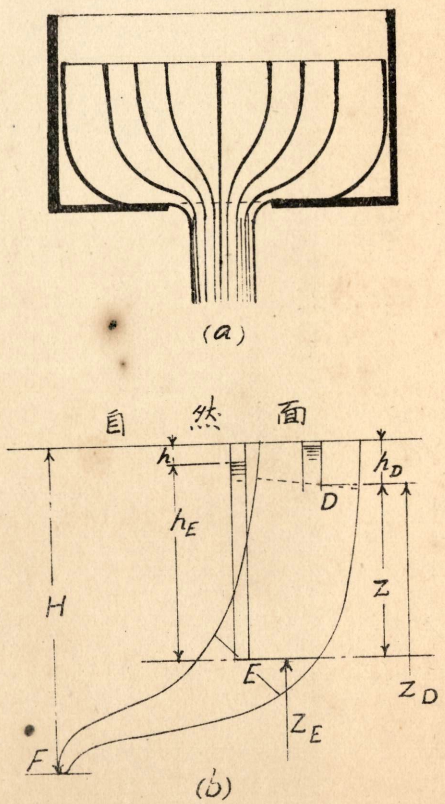
$$\frac{P_D}{w}+\frac{V_D^2}{2g}+Z_D=\frac{P_E}{w}+\frac{V_E^2}{2g}+Z_E$$

基準線ヲE點ニ取リ$V_D=0$トスレハ

$$h_D+Z=h_E+\frac{V_E^2}{2g}$$

$$\therefore\quad V_E=\sqrt{2gh}$$

式中hハE點ニ於ケル自然面圖Pノ高サヲ示ス、故ニF點ヲ孔口ノ直外ニ取レハ水ハ液柱計ヲ昇ルコトナク



第十六図

$$V_F=\sqrt{2gH_F}$$

トナリ、一般ニ

$$V_F=\sqrt{2gH} \quad \cdots\cdots\cdots (18)$$

トナル、然レトモ孔ノ面積水溜メノ水平横斷面積ニ比シ小ナラサルトキハ

$$V=\frac{\sqrt{2gH}}{\sqrt{1-\left(\frac{A}{A_0}\right)^2}} \quad \cdots\cdots\cdots (18')$$

式中 A ハ孔ノ面積 A_0 ハ水溜ノ横斷面積、H ハ器內水ノ自然面ヨリ孔口(孔ノ中心)迄ノ高サヲ示ス、然レトモ實際ノ速度ハ水ノ摩擦等ニヨリ其ノ値小ニシテ

$$V_a=C_v\sqrt{2gH} \quad \cdots\cdots\cdots (19)$$

C_v ヲ流速ノ係數ト稱シ薄刄孔ニ對スル Weisbach ノ實驗値、次ノ如シ、

孔口ノ直徑	H(呎)	·066	1·64	11·5	56·0	338
0·33呎	C_v	·959	·967	·975	·994	·994

(Gibson's Hydroulics ヨリ拔萃)

又第17圖ニ示ス如ク一定ノ自然面ヲ有スル水溜ヨリ眞直ニ水ヲ噴出セシムルトキ、其ノ噴水ノ高サ h ハ抵抗ノタメ H ヨリ低キコト h_v ナリ、即チ h_v ハ水當ノ損失ニシテ

$$h_v=C_rh \quad \cdots\cdots\cdots (20)$$

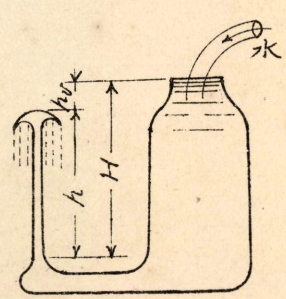
C_r ヲ抵抗ノ係數ト稱ス、隨テ

$$V_a=\sqrt{2g\frac{H}{1+C_r}} \quad \cdots\cdots\cdots (20')$$

トナリ

$$C_v=\sqrt{\frac{1}{1+C_v}} \quad \cdots\cdots\cdots (21)$$

$$C_r=\frac{1}{C_v^2} \quad \cdots\cdots\cdots (22)$$

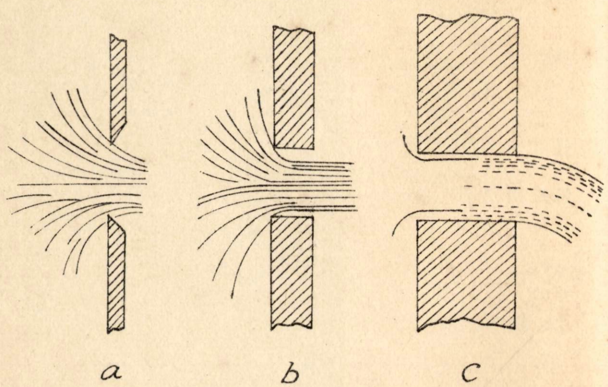


第十七圖

一般ニハ C_v ノ値ハ ·97 ヨリ ·98 ノ間ニアルヲ以テ之ニ對スル C_v ノ値ハ 0·0628〜0·0412ニシテ損失「エネルギー」ハ有効「エネルギー」ノ $6\frac{1}{4}$〜$4\frac{1}{8}$%ナリ、

二一、縮流ノ係數、

孔口ヨリ流出スル水ヲ熟視スルニ第18圖$(a)(b)$ノ如ク、孔側ニ觸レスシテ内端ヨリ直ニ器外ニ噴出スルモノト、(C)ノ如ク孔側ニ充チテ噴出スルモノトアリ、前者ハ(a)ノ如ク孔口薄刄形ヲナセルカ然ラサルモ



第十八図

(b)ノ如ク、孔壁ノ厚サ孔徑ニ比シ小ナルモノニ起ル現象ニシテ、後者ハ(c)ノ如ク其ノ厚サ徑ノ$1\frac{1}{2}$倍以上ナルトキニ起ルヲ例トス、此ノ(c)ヲ特ニ吞口(Mouth piece)ト稱シ前者ト區別ス、而シテ此ノ縮流ノ最小横斷面ハ孔ヨリ徑ノ約$\frac{1}{2}$ノ距離ニ起リ其ノ面積比モ一定ノ關係ヲ有ス、今

A＝孔ノ面積

A_c＝縮流ノ最小横斷面積

トスレハ

$$C_c = \frac{A_c}{A} \qquad \cdots\cdots (23)$$

C_cヲ縮流ノ係數ト稱シ其ノ値0·5ヨリ1ノ間ニアリ(a)及ヒ(b)ニ相當スル孔ニアリテハ平均0·64ナリ、

二二、流量ノ係數、

孔口ヨリ流出スル水量ハ實際ノ場合ニアリテハ一部ハ速力ノタメ一部ハ面積縮少ノタメ理想的ノ水量ヨリ少ナク實際水量ヲQトセハ

$$Q = C_c A \times C_v \sqrt{2gH}$$
$$= CA\sqrt{2gH} \quad \cdots\cdots (24)$$

C ヲ流量ノ係數ト稱シ水嵩,孔ノ面積,形狀及ヒ位置等ニヨリ其ノ値ヲ異ニスルモ (a) 及ヒ (b) ノ場合ニ於ケル平均値ハ約0·62ナリ、次ニHamilton Smith ノ實驗値ヲ示ス、

薄刄圓孔ノ流量係數

H (呎)	孔 ノ 直 徑 (呎)					
	0·02	0·03	0·05	0·10	0·40	1·00
0·5	—	·643	·627	·615	·592	—
0·7	·651	·637	·622	·611	·596	·579
1·0	·644	·631	·617	·608	·597	·586
1·5	·637	·625	·613	·605	·599	·592
2·0	·632	·621	·610	·604	·599	·594
5·0	·620	·613	·605	·601	·598	·596
10·0	·611	·606	·610	·598	·597	·595
20·0	·601	·600	·598	·596	·596	·594

(田中不二水力學ヨリ拔萃)

薄刄正方形孔ノ流量係數

H (呎)	一 邊 ノ 長 サ (呎)				
	·02	·04	·07	·12	·20
·4	—	·643	·628	·616	—
·6	·660	·636	·623	·613	·605
1·0	·648	·628	·618	·610	·605
6·0	·623	·612	·607	·605	·604
20·0	·606	.604	·602	·602	·602
100·0	·599	·598	·598	·598	·598

(Gibson's Hydraulics ヨリ拔萃)

二三、完全縮流ト不完全縮流、

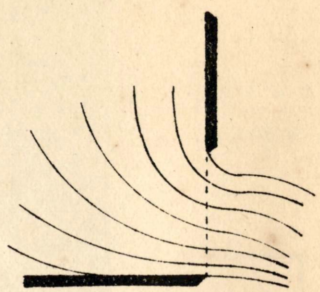
孔口ヨリ水ノ流出ニ際シ其ノ縮流係數ノ最モ小ナルトキ、即チ完全縮流ノ場合ハ、孔カ薄刄形ニシテ兩側及ヒ底部ヨリ孔ノ最小直徑ノ一倍半乃至二倍離レタルトキナリ、

第19圖ハ不完全縮流ノ一例ニシテ下方ニ於ケル流線ハ底部ニ平行シ底線ノ縮ミハ抑制セラル、

今　C＝完全縮流ノ場合ニ於ケル流量ノ係數

C'＝不完全縮流ノ場合ニ於ケル流量ノ係數

m＝薄刄孔ノ周縁ノ內縮ミカ抑制セラレタル部分ノ長サト全周トノ比



第十九図

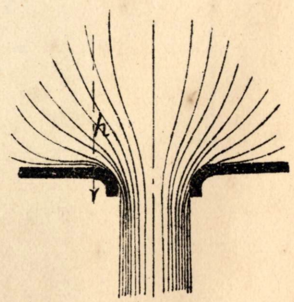
トスレハ Bidone（ビドーヌ）ノ研究ニヨレハ

$$\left.\begin{array}{l} C' = C(1+\cdot 13m)\ \text{圓孔ノ場合} \\ C' = C(1+\cdot 15m)\ \text{矩形孔ノ場合} \end{array}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (25)$$

但シ m カ 1 ニ近キトキハ適用セラレス、

二四、鈴形呑口、(Bell mouth)

第20圖ニ示ス如ク孔口ノ形ヲ薄刄形ノ場合ニ於ケル縮流ノ形狀ト同一ナル鈴形呑口トナストキハ、縮流ノ係數ハ1トナリ全ク縮流ヲ避クルコトヲ得然レトモ此ノ場合ニ於ケル流速ノ係數ハ減少シ 0·94 ヨリ 0·97 ノ間トナリ平均 0·95 ナリ、



第二十図

二五、圓筒呑口、(Pipe orifice)

第21圖ニ示ス如キ圓筒狀ノ呑口若クハ同孔徑ノ外管ヲ有スル薄刄孔ニアリテハ、水ハ一旦縮流ヲ起シタル後再ヒ膨出シテ孔側ヲ充タシ流出ス、今

V_a＝a點ニ於ケル流水ノ速度

V_b＝b點ニ於ケル流水ノ速度

A＝呑口ノ横斷面積

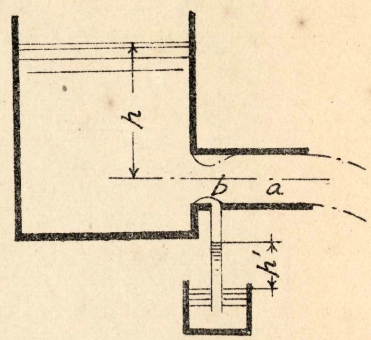
トスレハ、水ノ膨出ニヨル損失水嵩

$$h_v=\frac{(V_b-V_a)^2}{2g}$$

ナルヲ以テa點ニ於ケル總水嵩

$$h=\frac{V_a^2}{2g}+\frac{(V_b-V_a)^2}{2g}$$

$$\therefore\quad V_a=\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{1}{C_c}-1\right)^2}}\sqrt{2gh}$$



第二十一図

式中分數ノ部ハ流速ノ係數C_vヲ示スモノニシテ流量ノ係數C'ハ管ノ摩擦損失ニヨリ以上C_vノ0·94〜0·95當ル、即チ薄刄形圓筩呑口ノ平均流量ハ

$$Q=0{\cdot}945\times\frac{A}{\sqrt{1+\left(\frac{1}{C_c}-1\right)^2}}\times\sqrt{2gh}$$

$$=0{\cdot}82\,A\sqrt{2gh}\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \ (26)$$

C'ハ呑口ノ太サ及ヒ長サニ依リ其ノ値ヲ異ニス Weisbach ノ實驗値次ノ如シ、

圓筩呑口ノ流量係數

直徑(呎)	·032	·066	·098	·131	左記ノ管ノ長サハ直徑ノ約3倍ナリ			
長/直徑					1·0	3·0	10·0	12·0
C'	·843	·832	·821	·810	·88	·82	·78	·77

(Gibson's Hydraulics ヨリ抜萃)

即チ圓筩呑口ヲ有スルモノヽ流量ハ之ヲ有セサルモノニ比シ$\frac{C'}{C}$倍ナルヲ知ル、是レ水嵩hカ$\left(\frac{C'}{C}\right)^2h$トナリタルカタメニシテ、$b$點ハ大氣壓力ヨリモ低ク其ノ水嵩ハ

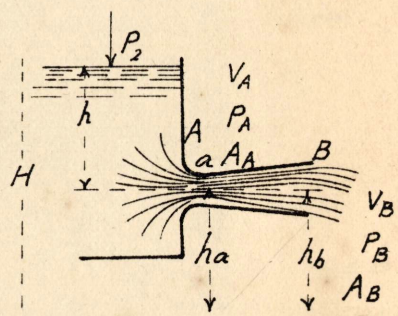
$$h' = \left(\frac{C'}{C}\right)^2 h - h$$

$$\doteqdot 0{\cdot}75\,h \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (27)$$

ナリ、

二六、末廣呑口、
Diverging mouth piece

呑口ノ形狀ヲ第22圖ニ示ス如ク縮流ノ形狀ニ先ツ末細トナシ、次ニ流レノ急變ヲ避クル如ク末廣トシ、出口ヲ圓筩形トナストキハ、其ノ流量ハ非常ニ增加スルモノナリ、即チB點ニ於ケル流速V_Bヲ生スル有効水嵩ハC_v^2hナリ、呑口ニ於テ失ハルヽ水嵩ハ$(1-C_v^2)h$ニシテ、此ノ損失ハ二部分ヨリナリ、第一ハ流レカ最初ニ縮ム爲メノh_1ト、第二ハ流レカ廣カル爲メノh_2トナリ、即チ



第二十二図

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{P_A}{W} = h + \frac{P_a}{W} - h_1$$

$$\frac{V_B^2}{2g} + \frac{P_B}{W} = h + \frac{P_a}{W} - h_1 - h_2$$

水カ空氣中ニ流出スル場合ハ

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

$$\therefore \quad Q = A_B\sqrt{2g(h-h_1-h_2)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (A)$$

又 $\dfrac{A_B}{A_A} = m$ トスレハ

$$\frac{(mV_B)^2}{2g} + \frac{P_A}{W} = h + \frac{P_a}{W} - h_1$$

及ヒ

$$\frac{P_A}{W} = h + \frac{P_a}{W} - h_1 - m^2(h-h_1-h_2)$$

$$\therefore \quad m = \sqrt{\frac{h-h_1+\left(\dfrac{P_a-P_A}{W}\right)}{h-h_1-h}}$$

實際ニアリテハ P_A ハ大氣壓力ノ $\frac{1}{5}$ ニ低減セハ通常溫度ニ於テ空氣ヲ遊離スルヲ以テ $\frac{1}{5}P_a$ 以上ノ眞空ハ豫期セラレス、故ニ

$$m=\sqrt{\frac{h-h_1+\frac{4}{5}\frac{P_a}{W}}{h-h_1-h_2}}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(B)$$

トナリ、m カ(B)式ヲ滿足スルトキ其ノ流量ハ最大トナリ m カ(B)式ヨリ大ナレハ水ハ呑口ヲ一杯ニ流レス、

h_1 ハ旣ニ $(0.01\sim0.05)h$ ナルコトヲ知レリ、又 h_2 ハ末廣ノ度合ニヨリ異ナリ、「ベンチュリーメーター」ノ如ク其ノ度緩ナルモノニアリテハ零ニ近ク、急激ナルモノニアリテハ $0.9h$ ニ達ス、故ニ損失ヲ最小ニセント欲セハ φ ハ $5^\circ\sim6^\circ$ ヨリ大ナラシメサルヲ要ス、

二七、「ボルダ」ノ内向キ呑口、
Borda's Re-entrant Mouth Pice

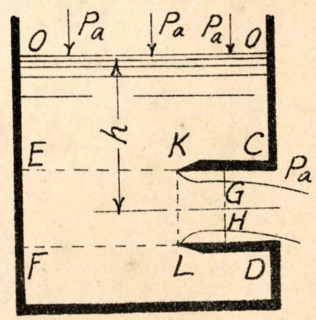
第23圖ノ如ク器ノ内方ニ突出スル呑口ヲ「ボルダ」ノ内向呑口ト稱シ縮流係數ヲ理論的ニ見出シ得ル唯一ノ場合ナリ、今

A ＝呑口 KL ノ面積

A_c＝縮流 GH ノ横斷面積

トスレハ、器ノ右側ニ於ケル壓力ハ其ノ左側ノモノト平均スルモ、KL ニ對スル EF 部分ノミカ平均セス、此ノ不平均壓力ハ WhA ニシテ、又毎秒流出スル水ノ體積ハ A_cV ナルヲ以テ其ノ質量ハ $\frac{WA_cV}{g}$ ナリ、故ニ

$$WhA=\frac{WA_cV}{g}V$$



第二十三図

然ルニ縮流 GH ニ於ケル流速ハ僅少ナル抵抗等ヲ省略スレハ $\sqrt{2gh}$ ナリ、即チ

$$WhA=\frac{WA_c}{g}2gh$$

$$\therefore\quad \frac{A_c}{A}=C_c=\frac{1}{2}$$

ニシテ縮流ノ係數ハ此ノ場合理論上0·5トナル實驗ノ結果

Borda	$C_c = \cdot 5149$
Bidone	$C_c = \cdot 5547$
Weisbach	$C_c = \cdot 5324$

但シ呑口ノ長サ其ノ直徑ニ比シ小ナルトキハ C_c ノ値ハ上記ノモノヨリ大ナルヘシ、

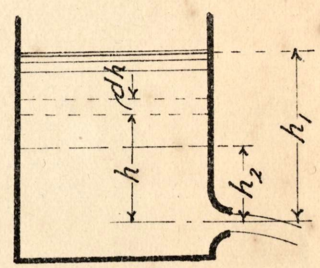
二八、水ノ流出ニ要スル時間、

今第24圖ニ於テ微小時間 dt 中ニ水面ハ dh 下リ流量ハ dQ ナリトセハ

$$dQ = A_0 dh = C_1 A_1 \sqrt{2gh} \cdot dt.$$

$$\therefore \quad dt = -\frac{A_0}{CA\sqrt{2gh}} dh$$

$$t_2 - t_1 = -\frac{1}{A\sqrt{2g}} \int_{h_1}^{h_2} \frac{A_0 dh}{C\sqrt{h}}$$



第二十四図

C 及ヒ A_0 ハ h ノ函數ナリ、若シ之ヲ定數トセハ

$$t_2 - t_1 = -\frac{A_0}{CA\sqrt{2g}} \int_{h_1}^{h_2} h^{\frac{1}{2}} dh$$

$$= \frac{2A_0}{CA\sqrt{2g}} (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2}) \quad \text{.......... (C)}$$

$h_2 = 0$ トスレハ總計時間

$$T = \frac{2A_0 h_1}{CA\sqrt{2gh_1}} \quad \text{.......... (C')}$$

即チ一定ノ水嵩 h_1 ニ於ケル流量ヨリ計算シタル時間ノ二倍ヲ要ス、

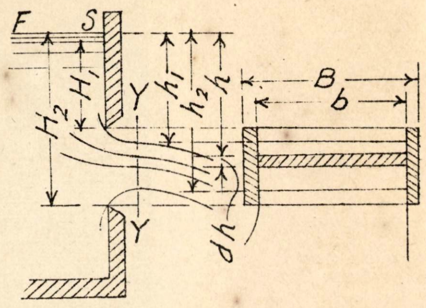
二九、矩形ノ大孔ニ於ケル水ノ流出、

孔ノ高サカ其ノ水嵩ニ比シ割合ニ大ナルトキハ、孔ノ直立斷面内ノ速度ハ其ノ位置ニヨリ異ルヘシ、然レトモ縮流 YY ノ一水平面ニ於テハ一定ナリト考フルコトヲ得ヘシ、今第25圖ニ示メス如ク縮流中ニ流線

帶ヲ取リ、其ノ厚サ dh. 自然面ヨリノ高サヲ h_1 トスレハ孔ヨリノ總計流量ハ

$$Q=\sqrt{2g}\int_{h_1}^{h_2}\sqrt{h}\,dh.$$

$$=\frac{2}{3}b\sqrt{2g}\left\{h_2^{\frac{3}{2}}-h_1^{\frac{3}{2}}\right\}$$



第二十五図

今 $b, h_1, h_2,$ ノ代リニ $B, H_1, H_2,$ ヲ用フレハ實驗的ニ次式ヲ得、即チ

$$Q=\frac{2}{3}\sqrt{2g}\,C.B\left\{H_2^{\frac{3}{2}}-H_1^{\frac{3}{2}}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(28)$$

式中

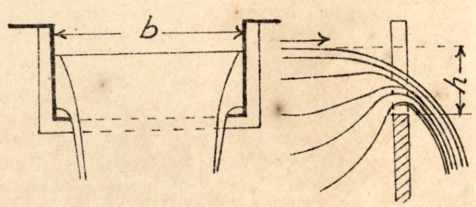
$$C=\frac{b\left\{h_2^{\frac{3}{2}}-h_1^{\frac{3}{2}}\right\}}{B\left\{H_2^{\frac{3}{2}}-H_1^{\frac{3}{2}}\right\}}$$

ニシテ、孔ノ大小並ニ水嵩ニ依リ其ノ値ヲ異ニス、

三〇、矩形切リ缺キ流量計、(Rectangular Gauge Notch)

第26圖ハ矩形切リ缺キ流量計ニシテ、兩側及ヒ底部、即チ閾(Sill)ハ薄刄形ニ作ラレ完全縮流ヲナスモノトス、此ノ場合ニ於ケル流量ハ(28)式ヨリ

$$Q=\frac{2}{3}Cbh\sqrt{2gh}\cdots\cdots(29)$$



第二十六図

ヲ得、C ハ流量係數ニシテ場合ニヨリ其ノ値ヲ異ニス、次表ハ完全縮流ノ場合ニ於ケル Hamilton Smith ノ實驗値ナリ、

h(呎)	切リ鈌キノ長 b(呎)					
	1.	2.	3.	5.	10.	19.
0·15	·625	·634	·638	·640	·641	·642
0·3	·608	·616	·619	·621	·624	·625
0·5	·596	·605	·608	·611	·615	·617
1·0	—	·590	·595	·601	·608	·611
1·5	—	—	·585	·592	·601	·608

（田中不二水力學ヨリ拔萃）

薄及矩形切リ鈌キ流量計ニ對スル Francis ノ實驗公式ハ頗ル便利ナルモノニシテnヲ縮流ヲ起サシムル側緣ノ數（即チ$n=2,1$或ハ0）トスレハ

$$Q=\frac{2}{3}C\left(1-\frac{n}{10}\frac{h}{b}\right)bh\sqrt{2gh}$$

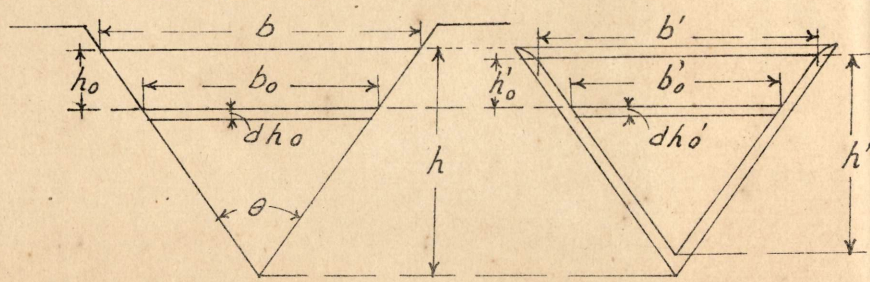
Cノ値ハ Francis ノ實驗ニヨレバ平均0·622ナリ、但シbハ4〜10呎、hハ0·6〜1·6呎ノ場合トス、此ノ値ヲ上式ニ挿入スレハ

$$Q=3{\cdot}33\left(b-\frac{n}{10}h\right)h^{\frac{3}{2}} \quad\text{...}\quad (30)$$

トナル

三一、三角形切リ鈌キ流量計、

切リ鈌キカ自然面ニ對シ相似ノ位置ニアリ、而モ其ノ形カ相似ナラハ流量ハ長サノ$^5/_2$乘ニ比例スルモノナリ、然ルニ矩形切リ鈌キニアリテハ水嵩變スルトキハ相似ノ關係ヲ失ヒ、之ニ反シテ二等邊三角形ニアリテハ水嵩ノ如何ニ關ハラス水流ノ横斷面ハ常ニ相似トナル、故ニ後者ノ場合ニ於ケル其ノ流量ハ相似ノ道理ヲ應用セリ、一流量計ヲ以テhカ異ナル場合ニモ其ノ關係ハ同一ナルコトヲ知ル、是レ矩形切リ鈌キニ比シ大ニ利益アル所ナリ、



第二十七図

第27圖ニ於テ、自然面ヨリh_0ニアルdh_0ノ面積ハ、b_0dh_0ニシテ、之ニ相應スル縮流ノ面積ハ

$$b_0'dh_0' = \frac{b'(h'-h_0')}{h'}dh_0'$$

此ノ面素上ノ流速ハ$\sqrt{2gh_0'}$ナルヲ以テ同面上毎秒ノ流量ハ

$$dQ' = \frac{b'(h'-h_0')}{h'}\sqrt{2gh_0'}\cdot dh_0'$$

$$\therefore \quad Q' = \frac{4}{15}b'h'\sqrt{2gh'}$$

今$b', h',$ノ代リニb, hヲ用フレハ

$$Q = \frac{4}{15}Cbh\sqrt{2gh} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (31)$$

式中

$$C = \frac{b'h'^{\frac{3}{2}}}{bh^{\frac{3}{2}}}$$

ニシテ Prof. Thomson ノ實驗ニヨレハ直角二等邊三角形ニアリテハ$C=0{\cdot}593$, $\theta \fallingdotseq 130°$ノ二等邊三角形ニアリテハ$C=0{\cdot}618$ニシテ、尙角度ヲ增加スルニ隨ヒ限界値0.62ニ達ス、故ニ

直角二等邊三角形切リ鈌キニアリテハ

$$Q = 2{\cdot}536\,h^{\frac{5}{2}}\ \text{立方呎/秒} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (31')$$

$\theta = 130°$ノ二等邊三角形切リ鈌キニアリテハ

$$Q = 5{\cdot}29\,h^{\frac{5}{2}}\ \text{立方呎/秒} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (31'')$$

三二、近寄リノ速度、
Velocity of Approach

前二項ニ於テ述ヘタル水流ハ、切リ鈌キ又ハ堰ニ近カ寄リ來ル水ノ速サカ零ナルカ、又ハ極メテ僅少ナル場合ナリ、換言スレハ切リ鈌キニ近寄リ來ル水流ノ横斷面積カ、切リ鈌キヲ越エテ流ルヽ水流ノ横斷面積ニ比シテ大ナルトキナリ、然レトモ多クノ場合ニ於テ、切リ鈌キハ有限横斷面ノ溝、又ハ水路ノ終ニ設ケラレ、隨テ溝內ノ水ノ速サハ相當ニ速ク、其ノ速サノ嵩ハ省略シ難キ程度ニ達スルコトアリ、斯カルト

キハ測定セル水嵩ヲ近寄リ速サニ對シテ訂正シ以テ流量ノ算式ニ應用スヘキナリ、

第29項ニ於ケル大ナル孔ヨリ水ノ流出スル場合ニ在リテ、自然面 FS カ V_0 ナル速サヲ以テ下ルトスレハ $h_0=\frac{V_0^2}{2g}$ ナル水嵩カ尚 FS 上ニアリテ靜止水位ヲナセリト考フレハ可ナリ、故ニ(28)式ノ H_1 ヲ H_1+h_0 トナシ H_2 ヲ H_2+h_0 トナストキハ

$$Q=\frac{2}{3}\sqrt{2g}\,CB\left\{(H_2+h_0)^{\frac{3}{2}}-(H_1+h_0)^{\frac{3}{2}}\right\}$$

トナリ、切リ缺キ又ハ堰ニ於テハ $H_1=0,\ H_2=h,\ B=b,$ ト改ムレハ

$$Q=\frac{2}{3}\sqrt{2g}\,Cb\left\{(h+h_0)^{\frac{2}{3}}-h_0^{\frac{3}{2}}\right\}$$

又ハ

$$Q=\frac{2}{3}\sqrt{2g}\,Cb(h+ah_0)^{\frac{3}{2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (A)$$

ヲ用フル方一層簡單ナリ、a ハ實驗値ニテ普通1·5位トス、

更ニ(A)式ノ最後ノ因子ハ $h^{\frac{3}{2}}\left\{1+\frac{ah_0}{h}\right\}^{\frac{3}{2}}$ トナリ $\frac{ah_0}{h}$ ハ小ナル數ナルヲ以テ、二項定理ニ依リテ開展シ、高次ノ項ヲ省略スレハ

$$Q=\frac{2}{3}\sqrt{2g}\,Cbh^{\frac{3}{2}}\left\{1+\frac{3}{2}\frac{ah_0}{h}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (B')$$

トナル(B)式中 a ヲ Bazin ハ1·66トセリ、

溝ノ横斷面積ヲ A トスレハ $V_0=\frac{Q}{A}$ ヨリ $h_0=\frac{Q^2}{2gA^2}$ トシテ求ムヘキナリ、然レトモ此ノ關係ヲ前式ニ挿入スルトキハ複雜トナルヲ以テ、最初ハ近寄リノ速サ V_0 ヲ省略シテ Q ニ近キ Q' ヲ求メ、此ノ Q' ヨリ近似ノ h_0' ヲ算出シ、此ノ h_0' ヲ再ヒ前式ニ挿入シテ近眞値 Q ヲ求ム、