# 第三篇

## 水力學 (Hydraulics)

## 第一章 總論

111. **流動體** **流動體トハ其微分子間ニ凝聚力ナク且ツ内部摩擦ナキモノナリ.** 故ニ微弱ナル力ヲ加フルモ直ニ微分子ノ相互ノ位置ヲ變シ又内部摩擦ナキ故ニ分子間ニ働ク力ノ方向ハ常ニ其接觸面ニ垂直ナリ然ルニ完全ナル流動體ハ實際存在スルモノニアラズ. 空氣,瓦斯,酒精,水ノ如キハ完全流動體ニアラザルモ高度ノ流動性ヲ有シ凝聚力モ内部摩擦モ極微細ナレバ完全流動體トシテ取扱フモ實地上ニ於テ不都合ナシ、然レトモ油,ぐりすりん,糖蜜等ハ流動性高カラズシテ完全流動體トシテ取扱フ能ハズ.

流動體ヲ分チテ氣體及液體ノ二種トス,液體ヲ支配スル原理,原則ヲ研究スル力學ノ一分科ヲ水力學ト謂ヒ,靜止セル液體ニ就テ研究スルモノヲ靜水力學,流動セル液體ニ就テ研究スルモノヲ動水力學ト謂フ.本篇ニ於テハ實地上最關係深キ水ニ就テ其原理原則ヲ論究セントス.



112. **水ノ物理的性質. 重量** 一定容積ノ水ノ重量ハ其溫度及純粹ノ程度ニヨリテ異ナリ,華氏39.3度ニ於テ最モ重シ,此溫度ヨリ增シテモ減シテモ輕クナル,又純粹ナル水ハ不純ノモノヨリ輕ロシ,淡水ノ海水ヨリ輕キハ此一例ナリ,實際工事ノ設計ヲナス場合ニ於テハ

淡水一立方呎ノ重量=62.5听

海水一立方呎ノ重量=64听

トシテ不都合ナシ,尤モ水力發動機,又ハ喞筒ノ効率檢定ヲナス場合ノ如ク水ノ重量ヲ精密ニ調査スル必要アルトキハ水ノ溫度及不純物ノ有無ヲ檢シテ水ノ重量ヲ定メザルベカラズ.

**壓縮性** 茲ニ華氏32度ノ水アリ,之ニ一氣壓(一氣壓トハ每平方吋ニ付14.7听ノ壓力ナリ)ノ外壓力ヲ加フル每ニ水ガ壓縮セラルル容積ハ僅ニ其原容積ノ十萬分ノ五ナリ. 例令ハ海面ニ於テ一立方呎ノ海水ノ重量ハ64听ナルガ五百呎ノ深サニ於ケル海水ハ壓縮セラレテ其密度ヲ增シ一立方呎ノ重量ハ64.05听トナリ僅ニ0.05听ヲ增スニ過ギズ. 故ニ實際工事ニ於テハ水ハ壓縮セラレザルモノト見做シテ差支ナシ.

**彈性係數**　前述ノ如ク水ハ多少壓縮セラルヽモノニシテ其外壓力ヲ取去ルトキハ水ハ其彈性ニ因リテ再ビ原容積ニ復スベシ．水ヲ壓縮スル際單位面積上ノ壓力ト單位容積ノ變化トノ比ヲ**彈性係數**(Modulus of Elasticity)ト謂フ．而シテ之ハ容積ニ關スルモノナレバ之ヲ**積彈性係數**(Bulk Modulus)トモ謂フ．

E＝彈性係數

$p$＝單位面積ニ於ケル壓力

V＝水ノ原容積

$\Delta$V＝壓セラレタル容積

$$E=\frac{p}{\frac{\Delta V}{V}}$$

若シ$p$ガ一氣壓卽チ14.7听每平方吋ノトキハ

$$\frac{\Delta V}{V}=0.00005$$

故ニ

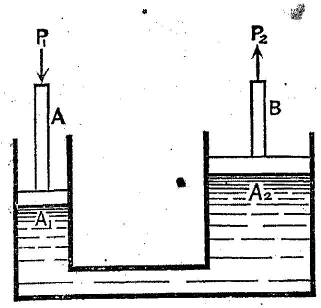
$$E=\frac{14.7}{0.00005}=294{,}000\ \text{听/平方吋}$$

此値ハ1000听每平方吋以下ノ壓力ニ對シテハ壓力ノ大小ニ關セズ一定不變ナリ．

**壓力ノ傳播**　**密閉セラレタル器中ノ液體ハ其一局部ニ加ヘラレタル壓力ヲ其力度ヲ變セスシテ總テノ方向ニ傳播ス之レ液體ノ特性ナリ．** 第227圖ニ於テA, Bナル二個ノ喞子ヲ有スル器中ニ水ヲ充タシA喞子ニ$P_1$ナル壓力ヲ加フルトキA喞子ノ面積ヲ$A_1$トスレバ其面ニ於ケル壓力度$p$ハ



第227圖




$$p=\frac{P_1}{A_1},\quad \text{卽チ}\quad P_1=p.A_1.$$

而シテ此壓力度$p$ハ液體ノ特性トシテ總テノ方向ニ傳播セラレB喞子ノ面$A_2$ノ上ニモ加ハルベシ．故ニ此B喞子ニ於ケル全壓力ヲ$P_2$トスレバ

$$P_2=p.A_2.$$

$$\frac{P_2}{P_1}=\frac{p.A_2}{p.A_1}.$$

故ニ

$$P_2=P_1\frac{A_2}{A_1}\text{..............................}(128)$$

B喞子ノ面積ヲA喞子ノ面積ニ比シテ大キクスル程$P_2$ヲ$P_1$ヨリ大キクスルヲ得卽チ小ナル力ニテ大ナル壓力ヲ生ゼシム．水壓機ハ此原則ヲ應用シタルモノナリ．

113.　**單位**　此篇ニ用フル單位ハ距離ヲ測ルニ呎

ヲ以テシ. 力ヲ量ル單位ヲ听トシ,時間ノ單位トシテ秒ヲ用フ.

水ノ壓力ヲ示スニ听每平方呎ヲ以テシ其容積ヲ示スニ立方呎ヲ用フ.併ナガラ習慣上水ノ壓力ノ單位トシテ听每平方吋ヲ用キ又容積ノ單位トシテ「ガロン」ヲ用フルコトモ多シト知ルベシ.「ガロン」(Gallon)ニハ英「ガロン」(Imperial Gallon)ト米「ガロン」(U. S. Gallon)トノ二種アリ.

1立方呎=7.48米「ガロン」

1米「ガロン」=0.833英「ガロン」

動水ノ原理ヲ研究スルニハ重力ノ加速度ヲ知ルコト必要ナリ此加速度ヲ示スニ呎每秒每秒ヲ以テス. 重力ノ加速度ハ地球ノ緯度及ビ海面上ノ高度ニヨリテ異ナルト雖普通ノ場合ニハ

重力ノ加速度 $g$=32.2呎每秒每秒

トシテ差支ナシ.

## 第二章 水壓

**114. 水頭ト水壓** (Head and Pressure) 水頭ト水壓トノ關係ヲ論スルニ先タチ**壓力度**ニ就テ說明セザルベカラズ. 壓力度トハ單位面積ニ働クル壓力ナ



リ. (第五節參照)

$p$=壓力度

$d$A=水壓ヲ受ケタル面積Aノ細微部分

$d$P=細微面積 $d$A 上ノ水壓

トスレバ $$p=\frac{dP}{dA}\text{..............................(129)}$$

即チ $$dP=p.dA$$

全面積Aニ於ケル全水壓Pハ此等ノ小部分ニ於ケル水壓ノ總和ナリ,若シ壓力度 $p$ ガ全面積ノ上ニ均等ナリトスレバ

$$P=p\int dA=p.A.$$

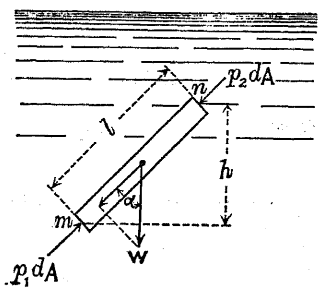
故ニ $$p=\frac{P}{A}\text{..............................(130)}$$

(130)式ニ於テ若シ $p$ ガ均等力度ナラザル場合ニハ $p$ ハ平均ノ力度ヲ示スモノト知ルベシ.

今靜止セル水ノ一部分卽チ $mn$ ナル柱狀體ヲ想像スレバ(第228圖ヲ見ヨ)此柱狀體ハ靜止狀態ニアルヲ以テ之ニ働ケル外力ハ總テ平衡ヲ保タザルベカラズ. 然ルニ此等ノ外力ヲ軸ノ方向ト之ニ直角ナル方向トニ分解スレバ各ノ方向ニ於ケル分力ノ代數和ハ零ナルベキナリ. 故ニ今軸ノ方向ニ於ケル外力ノ平衡ヲ考フルニ

$d$A=水柱ノ橫斷面積

第 228 圖




$l$=水柱ノ長

$p_1$=$m$點ニ於ケル水ノ壓力度

$p_2$=$n$點ニ於ケル水ノ壓力度

$p_a$=水面ノ單位面積ニ於ケル氣壓

W=水柱ノ重量

$w$=水ノ單位容積ノ重量

$\alpha$=水柱軸カ鉛直線トナス角

$h$=$m$, $n$二點ノ高低ノ差

然レバ$m$點ニ於テ水柱ニ加ハル水壓ハ$p_1dA$, $n$點ニ於ケル水壓ハ$p_2dA$ニシテ其方向ハ相反ス. 又水柱ノ重量Wハ$wldA$ナリ. 此重量Wノ水柱ノ軸ノ方向ニ於ケル分力ハ$W\cos\alpha$ニシテ其方向ハ$m$點ニ於ケル水壓ノ方向ト反對ナリ. 此等ノ外力ノ代數和ハ零ナラザルベカラズ故ニ

$$p_1.dA-p_2.dA-w.l.dA.\cos\alpha=0$$

卽チ
$$p_1-p_2=w.h \quad\cdots\cdots\cdots\cdots(131)$$

然ルニ水面ニハ氣壓加ハルヲ以テ第一章第112節ニヨリ(131)式ニ於ケル$p_1$及$p_2$ノ中ニハ氣壓ヲ含ム. 故ニ若シ$n$點カ水面ニアル場合ナレバ$p_2=p_a$トナ



ル故ニ(131)式ハ次ノ如クナルベシ.

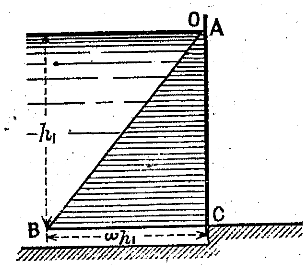
$$p_1=wh+p_a \quad\cdots\cdots\cdots\cdots(132)$$

然ルニ$p_1$ノ中ニモ$p_a$ヲ含メルヲ以テ水ニヨリテノミ生ズル壓力度ヲ$p$トスレバ$p_1=p+p_a$トナル從テ

$$p=wh, \quad 卽チ \quad h=\frac{p}{w} \quad\cdots\cdots\cdots\cdots(133)$$

上式ニ於テ$h$ハ水中ノ或一點$m$ヨリ水面マデノ鉛直距離ニシテ通常之ヲ**水頭**(Head)ト謂フ. 此水頭$h$ノ爲メニ$p$ナル水壓ヲ生ズル故ニ之ヲ**壓水頭**(Pressure Head)ト謂フ.

第 229 圖

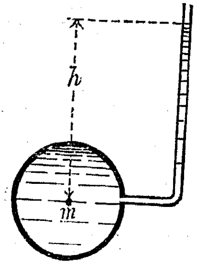



又上式ニ於テ$w$ハ常數ナル故ニ水面ニ於テ$h=0$ナルヲ以テ壓力度ハ零ニシテ其水頭ニ正比例シテ其壓力度ヲ增スモノニシテ其壓力度ノ配布ハ第229圖ノ如ク三角形ABCニテ表ハスヲ得ベシ.

通常一氣壓トハ每平方吋ニ14.7听ノ壓力度ニシテ水頭34呎ノ水ノ壓力度ニ等シ. 氣壓ニ限ラズ蒸汽ノ壓力其他ノ荷重ノ爲メ水面ニ外壓力加ハル場合ニハ外壓力ノ力度ヲ$p_0$ニテ示セバ(132)式ニヨリ

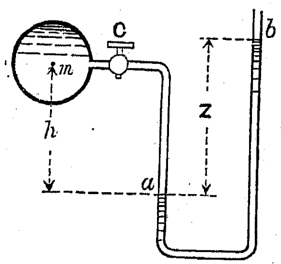
$$p'=w.h+p_0 \cdots\cdots\cdots\cdots (134)$$

第230圖




今第230圖ニ於ケル如ク管內ノ水中$m$點ニ於ケル水壓ヲ知ラントスルニハ管壁ニ小孔ヲ穿チ之ニ小管ヲ立テ管內ノ水ヲ之ニ通シ此小管內ニ昇リタル水面ト$m$點トノ鉛直距離卽チ水頭$h$ヲ測レハ(133)式$p=wh$ニヨリテ$m$點ノ水壓ヲ知ルヲ得ベシ. 然ルニ水壓大ナレバ長キ小管ヲ要シ實用上不便ナルヲ以テ第231圖ニ於ケル如ク水銀ヲ充タシタルU字形管ヲ管壁ニ挿入シテ管內ノ水ヲシテ水銀面ニ働カシムレハ$a$ナル水銀面ハ降リ$b$ナル水銀面ハ昇ルベシ. 此$a,b$ナル二ノ水銀面ノ落差$z$ヲ測リ知リテ$m$點ノ水壓$p_m$ヲ見出スヲ得ベシ.

第231圖




$w$=水ノ單位容積ノ重量

$w'$=水銀ノ單位容積ノ重量

$a$ナル水銀面ニ於ケル水壓ハZノ高サヲ有スル水銀柱ノ重サニ等シ.

$$p_m+w.h=w'.z$$



$$p_m=w'.z-w.h$$

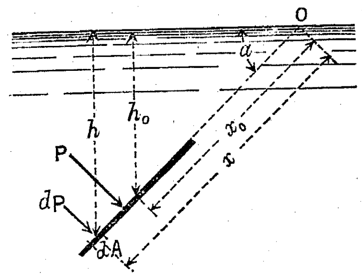
然ルニ $$\frac{w'}{w}=13.59$$

故ニ $$p_m=w(13.59z-h)$$

上式ニヨリ$z$ト$h$トヲ測知スレバ$m$點ニ於ケル水壓$p_m$ヲ見出スヲ得ベシ.

**115. 水中ノ面上ニ於ケル水壓** 第232圖ニ於ケル如ク水中ノ面上ニ細微ナル面$dA$ヲ想像シ此$dA$ナル面上ノ壓力度ヲ$p$トスレバ此$dA$ナル面上ニ於ケル總水壓$dP$ハ

第232圖




$$dP=p.dA=w.h.dA.$$

全面積Aノ上ニ於ケル總水壓ハ此細微面積上ノ水壓ノ總和ナリ,此總水壓ヲPトスレバ

$$P=\int w.h.dA=\int w.x.\sin\alpha.dA.$$

$$=w.\sin\alpha\int x.dA.$$

上式ニ於テ$xdA$ハ細微面積$dA$ノO軸ニ對スル面率ナリ今$\bar{x}$ヲ全面積Aノ中心GヨリO軸マデノ距離トスレバ

$$\int x.dA=\bar{x}.A$$

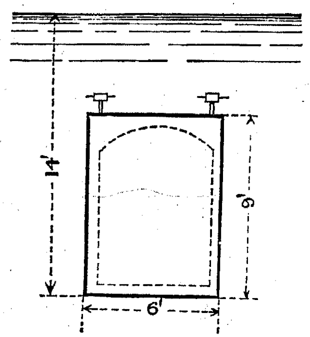
故ニ $P=w.\sin\alpha.\bar{x}A.$

$$P=A.w.h_0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(135)$$

上式ニ於テ$h_0$ハ面ノ中心ノ水頭ナリ.

**定理 水中ノ面上ニ於ケル總水壓ハ全面積ト,水ノ單位容積ノ重量ト及面ノ中心ノ水頭トノ相乘積ナリ**

第233圖




**例題** 玆ニ幅六呎,高サ九呎ノまねき扉アリ滿潮時ノ水面ハ扉ノ閾木以上十四呎ノ高サニアリ.此場合ニ扉面上ニ於ケル總水壓幾何ナルヤ

$w$=海水ノ單位容積ノ重量64听

$h_0$=扉ノ中心ノ水頭9.5呎

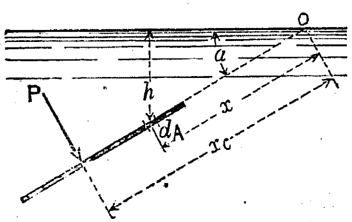
A=扉ノ面積54平方呎

(135)式ニヨリテ總水壓ヲ算出スルヲ得ベシ.

$$P=A.w.h_0$$
$$=54\times64\times9.5=32,832\text{听}$$

**116. 水壓ノ中心** 第234圖ニ於ケル如ク水中ニアル面中ノ細微ナル面積$dA$ノ上ニ加ハル水壓ヲ$dP$トスレバ

第234圖




$$dP=w.h.dA.$$

此水壓ノO軸ニ對スル



力率ハ

$$dP.x=w.h.dA.x.$$

全面積Aニ於ケル總水壓卽チ此等ノ細微面積上ノ水壓ノ合力ヲPトシ,Pノ働點C'ヨリO軸マデノ距離ヲ$x_c$トスレバ

$$P.x_c=\int dP.x.$$

$$x_c\int w.h.dA=\int w.h.dA.x.$$

然ルニ$h=x.\sin\alpha$ナル故ニ

$$w.\sin\alpha.x_c\int x.dA=w.\sin\alpha\int x^2dA$$

故ニ

$$x_c=\frac{\int x^2dA}{\int xdA}=\frac{I}{A\bar{x}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(136)$$

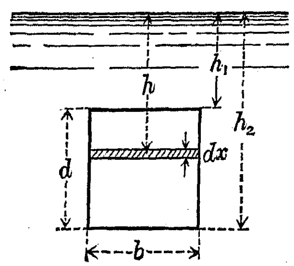
(136)式ニ於テ$\int x^2dA$ハ全面積AノO點ヲ通シ紙面ニ垂直ナル軸ニ對スル慣性能率ニシテ$\int xdA$ハ面積AノO軸ニ對スル面率ナリ.

**注意** 水中ノ面カ水面ト或傾斜ヲナストキハ此面ニ於ケル水壓ノ中心ハ面ノ中心ヨリ常ニ下ニアルモノニシテ若シ面ガ水平ノ位置ニアルトキハ水壓ノ中心ト面ノ中心トハ一致スルモノナリ.

**例題** 1. 長サ$d$,幅$b$ノ面ガ水中ニ鉛直ノ位置ニアルトキ其水壓ノ中心ハ水面ヨリ幾何ノ深サニアルヤ

先ツ面ノ中ニ於テ細微ナル細長面ヲ取リ其面積ヲ$dA$トスレバ

第235圖




$$dA=b.dx.$$

此細微面積カ集マリテ幅 $b$,長サ $d$ ナル全面積ヲナスモノナレバ(136)式

$$x_c=\frac{\int x^2.dA}{\int x.dA}$$

ノ中ニ dA ノ代リニ $b.dx.$ ヲ入レテ之ヲ $h_1$ ヨリ $h_2$ ノ限界ノ間ニ積分スレバ

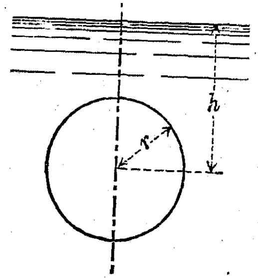
$$x_c=\frac{\int_{h_1}^{h_2} b.x^2.dx}{\int_{h_1}^{h_2} b.x.dx.}=\frac{2}{3}.\frac{h_2^3-h_1^3}{h_2^2-h_1^2}.$$

若シ此面ノ上邊ガ水面ト一致スル場合ニハ上式ニ於テ $h_1=0$ トナル故ニ

$$x_c=\frac{2}{3}h_2=\frac{2}{3}d$$

即チ水壓ノ中心ハ面ノ上邊ヨリ面ノ長サノ三分ノ二ノ所ニアリ.

第236圖




**例題** 2. 半徑 $r$ ノ圓板ガ水中ニ鉛直ノ位置ニアルトキ此圓板ニ於ケル水壓中心ハ水面ヨリ幾何ノ深サニアリヤ.

(136)式ニヨリ

$$x_c=\frac{I}{A\bar{x}}$$

然ルニ(46)式ニヨリテ

$$x_c=\frac{I_g+A.\bar{x}^2}{A.\bar{x}}$$

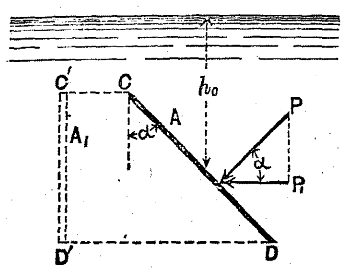
(58)式ニヨリテ $x_c=\dfrac{\frac{\pi r^4}{4}+\pi r.^2h^2}{\pi r.^2h}=h+\dfrac{r^2}{4h}.$

**117. 水壓ノ分力** (1)**平面ニ働ク水壓ノ分力** 水



中ノ平面 CD ニ於ケル(第237圖)水壓 P ヲ見出ス方法ハ第115節ニ於テ之ヲ説明セリ.今此 P ノ働線ト $\alpha$ 角ヲナス方向ニ於ケル P ノ分力ヲ求メントス.

第237圖




$$P=A.w.h_0$$

$$P_1=P.\cos\alpha.=w.h_0.A.\cos\alpha.$$

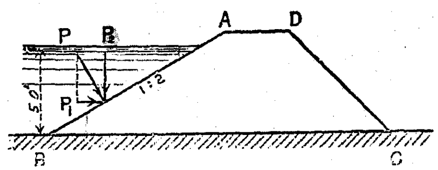
上式ニ於テ $A\cos\alpha$ ハ面 CD ヲ $P_1$ ノ方向ト直角ヲナセル面上ニ投射シタルモノニ等シ之ヲ $A_1$ トスレバ

$$A\cos\alpha=A_1$$

故ニ $$P_1=w.h_0.A_1\ldots\ldots\ldots\ldots(137)$$

**水中ニアル平面上ニ働ケル水壓ノ或方向ニ於ケル分力ハ與ヘラレタル平面ノ中心ニ於ケル壓力度ト,分力ノ方向ト直角ナル面上ニ與ヘラレタル面ヲ投射シタル面積トノ相乘積ナリ.**

第238圖




**例題** 茲ニ一ツノ堰堤アリ其水ニ面シタル法ヲ二割トシ水深ヲ五十呎トスレバ此法ノ面上ニ加ハル水壓ノ水平分力及鉛直分力ハ各幾

何ナリヤ

先ツ水平分力 $P_1$ ヲ見出サン。(137)式

$$P_1=w.h_0.A_1$$

ノ中ニテ

$$w=62.5 \text{ 听}$$

$$h_0=25 \text{ 呎}$$

$$A_1=50 \text{ 平方呎}$$

$$P_1=62.5\times25\times50=78,125 \text{ 听}$$

次ニ鉛直分力 $P_2$ ヲ見出スニハ水平分力ノ場合ト同シク(137)式ニヨリ

$$w=62.5 \text{ 听}$$

$$h_0=25 \text{ 呎}$$

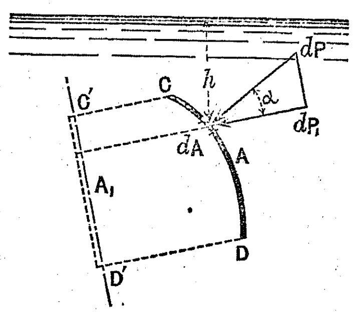
$$A_1=100 \text{ 平方呎}$$

$$P_2=62.5\times25\times100=156,250 \text{ 听}$$

但シ堰堤ノ長サハ單位長一呎ヲ取リタルモノト考フベシ。

**(2) 曲面ニ働ク水壓ノ分力**　第239圖ニ於ケルガ如ク水中ノ曲面ノ一部ニ細微ナル面積 $dA$ ヲ取リ此面上ニ於ケル水壓ヲ $dP$ トスレバ

第239圖




$$dP=w.h.dA.$$

$dP$ ナル水壓ノ方向ガ或一定線トナス角ヲ $\alpha$ トスレバ此定線ノ方向ニ於ケル分力 $dP_1$ ハ次ノ如シ

$$dP_1=dP.\cos\alpha=w.h.dA.\cos\alpha.$$

全曲面ニ於ケル水壓ノ此定線ニ沿ヒタル分力ハ即



チ $dP_1$ ノ總和ニシテ之ヲ $P_1$ トスレバ

$$P_1=w\int h.\cos\alpha.dA \text{..........................(138)}$$

之ハ一般公式ニシテ次ノ如キ場合ニハ簡單ニ積分スルコトヲ得。

若シ水頭 $h$ ガ甚大ニシテ曲面ノ何レノ部分ニ於テモ水頭均一ナリト見做シテ差支ナキ場合ナレバ

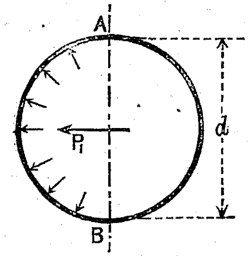
$$P_1=w.h.\int\cos\alpha.dA.$$

$\int\cos\alpha.dA$ ハ曲面 A ヲ定線ニ直角ナル面上ニ投射シタル面積 C'D' 即チ $A_1$ ナルガ故ニ

$$P_1=w.h.A_1$$

茲ニ第240圖ノ如ク直徑 $d$ ナル鐵管アリテ水頭ハ直徑ニ比シテ甚大ナリトス。然ラバ管內ノ水壓力度ハ總テノ方向ニ於テ均一ナリト見做シテ差支ナシ。今 AB 線ヨリ左半分ニ於ケル管ノ內面ニ働ク水壓ノ AB ニ直角ナル方向ニ於ケル分力 $P_1$ ハ若シ鐵管ヲ單位ノ長サノモノトスレバ上式ニ於テ $A_1=d$ ナル故ニ

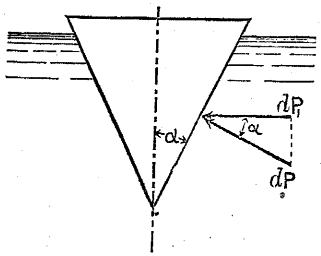
第240圖




$$P_1=w.h.d=p.d.$$

第241圖ノ如ク若シ曲面ガ圓錐形ノ表面ノ如キ場合ナレバ $\alpha$ ハ常數ニシテ(138)式ニヨリテ

第 241 圖




$$P_1 = w.\cos\alpha\int h.dA$$

$$\int h dA = h_0.A.$$

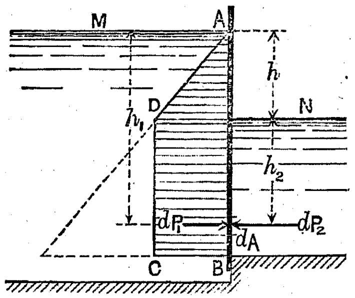
故ニ

$$P_1 = w.h_0.A\cos\alpha.$$

$$= w.h_0.A_1.$$

**118. 一平面ノ兩側ニ於ケル水壓** 一ノ平面ノ兩側ニテ水位ガ異ナレル場合ニ兩側ニ於ケル水壓ノ合力ヲ見出スニハ此平面中ニ $dA$ ナル細微面ヲ取リ此面上ニ於ケル左方ノ水壓ヲ $dP_1$ トシ右方ノ水壓ヲ $dP_2$ トスレバ

第 242 圖




$$dP_1 = w.h_1.dA.$$

$$dP_2 = w.h_2.dA.$$

此二力ノ合力ヲ $dR$ トスレバ

$$dR = dP_1 - dP_2 = w(h_1 - h_2)dA. = w.h.dA. \qquad \text{.........(139)}$$

上式ニ於テ $h$ ハ兩側ニ於ケル水位ノ落差ナリ.

此面ノ兩側ニ於ケル水壓ノ合力ハ兩水面ノ落差 $h$ ニ比例シ其兩側ノ水頭 $h_1$ 及 $h_2$ ノ大小ニハ關係ナシ. 卽チ水壓ノ力度ハ M ト N トノ二水面ノ間ハ其水頭ニ比例シテ增シ夫ヨリ以下ハ水壓ハ一定不變

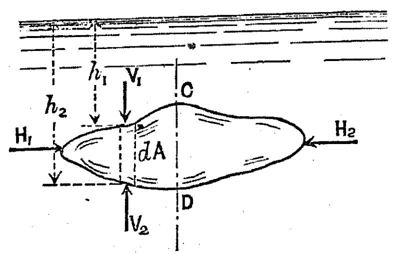


ナリ. 故ニ第 242 圖ニ示セル如ク壓力度ノ配布ハ ABCD ナル梯形ニテ表ハスヲ得.

# 第三章 浮體

**119. 浮力及浮力ノ中心** (Buoyancy and Center of Buoyancy) 第 243 圖ノ如ク物體ガ水中ニ浸サレタルトキ之ニ加ハル水ノ浮力ヲ見出サントス. 此物體ヲ CD ナル面ニテ縱斷シ此斷面ヨリ右ノ部分ニ加ハル總水壓ノ水平分力ヲ $H_2$ トシ左ノ部分ニ加ハル分力ヲ $H_1$ トスレバ第 117 節ニヨリ $H_1$ ハ CD ナル斷面上ニ於ケル總水壓ニ等シク, $H_2$ モ亦 CD 面上ニ於ケル總水壓ト等シ,故ニ此二力ハ等シクシテ其方向相反セルニ由リ相殺シテ物體ノ位置ニハ變動ヲ與ヘズ.

第 243 圖




又此物體中ニ細微ナル斷面 $dA$ ヲ有スル鉛直柱狀體(第 243 圖中點線ヲ以テ示ス)ヲ取リ其上下ノ端ニ加ハル水壓ノ鉛直分力ヲ各 $V_1$ 及 $V_2$ ニテ示セバ

$$V_1 = w.h_1.dA.$$

$$V_2=w.h_2.dA.$$

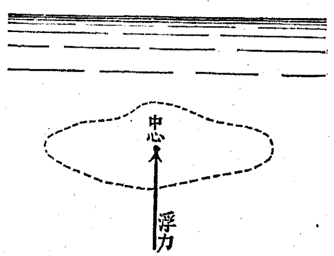
$h_2$ ハ $h_1$ ヨリ大ナルニヨリ $V_2$ ハ $V_1$ ヨリ大ナリ. 故ニ $V_1$ 及 $V_2$ ノ合力ハ上方ニ向フ之ヲ $dR$ ヲ以テ示セバ

$$dR=V_2-V_1=w(h_2-h_1)dA.\dots\dots\dots\dots\dots(140)$$

上式ニ於テ $w(h_2-h_1)dA$ ハ此柱狀體ト同形ニシテ且同容積ノ水ノ重量ニ等シ. 然ルニ全物體ハ此等ノ柱狀體ノ集合セルモノト見做シ得ルモノナルガ故ニ

**物體ニ働ク水壓ノ合力ハ上向ニシテ其物體ノ容積ニ等シキ水即チ物體カ排除シタル水ノ重量ト相等シ此合力ヲ稱シテ浮力ト謂フ.**

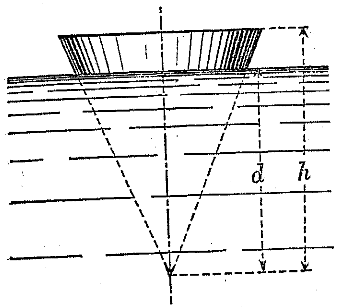
第 244 圖




次ニ浮力ノ働點ヲ見出サンニ物體ニ働ク浮力ハ其物體ト同形同積ノ水塊ノ重量ニ等シク唯方向相反スルモノナレバ浮力ノ働點ハ此水塊ノ重心ト一致スベキナリ. 此點ヲ稱シテ**浮力ノ中心**ト謂フ. 若シ水中ニ浸サレタル物體ガ齊等質ナレバ其重心ト浮力ノ中心トハ一致スベシ.

120. **浮體ノ吃水** 浮體ノ重量ハ浮體ノ爲メニ排除サレタル水ノ重量ト相等シキ故ニ容易ニ浮體ノ吃水ヲ見出スヲ得ベシ. 然ルニ浮體ノ形狀ガ不規則ナルトキハ其高サト體積ノ關係ガ不明ナルヲ以テ其吃水ヲ見出スコト困難ナレドモ圓錐形,圓筒形等ノ如キモノニシテ其高サト體積ノ關係ガ明ナル形ナレバ直ニ其吃水ヲ見出スヲ得ベシ. 例令バ第 245 圖ノ如ク圓錐形ガ頂點ヲ下ニシテ水面ニ浮ビシトキ其吃水 $d$ ヲ見出サンニ

第 245 圖






$V$=圓錐體ノ容積

$w'$=圓錐體ノ單位容積ノ重量

$v'$=浸水部分ノ容積

然ルトキハ

$$\frac{v'}{V}=\frac{d^3}{h^3}.\quad 即チ\quad v'=\frac{d^3}{h^3}V.$$

$$圓錐體ノ重量=w'V.$$

$$排除サレタル水ノ重量=w\frac{d^3}{h^3}V.$$

此二ツノ重量ハ相等シキ故ニ

$$w'.V=w\frac{d^3}{h^3}V.\quad 即チ\quad d=h\sqrt[3]{\frac{w'}{w}}.$$

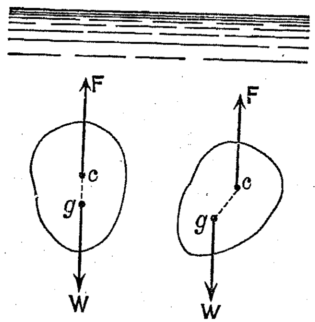
圓錐體ノ比重ヲ $s$ トスレバ $s=\frac{w'}{w}$.

故ニ $$d=h\sqrt[3]{s}.$$

$d$ ハ求ムル浮體ノ吃水ナリ.

### 121. 水中ニアル物體ノ安定.

第 246 圖




(1) 物體ノ重サガ之ニ働ク浮力ヨリ大ナレバ物體ハ沈ム.

(2) 物體ノ重サガ之ニ働ク浮力ヨリ小ナレバ物體ハ浮ブ.

(3) 物體ノ重サガ之ニ働ク浮力ト等シケレバ物體ハ浮バズ沈マズ. 何レノ位置ニテモ靜止スルモノナリ. 然レドモ此物體ハ一部分タリトモ決シテ水面上ニ露出スルコトナシ.

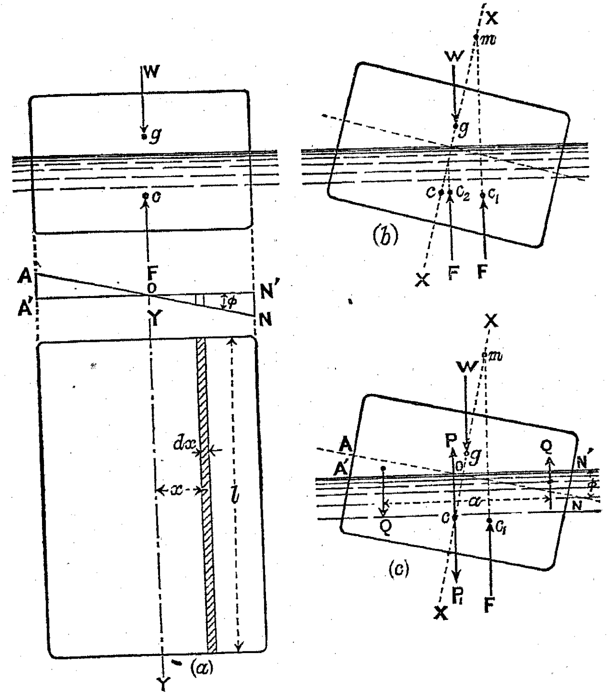
第246圖ハ(3)ノ場合ヲ示スモノニシテ F ヲ浮力, W ヲ物體ノ重量, $c$ ヲ浮力ノ中心, $g$ ヲ物體ノ重心トスレバ $c$ ト $g$ トガ同一鉛直線上ニ來リテ $c$ ガ $g$ ノ上ニアルトキハ此物體ハ安定ノ平衡ニアリ. 何トナレバ其物體ヲ傾ケテモ物體ハ (F, W) ナル偶力ノ作用ニヨリテ原位置ニ復スルヲ以テナリ. 若シ $c$ カ $g$ ノ下ニ來レバ此物體ハ不安定ノ平衡ニアリテ少シク傾ケバ直ニ轉倒ス. 若シ $c$ ト $g$ トガ一致



スレバ物體ハ中立ノ平衡ニアリ.

**122. 浮體ノ安定** 浮體ノ安定ハ水中ニアル物體ノ安定ト其趣ヲ異ニス. 今函船 (Pontoon) ノ場合ニ就テ之ヲ論セン. 第247圖ニ於ケル如ク浮力ノ中心

第 247 圖




$c$ カ函船ノ重心 $g$ ヨリ下ニアル故ニ一見不安定ノ如ク見ユルモ必ズシモ然ラズ.例令バ函船カ圖ノ如ク右ニ傾ケル場合ニ浮力中心ガ $c_1$ ニ移リタリトスレバ浮力ト重力トハ偶力ノ作用ヲナシテ函船ヲ原

ノ鉛直ノ位置ニ直サントスル傾向アルヲ以テ此場合ニハ安定ナリ．然レドモ若シ函船カ傾ケルトキ浮力ノ中心ガ$c_1$ニ移ラズシテ$c_2$ニ移リタリトスレバ偶力ハ前ト反對ノ働ヲナシテ函船ハ轉覆スル傾向アルベシ．故ニ此函船ガ安定ナルト否トハ傾斜位置ニ於ケル浮力ノ働線ト函船ノ中心軸XXトノ交點$m$ガ$g$ヨリ上ニアルカ下ニアルカニヨリテ定マル．此交點$m$ヲ稱シテ**傾心**(metacenter)ト謂フ．**凡テ浮體ノ平衡ハ傾心カ浮體ノ重心ヨリ高キトキハ安全ニシテ傾心ガ重心ヨリ低キトキハ不安定ナリ．**

今函船ガ鉛直ノ位置ヨリ極微ナル傾斜$\phi$ヲナセル場合ヲ考フレバ之ヲ鉛直位置ニ復セシメントスル力ハ偶力(F, W.)ニシテ$F\overline{mg}\sin\phi$ナリ．今C點ニ方向相反シ其大サFニ等シキ鉛直ナル二力Pト$P_1$トヲ加フレバ即チ偶力(F, W)ヲ(F, $P_1$)及(W, P)トノ二ツノ偶力ニテ置換フレバ

$$P=P_1=F=W.$$

$$F.\overline{mg}.\sin\phi=F.\overline{mc}\sin\phi-F.\overline{gc}\sin\phi \quad\cdots\cdots(a)$$

若シ此函船ガ傾クトキ其水面モ亦タ同程度ニ傾キタリト假定スレバ浮力ノ中心$c$ハ移動セズ．從テ偶力(F, $P_1$)ハ存在セザルユヘ函船ハ偶力(W, P)ノ爲メニ益々傾斜セントスベシ．然ルニ實際ハXX



軸ノ右方ニ於テ楔形NON′ノ部分ハ水中ニ沈ミ從テ其浮力ヲ增加シ,左方ハ楔形AOA′ノ部分ガ水上ニ出デ從テ其浮力ヲ減ズ．而シテ其增減シタル浮力ヲQニテ示セバ此偶力(Q, Q)ハ函船ヲ原位置ニ復セントスベシ．此偶力(Q, Q)ガ偶力(F, $P_1$)ニ相當スルモノナリ．即チQトQトノ間ノ距離ヲ$a$トスレバ

$$F.\overline{mc}\sin\phi=Q.a \quad\cdots\cdots(b)$$

故ニ
$$F.\overline{mg}.\sin\phi=Q.a-F.\overline{gc}\sin\phi \quad\cdots\cdots(c)$$

又(b)式ニヨリ
$$\overline{mc}=\frac{Q.a}{F.\sin\phi} \quad\cdots\cdots(d)$$

今函船ノ水線斷面中ニ任意ノ細長面$l\times dx$ヲ取リ，YY軸ヨリ此細長面マデノ距離ヲ$x$,此細長面ノ面積ヲ$dA$ニテ示セバ此細長面ヲ底トシテON′トONトノ二面ノ間ニ挾マレタル角柱ノ高サハ$\phi x$ニシテ其體積ハ$\phi.x.dA$ナリ．而シテ之ニ相當スル浮力ハ$w.\phi.x.dA$ニシテ此浮力ノYY軸ニ對スル力率ハ$w.\phi.x^2.dA$ナリ．依テ楔形NON′ノ體積ニ相當スル浮力ノ偶力ノ力率ハ次ノ如シ．

$$Q.a=w.\phi.\int x^2dA=w.\phi.I_0 \quad\cdots\cdots(e)$$

$I_0$ハ水線斷面積ノYY軸ニ對スル慣性能率ナリ．然ルニ(d)式ニヨリ

$$\overline{mc}=\frac{w.\phi.I_0}{F.\sin\phi}\cdots\cdots\cdots\cdots(f)$$

上式ニ於テ$\phi$ハ極微ナル故ニ$\phi=\sin\phi$ト見做スコトヲ得.

又函船ノ排水容積ヲVニテ表ハセバ

$$F=V.w.$$

故ニ
$$\overline{mc}=\frac{w.\phi.I_0}{V.w.\phi}=\frac{I_0}{V}\cdots\cdots\cdots\cdots(141)$$

上式ニテ$\overline{mc}$ノ値ヲ知レバ傾心ノ位置ヲ見出スコトヲ得ベシ.

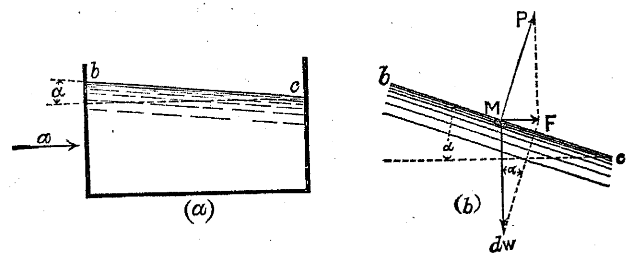
## 第四章　運動ガ器中ノ水ニ及ボス影響

123. **容器ヲ水平ニ動カス場合**　若シ容器ヲ水平ニ$a$ナル加速度ヲ以テ動カセバ其動キ始ニ於テハ水面動搖スルモ遂ニ一定ノ水面$bc$ノ位置ヲ保ツニ至ルベシ.(第248圖). 今此水面$bc$ガ水平トナス角$\alpha$ノ値ヲ見出サントス.

水面$bc$ニ於ケル一微分子Mヲ取リテ考フレバ此微分子ガ水平ノ方向ニ加速度$a$ヲ以テ動キツヽアルヲ以テ其運動ノ方向ニ或力Fガ働カザルベカラズ.此微分子ノ質量ヲ$dM$ニテ示セバ此力Fノ値ハ



第 248 圖




次ノ式ヲ以テ表ハスヲ得.

$$F=dM.a.$$

又此微分子ノ重量ヲ$dW$トスレバ此重量$dW$ト或他ノ力Pトノ合力ガFニ等シカラザルベカラズ.而シテPノ方向ハ水面ト直角ナラザルベカラズ. 若シ其方向ガ水面ト直角ナラザレバ水ノ微分子間ニハ摩擦ナキ故ニ其力ノ水面ニ並行ナル分力ニヨリテ此微分子ハ水面上ニ沿フテ移動セザルベカラズ.然ルニ此微分子ハ加速度$a$ヲ以テ動キツヽアルモ相隣レル微分子ノ相互ノ位置ハ變ゼザル故Pノ方向ハ水面ニ直角ナラザルベカラズ. 依テ第248圖ニ於テ

$$F=dW.\tan\alpha.$$

又
$$F=dM.a=\frac{dW}{g}a.$$

故ニ
$$dW.\tan\alpha=\frac{dW}{g}a.$$

即チ　　$\tan\alpha=\frac{a}{g}$ ……………………(142)

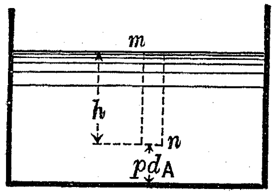
若シ此器ヲ同ジ加速度ヲ以テ反對ノ方向ニ動カス場合ハ水面モ亦反對ノ方向ニ$\alpha$ノ傾斜ヲナスベシ.

若シ減速度ヲ以テ動カス場合ハ加速度ヲ以テ動カス場合ト反對ノ結果ヲ生ズベシ.

若シ等速度ヲ以テ動カス場合ハ$a=0$ナレバ$\tan\alpha=0$即チ容器中ノ水面ハ水平ナリ.

**124. 容器ヲ鉛直ニ動カス場合**　第249圖ノ容器ヲ上方ヘ$a$ナル加速度ヲ以テ動カストキ其水中ニ細微斷面$dA$ヲ有スル水柱$m\ n$ヲ假想スレバ此水柱ノ底面ニ加ハル壓力ハ水頭$h$ニ對スル水壓ト加速度$a$ノ影響ニヨル壓力トノ和ナルベシ之ヲ$p.dA$トセバ此壓力ト水柱ノ重量$w.h.dA$トノ合力ガ此水柱ニ$a$ナル加速度ヲ與フル力ナリ其力ヲFニテ表ハセバ

第249圖




$$F=p.dA.-w.h.dA.$$

又重量$w.h.dA.$ヲ有スル水柱ニ加速度$a$ヲ與フル力ハ



$$F=\frac{w.h.dA}{g}a$$

故ニ　　$$p.dA.-w.h.dA=\frac{w.h.dA}{g}a$$

即チ　　$$p=wh+\frac{w.h.a}{g}=w.h\left(\frac{g+a}{g}\right)\text{……………………(143)}$$

若シ容器ノ加速度$a$ガ重力ノ加速度$g$ト等シケレバ(143)式ハ次ノ如クナルベシ.

$$p=2.w.h.$$

即チ容器ガ重力ノ加速度ト同ジ加速度ヲ以テ昇ルトキハ容器中ノ水壓ハ靜止セル器中ノ水壓ノ二倍ナリ.

若シ又容器カ$a$ナル加速度ヲ以テ下方ニ動ク場合ハ

$$p=w.h\left(\frac{g-a}{g}\right)\text{……………………(144)}$$

若シ容器ガ重力ノ加速度ニ等シキ加速度ヲ以テ自由ニ落下スル場合ナレバ

$$p=w.h.\left(\frac{g-g}{g}\right)=0$$

即チ器中ノ水壓ハ0トナルベシ.

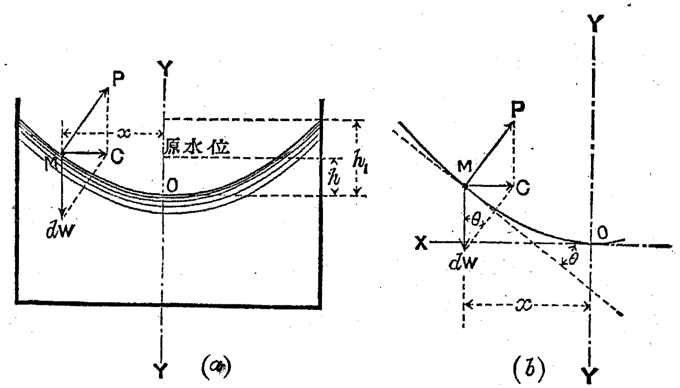
若シ容器ガ等速度ヲ以テ上方又ハ下方ニ動クナレバ

$$p=w.h\left(\frac{g\pm0}{g}\right)=w.h.$$

即チ容器中ノ水壓ハ靜止セル器中ノ水壓ト等シカルベシ.

**125. 容器ヲ廻轉セシムル場合** 今容器ガ縱軸YYノ周圍ニ廻轉スル場合ヲ取リテ考フルニ YY 軸ヨ

第250圖




リ $x$ ノ距離ニアル微分子 M ニ働ケル重量 $d$W ト此點ニテ水面ニ直角ナル方向ニ働ケル力 P トノ合力 C ガ水平ニ働キテ此合力 C ト微分子ニ加ハル遠心力トガ互ニ平衡ヲ保チテ此微分子ハ靜止ノ狀態ニアリテ其原位置ニ止マルベシ. 而シテ此微分子ノ質量ヲ $d$M ニテ示セバ之ニ働ク遠心力ハ次ノ如シ.

$$\mathrm{C}=\frac{d\mathrm{M}.v^2}{x}$$

上式ニ於テ $v$ ハ微分子ノ線速度ニシテ其微分子ノ角速度ヲ $\alpha$ トスレバ



$$v=\alpha x.$$

故ニ
$$\mathrm{C}=\frac{d\mathrm{M}.\alpha^2x^2}{x}=\frac{d\mathrm{W}}{g}\alpha^2x.$$

第250圖ニ於テ
$$\tan\theta=\frac{\mathrm{C}}{d\mathrm{W}}=\frac{\frac{d\mathrm{W}}{g}.\alpha^2x}{d\mathrm{W}}=\frac{\alpha^2x}{g}$$

$\theta$ ハ M 點ニ於ケル切線ガ OX 軸トナス角ニシテ

$$\tan\theta=\frac{dy}{dx}.$$

故ニ
$$\frac{dy}{dx}=\frac{\alpha^2x}{g}$$

之ヲ積分スレバ
$$y=\frac{\alpha^2x^2}{2g}\quad\text{.............................}(145)$$

上式ハ拋物線ヲ表ハス.而シテ器中ノ水面ハ此拋物線ガ YY 軸ノ周圍ニ廻轉シテ生ジタル面即チ拋物線面ナリ. 而シテ拋物線體ノ容積ハ之ニ外切セル圓筒形ノ容積ノ二分ノ一ナルヲ以テ器中ノ原水位ハ此拋物線體ノ高サノ二分ノ一ノ所ニアリ. 故ニ第 250 ($a$) 圖ニ於テ靜止セル容器中ノ原水位ト廻轉セル器中ノ最高水位トノ落差ハ其最底水位ト原水位トノ落差ニ等シ. 即チ $h=\frac{1}{2}h_1$ ナリ.

以上ハ靜止シタル水ニ關シタル研究ニシテ所謂靜水力學ノ部ニ屬セリ. 動水力學即チ流動セル水ニ關シテハ以下各章ニ於テ之ヲ詳論スベシ.

# 第五章 定流

**126. 定流及流線** (Steady Flow and Stream Line)　流水中ノ任意ノ一點ニ於ケル流速及方向ガ常ニ一定不變ナレバ之ヲ**定流**ト謂フ.

水ガ水路又ハ管内ヲ流動スル際ニ其流水中ノ一點ニ於ケル流速及ビ其ノ方向ガ時々刻々變ジ從テ流量ガ常ニ增減スルトキハ之ヲ**不定流**ト謂フ. 以下論スル所ハ皆定流ニ關スルモノト知ルベシ.

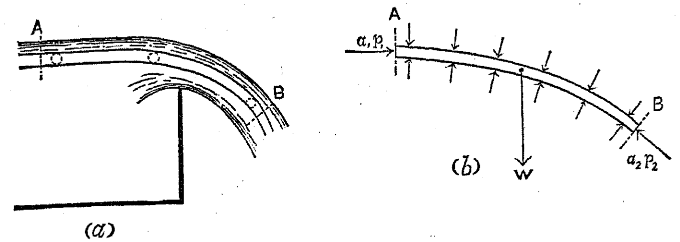
流水中ノ一微分子ガ通過スル所ノ路線ヲ**流線**ト謂フ. 定流ニ於テ流線ハ一定不變ニシテ互ニ相妨グズ.而シテ流線ノ各點ニ引キタル切線ガ其點ニ於ケル微分子ノ流動ノ方向ヲ示スモノナリ.

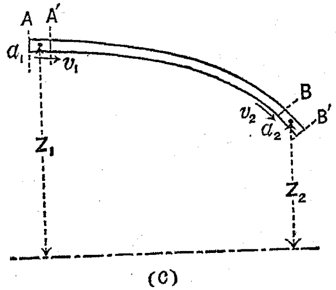
**127. べるぬいり (Bernouilli) 氏ノ定理**　西暦1738年ニだにえる.べるぬいり (Daniel Bernouilli) 氏ガ水ノ流動ニ關スル定理ヲ說ケリ.此定理ガ動水力學ノ基礎トナルモノナリ.

今第251 (a) 圖ニ於テ流水中ニ於テ水ガ流線ニテ圍マレタル假想管 AB 内ヲ流ルヽト假定スレバ此管内ヲ流ルヽ水ガ一定時間ニ或斷面ヲ通過スル水量ハ一定ノモノナラザルベカラズ. 然ラザレバ水



第251圖




ハ管内ノ一局部ニ累積ヲ起スベシ. 然ルニ水ハ殆ンド壓縮シ得ラレザルモノナルヲ以テ累積ヲ起スコト能ハズ故ニ管内各斷面ノ流量ハ一定ニシテ管内各點ノ斷面積ヲ $a_1, a_2, a_3$……トシ.之ニ相當スル流速ヲ $v_1, v_2, v_3$……トスレバ

$$a_1v_1=a_2v_2=a_3v_3=Q.$$

即チ**管内ノ各斷面ノ流量 Q ハ一定不變ナリ.**

今假想管内ノ流水ノ一部 AB ヲ取リ. A 及 B ニ於ケル斷面積ヲ夫々 $a_1$ 及 $a_2$ トスレバ (第251 (b) 圖) 此 AB ナル水體ニ働ク外力ハ $a_1$ ニ加ハル水壓 $a_1p_1$, $a_2$ ニ加ハル水壓 $a_2p_2$, 此水體ニ働ク重力 W 及流線ニ直角ナル方向ニ働ク水壓ナリ. 然ルニ流線ニ直角ナル水壓ハ互ニ相平衡シ水流ニ影響ヲ及ボスモノ

ニアラザレバ之ヲ考フルノ必要ナシ．今 $a_1p_1$, $a_2p_2$ 及Wナル三力ガ極短時間 $dt$ ノ間働キテ AB ナル水體ガ A′B′ ナル位置ニ進ミタリトスレバ A ハ A′ ニ B ハ B′ ニ進ミ其進行ノ距離ハ各

$$AA'=v_1dt.\quad BB'=v_2dt.$$

ニシテ $v_1$ 及 $v_2$ ハ各其速度ナリ．而シテ此 $dt$ 時間ニ此三力ノ爲シタル働ハ次ノ如シ

$a_1p_1$ ナル水壓ガ爲シタル働 $=+a_1.p_1.v_1.dt=p_1.Q.dt.$

$a_2p_2$ ナル水壓ガ爲シタル働 $=-a_2.p_2.v_2.dt=-p_2.Q.dt.$

重力ガ爲シタル働 $=w.a_1.v_1.dt(Z_1-Z_2)=w.Q.dt(Z_1-Z_2).$

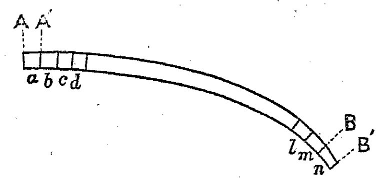
即チ AB ナル水體ガ A′B′ マデ移動スルトキ重力ニヨリテ爲サレタル働ハ A′B ナル部分ハ不動ト見做シ得ルニヨリ（第251(c)圖）AA′ ナル部分ガ BB′ マデ即チ $(Z_1-Z_2)$ ノ間ヲ下ルトキニ爲サレタル働ニ等シカルベシ．依テ最後ノ式ハ AB ナル水體ガ A′B′ ナル位置マデ移動スルトキ重力ニヨリテナサルヽ働ヲ表ハスベシ．

又 AB ナル水體ガ A′B′ ノ位置ニ進ム間ニ起ル動勢ノ變化ヲ考ヘン．今此ノ水體ヲ $a, b, c, d \ldots\ldots l, m, n$ ノ小ナル部分ニ分チ $a$ ナル部分ガ進ミテ $b$ ノ位置ニ移リ $b$ ナル部分ガ $c$ ノ位置ニ進ミ順次ニ其次ノ部分ノ位置ヲ取ルモノト假定ス．然ルトキハ $a$



ガ有スル動勢ヲ $k_a$ トシ $a$ ガ $b$ ノ位置ニ進ミテ有スル動勢ヲ $k_b$ トスレバ $a$ ガ $b$ マデ進ミタル後ノ動勢ノ變化ハ $(k_b-k_a)$ ニシテ $b$ ガ $c$ ニ進ミタル後ノ動勢ノ變化ハ $(k_c-k_b)$ ナリ故ニ此等ノ動勢ノ全體ノ變化ヲKトスレバ

第 252 圖




$$K=(k_b-k_a)+(k_c-k_b)+(k_d-k_c)+\ldots\ldots+(k_m-k_l)+(k_n-k_m).$$

$$K=k_n-k_a$$

即チ動勢ノ全變化ハ $n$ ガ有スル動勢ト $a$ ガ有スル動勢トノ差ナリ之ニ由テ

$$K=\frac{w.Q.dt}{2g}(v_2^2-v_1^2)$$

然ルニ水體 AB ヲ A′B′ マデ動カスニ爲サレタル働ハ AB ガ A′B′ マデ進ム際ノ動勢ノ變化ニ等シ之ヲ式ニ示セバ

$$p_1.Q.dt-p_2.Q.dt+w.Q.dt(Z_1-Z_2)=\frac{w.Q.dt}{2g}(v_2^2-v_1^2)$$

即チ $$\frac{v_1^2}{2g}+\frac{p_1}{w}+Z_1=\frac{v_2^2}{2g}+\frac{p_2}{w}+Z_2\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(146)$$

一般ニ $$\frac{v^2}{2g}+\frac{p}{w}+Z=\text{常數}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(147)$$

上式ニ於テ $\frac{v^2}{2g}$=流速水頭 (Velocity Head).

$\frac{p}{w}$=壓水頭 (Pressure Head).

Z=高度水頭 (Elevation Head).

**定理** **水流ガ定流ニシテ且ツ摩擦其他ノ原因ニヨリテ水頭ニ何等ノ損失ナキモノト假定スレバ流線ノ各點ニ於ケル流速水頭,壓水頭及高度水頭ノ和ハ一定不變ナリ.**

然ルニ考ヘツヽアル假想管内ノ水流ニ於テモ其周邊ニ沿フテ多少ノ摩擦アリ且水ノ微分子間ノ內部摩擦アルヲ以テ之ニ打勝ツ爲ニハ多少ノ働ヲナサザルベカラズ.而シテ摩擦ハ水ノ流ノ方向ニ反對ニ働ク故ニ之ガ爲メニ爲サルヽ働ハ負號ナリ. 今極短時間 $dt$ ノ間ニ於ケル流量ヲ $w.Q.dt$ トシ此重サノ水ガ摩擦ニ打勝チテ流ルヽ故ニ摩擦ニ起因スル損失水頭ヲ $h'$ トスレバ摩擦ガ流水ニ逆ツテ爲シタル働ハ $-w.Q.dt.h'$ ナリ. 故ニ摩擦ヲ考ニ入ルレバ(146)式ハ次ノ如クナルベシ.

$$p_1.Q.dt.-p_2.Q.dt+w.Q.dt(Z_1-Z_2)-w.Q.dt.h'$$

$$=\frac{w.Q.dt}{2g}(v_2^2-v_1^2)$$

即チ $$\frac{v_1^2}{2g}+\frac{p_1}{w}+Z_1=\frac{v_2^2}{2g}+\frac{p_2}{w}+Z_2+h' \qquad (148)$$



(148)式ヨリ $h'$ ヲ見出スニハ

$$h'=\left(\frac{v_1^2}{2g}+\frac{p_1}{w}+Z_1\right)-\left(\frac{v_2^2}{2g}+\frac{p_2}{w}+Z_2\right) \qquad (149)$$

(148)及(149)式ニ於ケル $h'$ ハ考ヘツヽアル假想管內ノ水流ニ就テハ唯摩擦ニ基因スル損失水頭ヲ表ハスモノナレドモ實際ノ水流ニ於テハ其他ノ原因ニヨリテ亦水頭ノ損失アルヲ免レズ. 故ニ實際ノ水流ニ適用スル場合ニ於テハ $h'$ ハ總テノ原因ニ基ク損失水頭ヲ取ルベキナリ. 故ニ實際ノ水流ニ關シテハ前述ノ定理ハ次ノ如クナルベシ.

**定理** **定流ノ或一點ニ於ケル流速水頭,壓水頭,及高度水頭ノ和ハ下流ニ於ケル他ノ一點ノ三水頭ノ和ニ此二點間ノ損失水頭ヲ加ヘタルモノニ等シ.**

損失水頭ノ起ル原因ハ次ノ如シ.

(1) 水ノ微分子間ノ內部摩擦.

(2) 水ト之ヲ圍ム物質トノ間ノ摩擦.

(3) 水路ノ斷面ノ急劇ナル變化.

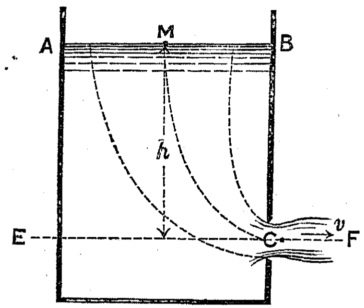
(4) 水流ノ方向ノ轉換.

(2)ニ起因スル損失最大ナルニヨリ他ノ原因ヨリ起ル損失ハ省略スルコトアリ.

# 第六章 孔口ヨリ水ノ流出

**128. 理論流速ト實際流速** 第253圖ノ如ク器中ノ水ガCナル孔口(Orifice)ヨリ流出スル場合ニ於テABナル水面ハ變化ナキモノト假定ス．從テ孔口ノ中心ニ於ケル水頭$h$ハ不變ナリトス．尚$h$ハ孔口ニ比シテ比較的大ニシテ孔口ニ於ケル各部分ノ水頭ノ差ハ觀過シテ差支ナキモノトス．若シ器ノ水平斷面積ガ孔口ノ斷面積ニ比シテ格別大ナルトキハ水面ABニ於ケル水分子Mノ速度ヲOト假定シテ差支ナシ．然ルニべるぬいり氏ノ定理ニヨリテEFヲ基線トシテM點ニ於ケル流速水頭,壓水頭及ビ高度水頭ノ和ハC點ニ於ケル水ノ流速水頭,壓水頭及ビ高度水頭ノ和ニ等シキ故ニ

第253圖




$$0+\frac{p_a}{w}+h=\frac{v^2}{2g}+\frac{p_a}{w}+0$$

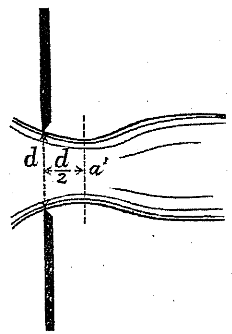
上式ニ於テ$p_a$ハ氣壓ニシテ$v$ハ孔口ニ於ケル流速ナル故ニ上式ハ



$$v=\sqrt{2g.h.} \quad 卽チ \quad h=\frac{v^2}{2g} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(150)$$

(150)式ニテ算出スル流速ハ理論流速ニシテ實際流速ハ此理論流速ヨリ小ナリ．實際流速ト理論流速トノ比ヲ**流速係數**(Coefficient of Velocity)ト謂フ．又水ガ孔口ヨリ流出スル際ニハ第254圖ノ如ク流出水ノ斷面ハ一度縮小シテ再ビ擴ガルモノニテ其最モ縮小セル部分ハ孔口ノ緣ヨリ孔口ノ直徑ノ約二分ノ一ニ等シキ距離ニ起ルモノニシテ其縮小斷面積ト孔口ノ斷面積トノ比ヲ**縮流係數**(Coefficient of Contraction)ト謂フ．此等ノ係數ノ値ハ孔口ノ構造如何ニヨリテ異ナルモノニシテ通常圓形ニシテ圖ニ示ス如ク銳キ緣ヲ有スルモノヲ用ユ此ノ如キ孔口ヲ**標準孔口**ト稱ス實驗ノ結果ニヨルニ標準孔口ニ於テハ此等ノ係數ハ次ノ如シ．

第254圖




$$縮流係數 \quad C_c=\frac{a'}{a}=0.62$$

上式ニ於テ　$a'$=縮流斷面積

　　　　　　$a$=孔口ノ面積

卽チ縮流斷面積ハ孔口ノ面積ノ六割二分ナリ．

流速係數 $C_v=0.98$

故ニ　　實際流速$=C_v\sqrt{2g.h}$..........................(151)

孔口ノ場合ニ於テハ實際流速ハ縮流斷面ニ於ケル實際流速ト知ルベシ.

今實際流量ヲ Q, 實際流速ヲ $v'$ トスレバ

$$Q=a'.v'.=a.C_c.C_v.\sqrt{2g.h}\text{..........................}(a)$$

實際流量ト理論流量トノ比ヲ**流量係數** (Coefficient of Discharge) ト謂フ.C ニテ之ヲ示セバ

$$Q=C.a\sqrt{2g.h}\text{..........................}(152)$$

上式ニテ $a\sqrt{2g.h}$ ハ理論流量ヲ表ハスモノニシテ此式ト(a)式トヲ比較スレバ(a)式中ノ $C_c\times C_v$ ガ(152)式中ノ流量係數 C ニ相當スルモノナリ. 故ニ

$$C=C_c\times C_v=0.62\times0.98=0.61$$

卽チ實際流量ハ理論流量ノ六割一分ニシテ流量係數ハ縮流係數ト流速係數トノ相乘積ニ等シ.

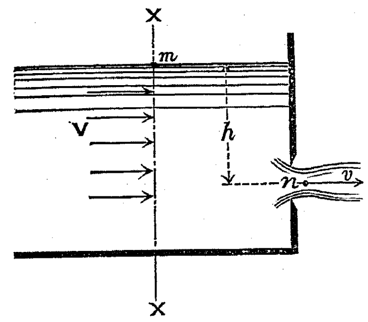
**注意**. 本節ニ於ケル公式ハ孔口ニ於ケル水頭ガ共孔口ノ高サノ二倍以下ナレバ0.3%內外ノ誤差ヲ生ズルモノナリ. 之レ孔口ノ各部分ニ於ケル水頭ノ差ヲ觀過スルニヨリテ生ズルモノナリ.

129. **接近流速** (Velocity of Approach) 容器ノ斷面積ガ孔口ノ面積ニ比シテ餘リ大ナラザルトキハ水ガ孔口ニ接近スル際ニ已ニ或流速ヲ生ズ之ヲ接近流速ト稱ス.



今第255圖ニ於テ接近流速ヲ $u$ ニテ示シ $m,n$ ノ二點ニべるぬいり氏ノ定理ヲ適用スレバ

第 255 圖




$$\frac{u^2}{2g}+\frac{p_a}{w}+h$$
$$=\frac{v^2}{2g}+\frac{p_a}{w}+0.$$

卽チ

$$v=\sqrt{2gh+u^2}\text{...}(153)$$

上式ニ於テ $v$ ハ理論流速ヲ示ス. 若シ容器ノ斷面XX ノ面積ヲ A ヲ以テ示セバ

$$A.u=C.a.v.\quad 卽チ\quad u=\frac{C.a.v}{A}$$

上式ニ於テ　C=流量係數

$a$=孔口ノ面積.

$v$=孔口ヲ流出スル水ノ理論流速

$u$ ノ値ヲ(153)式中ニ入ルレバ

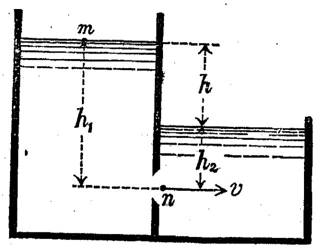
$$v=\sqrt{\frac{2g.h}{1-\left(\frac{a.C}{A}\right)^2}}$$

實際流速ヲ $v'$ トスレバ $v'=C_v\sqrt{\frac{2g.h}{1-\left(\frac{a.C}{A}\right)^2}}$

依テ實際流量 $Q=C_c.a.C_v\sqrt{\dfrac{2g.h}{1-\left(\dfrac{a.C_c}{A}\right)^2}}$

$$=a\sqrt{\frac{2g.h}{\left(\frac{1}{C}\right)^2-\left(\frac{a}{A}\right)^2}}\text{..................}(154)$$

第 256 圖




**130. 水中ニ沒シタル孔口** 第256圖ニ於ケル如ク孔口ガ水中ニ沒シタル場合ニ於テモ $m, n$ ノ二點ニ對シテべるぬいり氏ノ定理ヲ適用スルコトヲ得ベシ即チ

$$0+\frac{p_a}{w}+h_1=\frac{v^2}{2g}+\frac{p_a}{w}+h_2+0$$

上式ヨリ $v^2=2g(h_1-h_2)=2g.h.$

即チ $v=\sqrt{2g.h.}$

上式ニ於テ $v$ ハ理論流速ニシテ實際流量ハ次ノ式ニヨリテ示スヲ得ベシ.

實際流量, $Q=Ca\sqrt{2gh}$

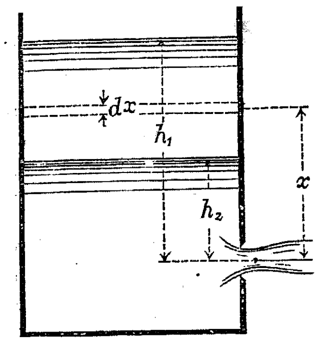
上式中ノ C ハ流量係數ニシテ第128節ノ孔口ヨリ水ガ自由ニ流出スル場合ノ流量係數ト大差ナシ.

**131. 變化スル水頭ノ下ニアル水ノ流出** 容器中ノ水ヲ孔口ヨリ流出セシムレバ器中ノ水位ハ次第



ニ落下スベシ. 今第257圖ニ於テ水位ガ水頭 $h_1$ ヨリ $h_2$ マテ落下スルニ要スル時間ヲ算出セントス. 器中ノ水ガ或水頭 $x$ ヲ保テル際一瞬間 $dt$ ノ間ニ細微ナル水頭 $dx$ ヲ落下シタリトスレバ共 $dt$ 時間ニ孔口ヨリ流出セル水量ハ次ノ式ニテ表ハスヲ得ベシ.

第 257 圖




$$dQ=C.a\sqrt{2g.x}.dt.$$

細微水頭 $dx$ ヲ落下シタル爲メニ減ゼシ器中ノ水量モ同シク $dQ$ ニシテ

$$dQ=dx.A.$$

上式ニテ A ハ容器ノ水平斷面積ヲ示ス.

故ニ $dx.A=C.a\sqrt{2gx}dt.$

即チ $dt=\dfrac{A.dx}{C.a.\sqrt{2gx}}$

之ヲ積分シ其限界ヲ $h_1$ ヨリ $h_2$ マデトスレバ

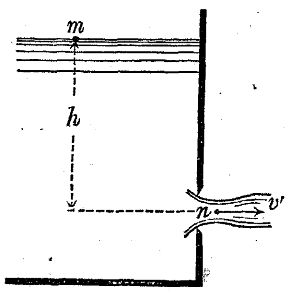
$$t=\frac{A}{C.a\sqrt{2g}}\int_{h_2}^{h_1}x^{-\frac{1}{2}}.dx$$

即チ $t=\dfrac{2A}{C.a\sqrt{2g}}\left(h_1^{\frac{1}{2}}-h_2^{\frac{1}{2}}\right)$..................(155)

**132. 孔口ニ於ケル損失水頭** 孔口ヨリノ實際流量ガ理論流量ヨリ減ズルハ孔口ヲ流レ出ルニ當リ

損失水頭アルヲ以テナリ. 今此損失水頭ヲ見出サントス.

第 258 圖




第 258 圖ニ於テ $m$ ヲ水面ノ一點, $n$ ヲ縮流斷面中ノ一點トシ. $v'$ ヲ縮流斷面ノ實際流速トシ. (149)式ヲ適用スレバ損失水頭 $h'$ ハ次ノ如シ.

$$h'=\left(0+\frac{p_a}{w}+h\right)-\left(\frac{v'^2}{2g}+\frac{p_a}{w}+0\right)$$
$$=h-\frac{v'^2}{2g}.$$

然ルニ $v'=C_v\sqrt{2gh}$

故ニ $\frac{v'^2}{2g}=C_v^2h.$

從テ損失水頭 $h'=h-C_v^2h=(1-C_v^2)h$ ......................(156)

然ルニ標準孔口ニ於テ $C_v=0.98$ ナルヲ以テ

卽チ $h'=(1-0.98^2)h=0.04h$ ......................($156_a$)

卽チ標準口孔ノ為メ起ル損失水頭ハ全水頭 $h$ ノ百分ノ四ナリ.

又(156)式ハ又實際流速ノ項ニテ表ハスヲ得.卽チ

$$h=\frac{1}{C_v^2}\frac{v'^2}{2g}.\qquad C_v^2h=\frac{v'^2}{2g}.$$

故ニ損失水頭 $h'=h-C_v^2h=\frac{1}{C_v}\frac{v'^2}{2g}-\frac{v'^2}{2g}$
$$=\left(\frac{1}{C_v^2}-1\right)\frac{v'^2}{2g}\text{...........................(157)}$$



依テ標準孔口ニ於ケル損失水頭ハ

$$h'=\left(\frac{1}{0.98^2}-1\right)\frac{v'^2}{2g}=0.041\frac{v'^2}{2g}\text{.............}(157_a)$$

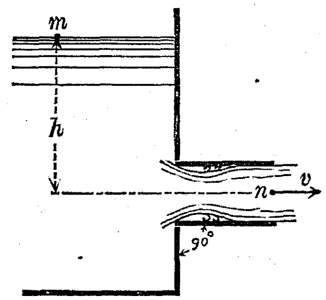
卽チ孔口ニ於テ失ハヽル水頭ハ僅ニ實際流速ノ流速水頭ノ千分ノ四十一ナリ.

(156)及(157)式ハ獨リ孔口ノミナラズ總テノ量水設備ノ場合ニ適用スルコトヲ得ベシ.

## 第七章 短管ヨリ水ノ流出

**133. 標準短管** 孔口ニ短管(Short Tube)ヲ附スルトキハ其ヨリ流出スル水ノ實際流速ハ摩擦渦卷等ノ為メニ孔口ヨリ流出スルトキノ流速ヨリ減スルモ縮流ガ其出口ニ起ラサル故ニ反ッテ其流量ハ增加スルモノナリ.

第 259 圖




第 259 圖ニ於ケルガ如キ短管ニシテ其長サガ直徑ノ二倍乃至二倍半ナルモノヲ**標準短管**ト謂フ.

短管ヨリ流出スル水ノ流速ハ孔口ノ場合ト同ジク理論流速ハべるぬいり氏ノ定理ニヨリテ次ノ式

ヲ以テ表ハスヲ得. 今出口ノ流速ヲ $v$ トスレバ

$$v=\sqrt{2g.h}$$

然ルニ此場合ニ於テモ實際ノ流速及流量ハ理論上ノモノヨリ減スルナリ.

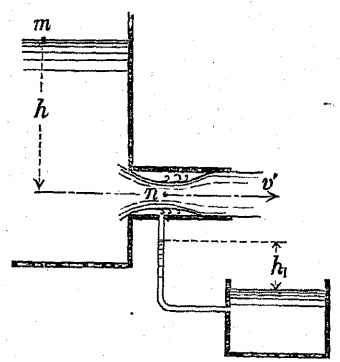
わいずばっは (Weisbach) 氏ノ實驗ニヨレバ流速係數 $C_v=0.82$ ナリ. 此場合ニ於テハ出口ニ縮流ナキヲ以テ流量係數 C モ亦 0.82 ナルコト明カナリ.

故ニ 實際流速, $v'=C_v\sqrt{2gh}=0.82\sqrt{2gh}$ ..................(158)

從テ 實際流量, $Q=a.v'=0.82a\sqrt{2gh}$

**134. 噴射喞筒 (Jet Pump) ノ原理** 第260圖ニ於ケル如ク水ガ標準短管ヨリ流出スル際ニ水ハ管ヲ充タシテ流出スルト雖其入口ヨリ其直徑ノ二分ノ一距リタル所即チ $n$ 點ニ於テ縮流ヲ起スベキ傾向アリ此傾向アル爲メニ其局部ニ眞空ヲ作ラントス.

第 260 圖




故ニ $n$ 點ノ下方ニ於テ小孔ヲ穿チ之ヨリ小管ヲ以テ水ヲ充セル小器ト連結スレバ水ハ此小管中ヲ昇リテ小容器ノ水面上 $h_1$ ノ高ニ昇ルベシ. 今此水柱ノ高サ $h_1$ ト $n$ 點ノ水頭 $h$ トノ關係ヲ求メントス.



今 $m, n$ ノ二點ニ對シテべるぬいり氏ノ定理ヲ適用スレハ (148) 式ヨリ

$$0+\frac{p_a}{w}+h=\frac{v_n^2}{2g}+\frac{p_n}{w}+0+\text{損失水頭}.$$

即チ
$$\frac{p_n}{w}=\frac{p_a}{w}+h-\frac{v_n^2}{2g}-\text{損失水頭}\dots\dots\dots(a)$$

上式ニ於テ $v_n$=$n$ 點ニ於ケル流速.

$p_n$=$n$ 點ニ於ケル水壓.

$h_1$ ハ $n$ 點ニ於ケル水壓ト一氣壓トノ差ニ相當スル水頭ナリ. 若シ流速水頭 $\frac{v_n^2}{2g}$ 及損失水頭ヲ $h$ ノ項ニテ表ハスヲ得レバ上式ニヨリテ $\frac{p_n}{w}$ ヲ知リ $h_1$ ト $h$ トノ關係ヲ知ルコトヲ得. 第128節ニ述ベシ如ク標準孔口ノ場合ノ縮流係數ハ 0.62 ナルモ標準短管ノ中 $n$ 點ニ起ラントスル縮流係數ハ標準孔口ノ場合ヨリ大ナルコトハ想像シ得ラルベシ. 故ニ今之ヲ 0.64 ト假定スレバ

$$v_n\times0.64a=v'a.$$

上式ニ於テ $a$=標準短管ノ斷面積.

$v'$=標準短管ノ出口ノ實際流速.

$$v_n=1.56v'=1.56\times0.82\sqrt{2g.h}=1.28\sqrt{2g.h}.$$

即チ
$$\frac{v_n^2}{2g}=1.64h\dots\dots\dots(159)$$

次ニ損失水頭ハ標準孔口ノ場合ト同様ニ見出ス

コトヲ得ルモノトスレバ$(157_a)$式ニ於テ$\frac{v'^2}{2g}$ノ代リニ(159)式ノ$\frac{v_n^2}{2g}$卽チ$1.64h$ヲ代入スレバ可ナリ

$$\text{損失水頭}=0.041\times1.64h=0.07h\ldots\ldots\ldots\ldots(160)$$

$\frac{v_n^2}{2g}$及損失水頭ノ値ヲ$(a)$式ニ代入スレバ$\frac{p_a}{w}=34$呎ナルヲ以テ

$$\frac{p_n}{w}=34+h-1.64h-0.07h.$$
$$=34-0.71h\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(161)$$

上式ニヨリ$n$點ノ水壓ハ一氣壓ヨリ小ナルコト明ラカニシテ$0.71h$ハ卽チ水柱ノ高サ$h_1$ヲ示スモノナリ．卽チ

$$h_1=0.71h.$$

然ルニ實驗ニヨレバ$h_1=0.74h$ニシテ縮流係數ヲ0.64ト假定シタル結果ト實驗ノ結果ト大差ナキヲ知ル故ニ一般ニ$h$ト$h_1$トノ關係ヲ示スニ下式ヲ多ク用フ．

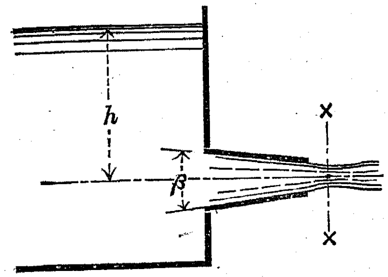
$$h_1=\frac{3}{4}h\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(162)$$

若シ小管ノ長サヲ$h_1$ヨリ短カクスレハ小容器中ノ水ハ標準短管ノ中ニ吸ヒ上ケラルベシ．是レ卽チ噴射喞筒ノ原理ナリ．

**135. 漸縮短管**　第261圖ニ於ケル如ク水ガ漸縮短管ヨリ流出スル際ニ其出口XXノ斷面ニ於テ縮



第261圖




流ガ起ルモ其縮流ノ度ハ甚僅少ナリ．而シテ此縮流ノ度ハ漸縮角(Angle of Convergence)$\beta$ガ大ナル程大ナルモノナリ．

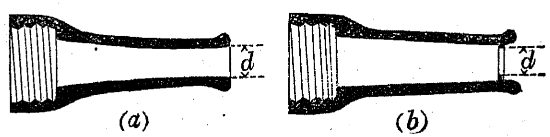
實驗ニヨルニ此漸縮短管ヨリ流出スル所ノ流量ノ最大ナル場合ハ$\beta$ガ13°24′ノ時ニシテ卽チ此時ハ

$$\text{流速係數}\ C_v=0.962$$
$$\text{縮流係數}\ C_c=0.983$$
$$\text{流量係數}\ C=0.946.$$

消火用喞筒ノ蛇管ノ先端ニ附スル**水嘴**(Nozzle)及「ペルトン」水車ニ用フル水嘴ハ卽チ一種ノ漸縮短管ナリ．

消火用ノ水嘴ニハ**平滑水嘴**(Smooth Nozzle)ト**突緣水嘴**(Ring Nozzle)ノ二種アリ．

第262圖




第262圖ニテ$(a)$ハ平滑水嘴ニシテ內面平滑ナリ

(b) ハ突縁水嘴ニシテ出口ノ內面ニ突縁輪アリ．此等ノ水嘴ハ蛇管ノ端ニ附セラレタル**遊管**(Play Pipe)ノ先ニ附スルモノナレバ接近流速大ナル故ニ此水嘴ヨリ流出スル所ノ實際流速ハ第 129 節ノ (154) 式ニヨリ

$$v'=C_v\sqrt{\frac{2gh}{1-\left(\frac{a.C}{A}\right)^2}}$$

$$\text{實際流量, } Q=a\sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{1}{C}\right)^2-\left(\frac{a}{A}\right)^2}}$$

上式ニ於テ $a$=水嘴ノ出口ノ斷面積.

A=蛇管ノ斷面積.

今水嘴ノ直徑ヲ $d$ トシ蛇管ノ直徑ヲ D トスレバ

$$\frac{a}{A}=\frac{d^2}{D^2}$$

故ニ

$$v'=C_v\sqrt{\frac{2gh}{1-C^2\left(\frac{d}{D}\right)^4}} \quad \cdots\cdots(163)$$

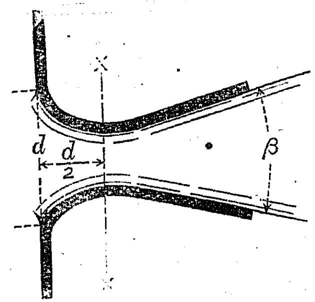
$$Q=a\sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{1}{C}\right)^2-\left(\frac{d}{D}\right)^4}} \quad \cdots\cdots(164)$$

**136. 漸開短管** 短管ヨリ流出スル流量ヲ多カラシメ且ツ水頭ノ損失ヲ少ナカラシメンニハ漸開短管ヲ以テ最良ナルモノトス.



標準短管ニ於テ水頭ノ損失ハ一旦縮流ヲ受ケタル水ガ再ビ短管中ニテ急ニ擴カル際ニ起ルモノニシテ若シ一旦縮小シタルモノヲ漸次ニ擴カラシムレバ水頭ノ損失ハ僅少ナリ．故ニ第 263 圖ノ如ク漸開短管ノ形ヲ水カ縮小シテ再ビ次第ニ擴ガル樣ニナル形狀ニスレバ流量ヲ大ニシ損失水頭ヲ少ナクスルヲ得ベシ.

第 263 圖



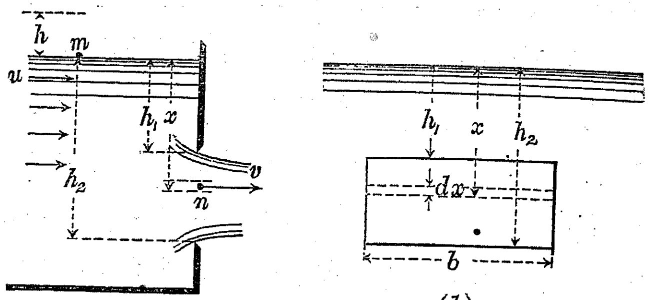

實驗ニヨルニ漸開角 (Angle of Flare) $\beta$ ヲ $5°9'$ トスレハ其流量最大ニシテ漸開短管ノ最小斷面 XX ト等シキ斷面積ヲ有スル標準孔口ノ流量ノ二倍半ニシテ又之ト等シキ標準短管ノ流量ノ二倍ナリ.

若シモ漸開角ガ過大ナラバ水ハ流出スル際短管中ニ充滿シテ流ルヽコト能ハズ.

## 第 八 章 缺口 (Notch or Weir) ヲ越ユル水流

**137. 矩形缺口** 第 264 圖ノ如ク矩形ノ大ナル孔口ヨリ水カ流出スルトキ此孔口ノ斷面ノ中ニ任意

第264圖




(a). (b).

ニ細微細長面積 $b.dx$ ヲ想像シテ此細微面積ノ水頭ヲ $x$ トシ此所ノ流速ヲ $v$ トスレバ此細微面積ヲ通過スル流量ハ次ノ式ニヨリテ表ハサル

$$dQ=b.dx.v.$$

此孔口ヲ通過スル全流量ハ次ノ如シ

$$Q=b\int_{h_1}^{h_2}v.dx \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(a)$$

今 $m, n$ ノ二點ニべるぬいり氏ノ定理ヲ適用スレバ $u$ ハ接近流速ヲ表ハスヲ以テ

$$\frac{u^2}{2g}+\frac{p_a}{w}+x=\frac{v^2}{2g}+\frac{p_a}{w}+0$$

接近流速 $u$ ニ相當スル流速水頭ヲ $h$ ニテ示セバ

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

故ニ

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



即チ $v=\sqrt{2g}(x+h)^{\frac{1}{2}}$ 〔(153)式參照〕

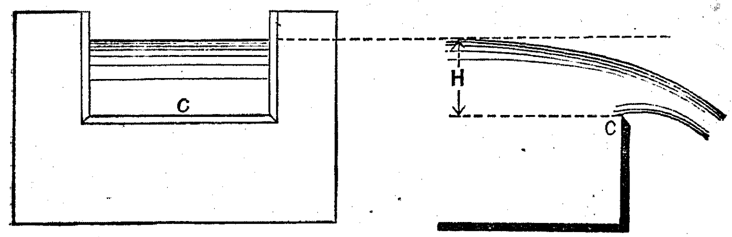
$v$ ノ値ヲ(a)式中ニ代入スレバ

$$Q'=b\sqrt{2g}\int_{h_1}^{h_2}(x+h)^{\frac{1}{2}}dx$$

$$=\frac{2}{3}b\sqrt{2g}\left[(h_2+h)^{\frac{3}{2}}-(h_1+h)^{\frac{3}{2}}\right].$$

若シ $h_1=0$ ナル場合ハ孔口ノ上邊ガ水面ト一致シテ上邊ナキニ等シキ故ニ孔口ハ變シテ矩形缺口即チ矩形堰トナルベシ而シテ $h_2$ ハ缺口ノ頂(Crest)ノ水面以下ノ深サニシテ即チ頂ノ水頭ナリ今之ヲHニテ示セバ上式ハ次ノ如クナルベシ.

第265圖




$$Q'=\frac{2}{3}b\sqrt{2g}\left[(H+h)^{\frac{3}{2}}-h^{\frac{3}{2}}\right]\cdots\cdots\cdots\cdots(165)$$

此ニ注意スベキハ頂ノ水頭Hハ頂ノ上ノ水深ニアラズシテ圖ニ示ス如ク落下セザル水面ヨリ頂マデノ鉛直距離ナリトス.

若シ接近流速ナキトキハ $h=0$ トナリテ

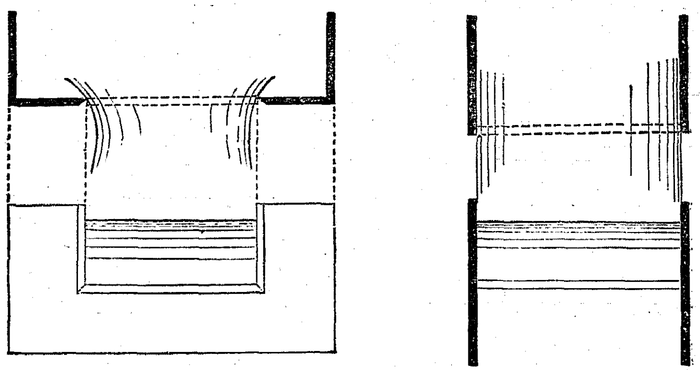
$$Q'=\frac{2}{3}b\sqrt{2g}H^{\frac{3}{2}}\cdots\cdots\cdots\cdots(166)$$

(165)式ト(166)式トニ於テ$Q'$ハ理論流量ニシテ實際流量ハ實驗ニヨリテ缺口ノ流量係數ヲ見出シテ初メテ之ヲ知ルヲ得ベシ.

此矩形缺口ハ流量大ナラザル水路ノ流量測定ニ多ク用ヒラルヽモノナリ.

138. **缺口ノ兩端ニ於ケル縮流** (End Contraction at Notch) 容器ノ斷面積ガ缺口ニ比シテ特別ニ大ナル

第266圖



(a) (b)

トキハ缺口ノ兩端ニ於テ流水ノ縮流ヲ起スベシ,之ヲ**端縮流**(End Contraction)ト稱ス. 若シ容器又ハ水路ノ幅ガ缺口ノ幅ト等シキトキハ第266(b)圖ノ如ク其兩端ニ縮流ヲ生ゼス,此等ノ縮流ノ有無ニヨリテ



缺口ノ流量係數モ變ズルモノナリ. 而シテ何レノ場合ニ於テモ缺口ノ底邊ニハ必ズ縮流ヲ生ズル如キ構造ヲ設ケザルベカラズ.

又缺口ノ底邊卽チ堰ノ頂ノ形狀ニヨリテ流量係數異ナルモノナレバ一々其場合ニ就テ實驗ヲナシ流量係數ヲ定メザレバ流量ヲ算出スルコト能ハズ. 故ニ流量測定ニ使用スル缺口ハ其兩端及底邊ヲ共ニ銳緣トナセリ. 此ノ如ク其緣ノ形ヲ一定スレバ流量係數モ亦一定スベシ.

139. **ふらんしす(Francis)氏ノ公式** 缺口或ハ堰ヲ越エテ流下スル實際流量ヲ算出スル公式中最多ク用ヒラルヽハふらんしす氏ノ公式ナリ. 同氏ハ長サ10呎,頂ノ水頭0.6呎乃至1.6呎ノ缺口ニ就テ實驗ヲナシ次ノ公式ヲ得タリ.

$$Q=0.622\times\frac{2}{3}\left(b-\frac{nH}{10}\right)\sqrt{2g}\left\{(H+h)^{\frac{3}{2}}-h^{\frac{3}{2}}\right\}\cdots\cdots(167)$$

及
$$Q=0.622\times\frac{2}{3}\left(b-\frac{nH}{10}\right)\sqrt{2g}H^{\frac{3}{2}}\cdots\cdots\cdots\cdots(168)$$

(167)式ハ接近流速アル場合ニシテ(168)式ハ接近流速ナキ場合ナリ. 堰ノ長サハ$b$ナレトモ其兩端ニ縮流アルニヨリ其有效長サハ尙短クナルベシ. 卽チ $b-\frac{nH}{10}$ トナル.式中ノ$n$ハ端縮流ノ數ヲ表ハスモ

ノナリ. 例令ハ第266圖ノ(a)ノ場合ニハ端縮流ノ數ハ二ツニシテ$n=2$,(b)ノ場合ニ於テハ端縮流ナシ.即チ$n=0$ナリ依テ(167)式ト(168)式トハ次ノ如クナルベシ.

(a)ノ場合

$$Q \doteq 3.33\left(b-\frac{2H}{10}\right)\left[(H+h)^{\frac{3}{2}}-h^{\frac{3}{2}}\right] \cdots\cdots (169)$$

$$Q=3.33\left(b-\frac{2H}{10}\right)H^{\frac{3}{2}} \cdots\cdots (170)$$

(b)ノ場合

$$Q=3.33b\left[(H+h)^{\frac{3}{2}}-h^{\frac{3}{2}}\right] \cdots\cdots (171)$$

$$Q=3.33bH^{\frac{3}{2}} \cdots\cdots (172)$$

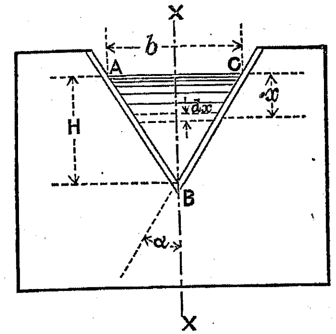
(169)式ハ端縮流ノ數2ニシテ接近流速アル場合ニ適用セラレ(170)式ハ端縮流ノ數2ニシテ接近流速ナキ場合,(171)式ハ端縮流ナクシテ接近流速ノミアル場合,(172)式ハ端縮流モ接近流速モナキ場合ニ夫々適用セラルヽモノナリ.

140. **三角形ノ缺口** 三角形ノ缺口ヨリ流出スル水流ノ斷面ノ形狀ハ水頭Hノ如何ニ關セズ常ニ相似形ナル故ニ此缺口ヨリ流出スル水量ノ流量係數ハ一定不變ナリ.

第267圖ニ於テ幅$dx$,長サ$\frac{b}{H}(H-x)$ナル細微細長



第267圖




面アリテ其面積ヲ$dA$ヲ以テ表ハセバ

$$dA=\frac{b}{H}(H-x)dx.$$

此細微面積$dA$ヨリ流出スル所ノ細微流量ヲ$dQ$ヲ以テ示セバ

$$dQ'=\frac{b}{H}(H-x)dx.v.$$

$v$ハ其細微面積ヲ流ルヽ水ノ理論流速ナルヲ以テ

$$v=\sqrt{2gx}$$

故ニ

$$dQ'=\frac{b}{H}(H-x)dx\sqrt{2gx}$$

$$=\frac{b}{H}\sqrt{2g}\left(Hx^{\frac{1}{2}}-x^{\frac{3}{2}}\right)dx.$$

之ヲ積分シテ其限界ヲ0ヨリHマデトスレバ

$$Q'=\frac{4}{15}b\sqrt{2g}H^{\frac{3}{2}} \cdots\cdots (173)$$

三角形ノ各邊AB又ハBCト鉛直線XXトナセル角カ相等シクシテ其角ヲ$\alpha$ヲ以テ示セバ

$$b=2H\tan\alpha.$$

(173)式ハ次ノ如クナル

$$Q'=\frac{8}{15}\tan\alpha\sqrt{2g}H^{\frac{5}{2}}$$

若シ$\alpha=45^\circ$トスレバ

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

此式ニ於テ Q′ ハ理論流量ニシテ實際流量ヲ Q ニテ表ハセバ

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

實驗ニヨレバ三角形缺口ノ頂角90度ナルトキハ流量係數C=0.592ニシテ上式ハ次ノ如シ.

$$Q=2.53H^{\frac{5}{2}} \qquad \text{(174)}$$

矩形缺口及三角形缺口ハ流量大ナラザル水路ノ流量ノ測定ニ用ヒラレ, 三角形缺口ハ殊ニ流量ノ少ナキ場合ニ便利ナリトス.

**141. 流量測定ニ關スル注意** 流量測定ニハ普通矩形缺口ヲ用フルモノナルガ流量測定ヲナスニ當リテ注意スベキ事項ハ次ノ如シ.

(1) 缺口ノ底邊 C ハ水平ニシテ鋭ク其長サハ底邊ノ水頭ノ三倍以上卽チ L>3H ナラザルベカラズ. (第268圖)

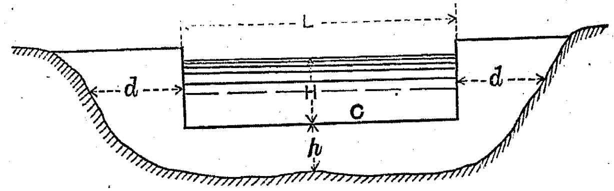
(2) 缺口ノ堰板ノ上流面 CD ハ鉛直ナラザルベカラズ (第269圖).

(3) 底邊 C ハ水路ノ底ヨリ充分高クシテ底邊ニ於ケル縮流ヲ充分ニ起サシムベシ.卽チ底邊ノ高サハ水頭 H ノ三倍以上卽チ h>3H ナラザルベカラズ.



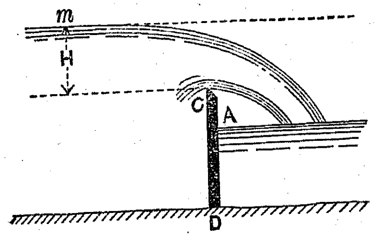
(4) 端縮流ヲ充分ナラシムル爲メニ缺口ノ兩端ト水路ノ側邊トノ間隔ハ又水頭 H ノ三倍以上卽チ d>3H ナラザルベカラズ. (第268圖).

第 268 圖




(5) 落流ノ下卽チ A ノ部分ニハ充分ニ空氣ガ流通スル樣ニスベシ然ラザレバ此部分ニ眞空ヲ生ズル傾向ヲ起シ從テ流量ニ變化ヲ生ズルヲ免レズ. (第269圖).

第 269 圖




(6) 底邊ノ水頭 H ハ底邊ト流下ノ影響ヲ受ケザル水面トノ高低差ヲ表ハスモノニシテ鈎尺 (Hook Gauge) ヲ以テ精密ニ之ヲ測ルベシ. 水路ノ岸ニ近ク量水井 (Gauge Pit) ヲ穿チテ水路ノ水ヲ井中ニ導キ井内ノ水位ト底邊トノ高低差ヲ測ルコトアリ. 又接近流速ナキ場合ニ於テハ缺口ノ上流ニテ流下ノ影響ヲ受ケザル水面アル所ニ量水尺ヲ立テ其量水

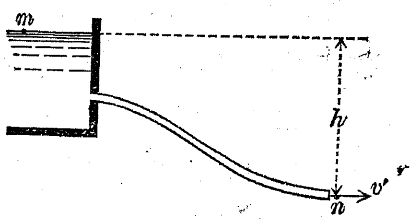
尺ノ零點ヲ缺口ノ底邊ト同シ高サトシテ直ニ水頭Hヲ見出スコトアリ.

實際ノ場合ニ於テ時トシテハ前述ノ如キ標準缺口ヲ用ヒズシテ在來ノ堰ヲ利用シテ流量ヲ測ルコトアリ,然レドモ此場合ニ於テハ堰ノ頂ノ幅,形狀其他種々ノ原因ニヨリテ流量係數ニ大ナル變化アルヲ免レザレバ精密ナル結果ヲ得ルコトヲ期スベカラズ.

## 第九章 管内ノ水流

**142. 管内ニ於ケル損失水頭** 水ガ管内ヲ流ルヽ最モ簡單ナル場合ハ第270圖ニ示ス如ク水ガ容器ヨリ管内ニ流入シテ他ノ一端ヨリ流出スル場合ナリ. 若シ水カ管内ヲ流ルヽ際ニ何等ノ障害ヲ受ケザルモノトスレバ$m$ト$n$ノ二點ニべるぬいり氏ノ定理ヲ適用シテ次ノ式ヲ得ベシ.

第270圖




$$0+\frac{p_a}{w}+h=\frac{v^2}{2g}+\frac{p_a}{w}+0.$$

然ルニ實際ハ水ガ



管内ヲ流ルヽ際ニ種々ノ障害ヲ受ケ之ガ爲メニ水頭ノ損失アリ. 今此損失水頭ヲ$h'$ニテ示セバ

$$0+\frac{p_a}{w}+h=\frac{v^2}{2g}+\frac{p_a}{w}+0+h'.$$

即チ

$$h=\frac{v^2}{2g}+h' \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(175)$$

此損失水頭ノ起ル重ナル原因ハ次ノ如シ.

(1) 水ガ管口ニ流入スル際ニ縮流アル爲メニ起ル損失水頭.

(2) 水ガ管内ヲ流ルヽ際其相互ノ微分子間ノ内部摩擦ニ起因スル損失水頭.

(3) 水ガ管内ヲ流ルヽ際管ノ内面ト水トノ摩擦ニ起因スル損失水頭.

(2)ト(3)トノ水頭ノ損失ハ互ニ錯綜シテ別々ニ論究スルコト能ハズ. 故ニ此損失ヲ合セ稱シテ水頭ノ摩擦損失ト謂フ. 尚管ノ場合ニ於テハ通常(3)ノ損失甚大ナルヲ以テ實際摩擦ニ基ク損失ハ殆ンド(3)ノミナリトスルモ可ナルベシ.

以上三原因ノ外流水ノ方向ヲ變シ又ハ管ノ内徑ヲ急ニ變化スル場合ニモ亦水頭ノ損失アリ. 又阻水弁等ノ爲メニ流ヲ妨ゲル際ニ水頭ノ損失ヲ起ス. 今一々此等ノ損失水頭ニ就テ論究セン.

**143. 管ノ入口ニ於ケル損失水頭** 管ノ入口ニ於

テ管ノ內徑ノ二倍乃至三倍ノ長サノ部分ヲ取リテ之ヲ標準短管ト假定ス. 然ルニ標準短管ノ損失水頭ハ(157)式ニヨリテ $v$ ヲ實際流速トスレバ

$$損失水頭=\left(\frac{1}{C_v^2}-1\right)\frac{v^2}{2g}$$

實驗ニヨレバ標準短管ニ於テ $C_v=0.82$ ナル故ニ

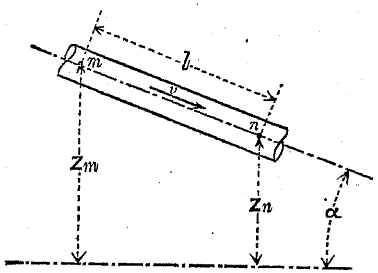
$$損失水頭=\left(\frac{1}{0.82^2}-1\right)\frac{v^2}{2g}=0.5\frac{v^2}{2g}\cdots\cdots\cdots\cdots(176)$$

上式ハ管ノ入口ノ標準短管ト假定サレタル部分ニ起ル損失水頭ヲ表ハス.

**144. 管內ノ摩擦ヨリ起ル損失水頭** 第271圖ニ示ス如ク管內ノ流水中ノ流線ノ上ニ $m, n$ ノ二點ヲ取リ之ニべるぬいりノ定理ヲ適用スレバ

$$\frac{v_m^2}{2g}+\frac{p_m}{w}+Z_m=\frac{v_n^2}{2g}+\frac{p_n}{w}+Z_n+損失水頭$$

第271圖




上式中ノ損失水頭トハ水カ $m$ ヨリ $n$ マデ流ルヽ間ニ摩擦ニヨリテ起ル損失水頭ナリ.此場合ニ於テ管ノ內徑ハ均等ナルヲ以テ管內ノ各點ニ於ケル流速モ亦均等ナリ卽チ



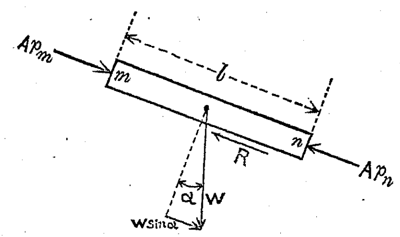
$$v_m=v_n.$$

故ニ

$$損失水頭=\left(\frac{p_m}{w}+Z_m\right)-\left(\frac{p_n}{w}+Z_n\right)\cdots\cdots\cdots\cdots(177)$$

今 $m$ 及 $n$ ニ於ケル二ツノ斷面ニ挾マレタル長サ $l$ ノ水柱ヲ取リテ考フレバ此水柱ニハ四ノ外力ガ働ケリ. 第272圖ニ示スガ如ク水柱ノ斷面積ヲ A トスレバ $m$ ノ斷面ニ於ケル水壓 $Ap_m$, $n$ ノ斷面ニ於ケル水壓 $A.p_n$, 水柱ノ重量 $W=A.w.l$ 及ビ管ノ內面ニ於ケル摩擦 R ハ卽チ四外力ニシテ此等ノ外力ニ働カレテモ此水柱ハ加速度モ減速度モ有セズ常ニ均等速度ヲ以テ流動シテ運動ニ何等ノ變化モ與ヘズ. 故ニ此等ノ四力ハ互ニ平衡ヲ保ツコト明カナリ.從ツテ此等ノ外力ノ流水ノ方向ニ於ケル分力ノ代數和ハ0ナラザルベカラズ. 卽チ

第272圖




$$A.p_m+A.w.l.\sin\alpha-R-A.p_n=0$$

卽チ

$$\frac{p_m}{w}+l.\sin\alpha-\frac{p_n}{w}=\frac{R}{A.w}$$

第271圖ニヨリテ $l.\sin\alpha=Z_m-Z_n.$

故ニ $$\left(\frac{p_m}{w}+Z_m\right)-\left(\frac{p_n}{w}+Z_n\right)=\frac{R}{A.w}$$

(177)式ニヨリ 損失水頭$=\dfrac{R}{A.w}$.

若シ管ノ內面ノ單位面積ニ於ケル摩擦ヲFトシ又管ノ內徑ヲ$d$トスレバ

$$R=\pi.d.l.F.$$

然ルニ $$A=\frac{\pi}{4}d^2$$

故ニ $$損失水頭=\frac{4\pi.d.l.F}{w\pi d^2}=\frac{4.l.F}{w.d}\text{……………………}(178)$$

實驗ニヨルニFノ値ハ流速ノ如何ニヨリテ異ナルモノナリ. 而シテ實際使用スル管內ノ流速ニハ制限アルモノニシテ水道鐵管ニ於テハ普通5呎每秒ヲ以テ適度トス. 乍然尙ホ詳細ニ研究スレバ其制限ハ鐵管ノ直徑ニヨリテ異ナルモノニシテ次表ニ示スガ如シ.

| 管徑(吋) | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 流速呎/秒 | 2.5 | 2.8 | 3.0 | 3.3 | 3.5 | 3.9 | 4.2 | 4.5 | 4.7 | 5.0 | 5.3 | 5.8 | 6.2 | 6.6 | 7.0 |

上述ノ如キ流速ニ對シテハ摩擦Fハ流速ノ自乘ニ正比例スルモノトシテ大差ナシ. 卽チ

$$F=c_1v^2$$

$$損失水頭=\frac{4c_1}{w}.\frac{l}{d}v^2$$



今 $\dfrac{4c_1}{w}$ ヲ $f_1$ ニテ表ハセバ

$$損失水頭=f_1\frac{l}{d}v^2\text{……………………………}(179)$$

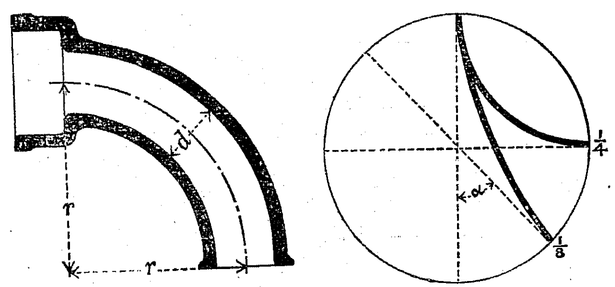
上式ニ於テ $f_1$ ノ性質ヲ硏究スレバ $f_1$ ハ不命數ニアラズ若シ $f_1=\dfrac{f}{2g}$ トスレバ$f$ハ不命數トナリテ實驗ニテ$f$ヲ見出ス時ニ都合ヨロシ卽チ

$$損失水頭=f.\frac{l}{d}.\frac{v^2}{2g}\text{…………………}(180)$$

上式ニ於テ$f$ハ摩擦係數(Friction Factor)ト稱シ第四表ニ示ス如ク管ノ內徑ト流速ノ如何ニヨリテ其値ヲ變ズルモノナリ.

**145. 曲管ノ爲メニ起ル損失水頭** 曲管ノ爲メニ起ル損失水頭ヲ見出スニわいずばっは(Weisbach)氏ガ

第273圖



(a) (b)

多クノ實驗ヲ行ヘリ其結果トシテ其損失水頭ト流速水頭トノ間ニ次ノ如キ關係アルコトヲ見出セリ

## 第四表　鐵管ノ摩擦係數

| 管徑(呎) | 管內ノ流速(呎每秒) 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 6 | | | 10 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | c | s.f | f | c | s.f | f | c | s.f | f | c | s.f | f | c | s.f | f | c | s.f | f |
| 0.05 | .047 | …… | …… | .041 | …… | …… | .037 | …… | …… | .034 | …… | …… | .031 | …… | …… | .029 | …… | …… |
| 0.10 | .038 | …… | …… | .032 | …… | …… | .030 | …… | …… | .028 | …… | …… | .026 | …… | …… | .024 | …… | …… |
| 0.25 | .032 | .041 | .064 | .026 | .037 | .056 | .026 | .034 | .052 | .025 | .033 | .050 | .024 | .031 | .048 | .022 | .029 | .044 |
| 0.50 | .028 | .035 | .049 | .026 | .032 | .045 | .025 | .031 | .044 | .023 | .028 | .040 | .022 | .027 | .039 | .020 | .025 | .035 |
| 0.75 | .026 | .031 | .039 | .025 | .030 | .038 | .024 | .029 | .036 | .022 | .027 | .033 | .021 | .025 | .032 | .019 | .023 | .029 |
| 1.00 | .025 | .029 | .036 | .024 | .029 | .035 | .023 | .027 | .033 | .022 | .026 | .032 | .020 | .024 | .029 | .018 | .021 | .026 |
| 1.25 | .024 | .028 | .034 | .023 | .028 | .032 | .022 | .026 | .031 | .021 | .025 | .030 | .019 | .022 | .027 | .017 | .020 | .025 |
| 1.50 | .023 | .027 | .033 | .022 | .026 | .030 | .021 | .025 | .029 | .020 | .024 | .028 | .018 | .021 | .025 | .016 | .019 | .022 |
| 1.75 | .022 | .026 | .031 | .021 | .025 | .029 | .020 | .024 | .028 | .018 | .022 | .025 | .017 | .020 | .024 | .015 | .018 | .021 |
| 2.00 | .021 | .025 | .030 | .020 | .024 | .028 | .019 | .023 | .027 | .017 | .021 | .024 | .016 | .019 | .023 | .014 | .017 | .020 |
| 2.50 | .020 | .023 | .027 | .019 | .022 | .025 | .018 | .021 | .024 | .016 | .019 | .021 | .015 | .018 | .020 | .013 | .015 | .019 |
| 3.00 | .019 | .022 | .025 | .018 | .021 | .024 | .017 | .020 | .023 | .015 | .018 | .020 | .014 | .017 | .019 | .013 | .015 | .018 |
| 3.50 | .018 | .021 | .023 | .017 | .020 | .022 | .016 | .019 | .021 | .014 | .017 | .018 | .013 | .015 | .017 | .012 | .014 | .015 |
| 4.00 | .017 | .019 | .022 | .016 | .018 | .020 | .015 | .017 | .019 | .013 | .015 | .016 | .012 | .014 | .015 | .011 | .012 | .014 |

表中　c……………內面平滑ナル鐵管
　　　s.f…………內面稍粗ナル鐵管
　　　f……………內面甚粗ナル鐵管



卽チ

$$\text{損失水頭}=c\frac{v^2}{2g}\text{……………………}(181)$$

上式中ノ $c$ ノ値ハ曲管ノ內徑及曲度半徑ニヨリテ異ナルモノニシテ次表ニ示スガ如シ.

| $\frac{d}{r}$ | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $c$ | 0.131 | 0.138 | 0.158 | 0.206 | 0.294 | 0.440 | 0.661 | 0.977 | 1.40 | 1.98 |

第273 $(a)$ 圖ニ示ス如ク表中 $d$ ハ曲管ノ直徑ニシテ $r$ ハ其曲度半徑ヲ表ハス.

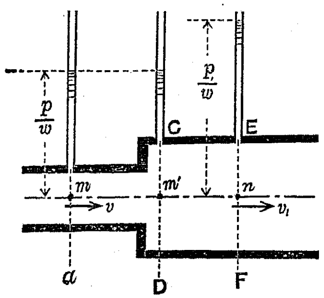
普通水道用鐵管ノ曲度ニハ一定ノ規定アリテ第273 $(b)$ 圖ニ於ケル如ク其偏倚角 $\alpha$ ガ 360° ノ四分ノ一卽チ 90° ナルトキハ之ヲ $\frac{1}{4}$ 曲管ト謂ヒ, 45° ナルトキハ之ヲ $\frac{1}{8}$ 曲管ト稱シ順次此ノ如ク $\frac{1}{16}$ 曲管, $\frac{1}{32}$ 曲管等アリ.

| 名　稱 | 偏倚角 $\alpha$ |
|---|---|
| $\frac{1}{4}$ 曲管 | 90° |
| $\frac{1}{8}$ 曲管 | 45° |
| $\frac{1}{16}$ 曲管 | 22.50° |
| $\frac{1}{32}$ 曲管 | 11.25° |

### 146. 管ノ直徑ノ急劇ナル變化ニヨリテ起ル損失水頭

**(1)直徑ガ急ニ增大スル場合** 第274圖ニ於テ$m, m'$及$n$ノ三點ハ同高度ニアルモノトシ，$m$點ニ於ケル管ノ斷面積ヲAトシ，其斷面ニ於ケル流速ヲ$v$トス.又$n$點ニ於ケル管ノ斷面積ヲ$A_1$トシ其斷面ニ於ケル流速ヲ$v_1$トスレバ

第274圖




此管ノ任意ノ斷面ニ於ケル流量ハ一定不變ノモノナレバ

$$Av = A_1 v_1$$

又$m$ト$n$トノ二點ニべるぬいり氏ノ定理ヲ適用スレバ

$$\frac{v^2}{2g}+\frac{p}{w}+0=\frac{v_1^2}{2g}+\frac{p_1}{w}+0+\text{損失水頭}$$

上式ヨリ $$\text{損失水頭}=\frac{v^2}{2g}-\frac{v_1^2}{2g}-\left(\frac{p_1}{w}-\frac{p}{w}\right)\cdots\cdots\cdots(182)$$

水ハ管徑小ナル部分ヨリ大ナル部分ニ流レ込ミタル瞬間ニハ尚其流速ヲ保チ從テ其水壓モ亦未ダ變化セズ.故ニ圖中$m'$ニ於ケル流速ハ尚$v$ニシテ其點ノ水壓モ尚$p$ナルベシ.依テCDノ斷面ニ於ケル總水壓ハ$pA_1$ニシテEFナル斷面ニ於ケル總水壓ハ



$p_1A_1$ナリ. 然ルニ$p_1$ハ$p$ヨリ大ナル故ニ$A_1p_1$ハ$A_1p$ヨリ大ナリ.CDノ斷面ヲ通過スル流量Wハ$(A_1p_1-A_1p)$ナル力ニ逆フテ動クヲ以テ$m'$點ニテ水ガ初ニ有スル所ノ流速$v$ハ次第ニ減ジテ$n$點ニ於テ$v_1$トナルベシ. 或物體ニ働ク力ノ量ハ夫ガ爲メニ起ル物體ノ動量卽チ質量ト速度トノ乘積ノ變化ヲ以テ表ハスコトヲ得. 卽チ

$$A_1p_1-A_1p=\frac{W}{g}(v-v_1)$$

$W=a_1.v_1.w$ ナル故ニ

$$A_1p_1-A_1p=\frac{A_1.v_1.w}{g}(v-v_1)$$

$$\frac{A_1p_1}{A_1w}-\frac{A_1p}{A_1w}=\frac{A_1v_1w}{g.A_1w}(v-v_1)$$

$$\frac{p_1}{w}-\frac{p}{w}=\frac{v_1}{g}(v-v_1)\cdots\cdots\cdots(183)$$

(182)式ト(183)式ニヨリ

$$\text{損失水頭}=\frac{v^2}{2g}-\frac{v_1^2}{2g}-\frac{v_1}{g}(v-v_1)$$

$$=\frac{(v-v_1)^2}{2g}\cdots\cdots\cdots(184)$$

又$Av=A_1v_1$.卽チ$v=\frac{A_1v_1}{A}$ ナル故ニ(184)式ニヨリ

$$\text{損失水頭}=\frac{\left(\frac{A_1v_1}{A}-v_1\right)^2}{2g}=\left(\frac{A_1}{A}-1\right)^2\frac{v_1^2}{2g}\cdots\cdots\cdots(185)$$

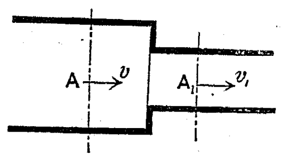
**(2) 直徑ガ急ニ小サクナル場合**　水ガ内徑大ナル管ヨリ急ニ小ナル内徑ノ管内ニ流入スル際ニモ亦タ水頭ノ損失ハ次ノ如ク表ハスヲ得.

$$\text{損失水頭}=k\frac{v^2}{2g}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(186)$$

$k$ノ値ハ斷面$A_1$トAノ比ニヨリテ變化スルモノニシテ實驗ノ結果ニヨレバ

| $\frac{A_1}{A}$ | .10 | .20 | .30 | .40 | .50 | .60 | .70 | .80 | .90 | 1.0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $k$ | .362 | .338 | .308 | .267 | .221 | .164 | .105 | .053 | .015 | 0 |

第 275 圖




又管内ノ流水ガ阻水弇ニヨリテ妨ゲラルヽ際ニ急ニ其斷面積ガ減少セラルヽ故ニ又水頭ノ損失ヲ起スベシ.弇ノ形ニハ種々アリ第276圖ニ示ス三種ハ最普通ナルモノナリ.各種ニ就テ實驗シタル$k$ノ値ハ次表ノ如シ

第(1)種ノ弇ヲ用フル場合

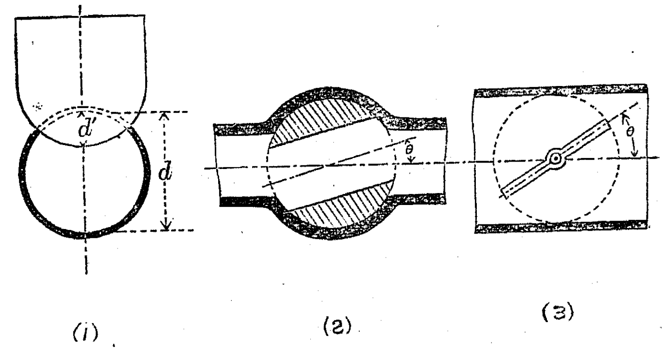
| $\frac{d'}{d}$ | $\frac{1}{8}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{3}{8}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{5}{8}$ | $\frac{3}{4}$ | $\frac{7}{8}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $k$ | .07 | .26 | .81 | 2.1 | 5.5 | 17 | 98 |

第(2)種ノ弇ヲ用フル場合



| $\theta$ | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 55° | 60° | 65° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $k$ | .29 | 1.6 | 5.5 | 17 | 53 | 106 | 206 | 486 |

第 276 圖




第(3)種ノ弇ヲ用フル場合

| $\theta$ | 5° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 65° | 70° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $k$ | .24 | .52 | 1.5 | 3.9 | 11 | 33 | 118 | 256 | 750 |

**147. 管内ノ流速及流量**　前數節ニ於テ論ゼシ損失水頭ヲ列記スレバ次ノ如シ

$$\text{管ノ入口ニ於ケル損失水頭}=0.5\frac{v^2}{2g}.$$

$$\text{管内ノ摩擦ヨリ起ル損失水頭}=f\frac{l}{d}\frac{v^2}{2g}.$$

$$\text{曲管ノ爲メニ起ル損失水頭}=c\frac{v^2}{2g}$$

管徑ノ急ナル擴大ニヨル損失水頭$=\dfrac{(v-v_1)^2}{2g}$

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

管徑ノ急ナル縮小及弇ニヨリテ起ル損失水頭

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

(175)式ニ於テ此等ノ値ヲ $h'$ ニ代入スレバ

$$h=\frac{v^2}{2g}+0.5\frac{v^2}{2g}+f\frac{l}{d}\frac{v^2}{2g}+c\frac{v^2}{2g}+\left(\frac{A_1}{A}-1\right)^2\frac{v_1^2}{2g}+k\frac{v^2}{2g}\text{..............}(187)$$

若シ管ガ直管ニシテ內徑均等ナレバ(187)式ハ次ノ如クナル

$$h=\frac{v^2}{2g}+0.5\frac{v^2}{2g}+f\frac{l}{d}\frac{v^2}{2g}=\left(1.5+f\frac{l}{d}\right)\frac{v^2}{2g}\text{.........}(188)$$

若シ管ノ長ガ $4000d$ ヨリ長クナレバ $f\dfrac{l}{d}$ ノ值ハ 1.5 ニ對シテ甚大ナルニヘ 1.5 ナル項ヲ省略スルモ其誤差ハ百分ノ一以下ナル故ニ之ヲ省略スレバ (188)式ハ次ノ如クナル

$$h=f\frac{l}{d}\frac{v^2}{2g}\text{..............}(189)$$

此式ハ長管ノ場合ニ適用スルモノニシテ總水頭 $h$ ハ悉ク摩擦ノ爲ニ損失セラレタルモノト見做スヲ得ベシ



(188)式ニヨリ

$$v=\sqrt{\frac{2gh}{1.5+f\dfrac{l}{d}}}\text{..............}(190)$$

今管內ノ流量ヲ Q ニテ示シ管ノ斷面積ヲ A トスレバ

$$Q=A.v.$$

$$A=\frac{\pi d^2}{4}$$

故ニ
$$Q=\frac{\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{2gh}{1.5+f\dfrac{l}{d}}}\text{..............}(191)$$

上式ヨリ
$$d=\sqrt[5]{\frac{1.5d+fl}{2gh}\left(\frac{4Q}{\pi}\right)^2}\text{..............}(192)$$

長管ノ場合ハ同樣ニシテ(189)式ヨリ

$$Q=\frac{\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{2gh}{f\dfrac{l}{d}}}\text{..............}(191_a)$$

又
$$d=\sqrt[5]{\frac{fl}{2gh}\left(\frac{4Q}{\pi}\right)^2}=0.479\left(\frac{f.l.Q^2}{h}\right)^{\frac{1}{5}}\text{..........}(192_a)$$

若シ水頭ト管徑及管長ヲ知レバ(190)式ニヨリテ管內ノ流速ヲ見出シ.又(191)式ニヨリテ管內ノ流量ヲ見出スヲ得ベシ. 然ルニ式中ノ $f$ ノ值ハ流速ニヨリテ變ズルモノナレバ初ニ $f$ ノ值ヲ假定シテ流速ヲ算出シ此流速ニ對スル $f$ ノ值ヲ第四表ニテ見出シ更ニ流速ヲ算出スベシ. 此方法ヲ繰返シテ終

ニ $f$ ノ眞値ヲ見出スコトヲ得ベシ.

若シ水頭,管長及流量ヲ知レバ(192)式ニヨリテ管徑ヲ算出スルコトヲ得ベシ. 然ルニ(192)式ノ右項ニモ亦 $d$ アルニヨリ初ニ $d$ ヲ假定シテ之ニ對スル $f$ ノ値ヲ第四表ニテ見出シ, $d$ ヲ算出シ,更ニ今見出シタル $d$ ニ對シテ $f$ ノ値ヲ見出シ,此假定シタル $d$ ノ値ト算出シタル $d$ ノ値ト等シキニ至リテ止ム.然ルニ此ノ如ク試算ヲ繰返スコトハ甚面倒ナレバ通常概算ノ場合ニハ $f=0.02$ トシテ計算シテ差支ナシ.

**例題** 1. 二ノ貯水池アリ其二池ノ距離2000呎ニシテ水面ノ落差ハ4呎ナリ. 今此二池ヲ直徑2呎ノ鐵管ニテ連結スルトキ管內ノ流速及流量ヲ求メヨ.

(190)式ニヨリテ $f=0.02$ ト假定スレバ

9.8)322(31
294
28

$$v=\sqrt{\frac{2gh}{1.5+f\dfrac{l}{d}}}=\sqrt{\frac{2\times32.2\times4}{1.5+0.02\times\dfrac{2000}{2}}}=3.5\text{ 呎每秒.}$$

第四表ニヨリ流速3.5呎每秒ニ對スル2呎管ノ摩擦係數ハ0.018ナリ. 再ビ之ヲ(190)式中ニ代入スレバ

$$v=\sqrt{\frac{2\times32.2\times4}{1.5+0.018\times\dfrac{2000}{2}}}=3.65\text{ 呎每秒.}$$

第四表ニヨリ3.65呎每秒ニ對スル摩擦係數ハ0.018ニ近似セル故ニ3.65呎每秒ハ求ムル所ノ流速ナリ.

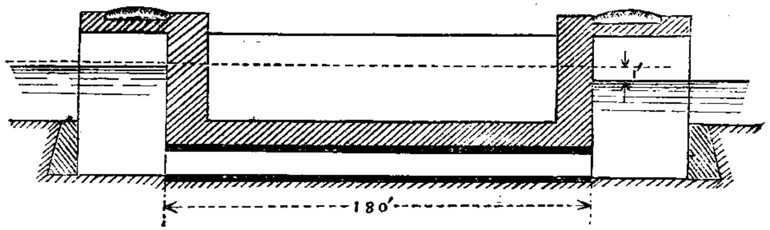
又鐵管ノ斷面積 $A=\dfrac{\pi}{4}d^2=\dfrac{3.14}{4}\times2^2=3.14$ 平方呎

故ニ　流量, $Q=A.v=3.14\times3.65=11.46$ 立方呎每秒.



**例題** 2. 第277圖ノ如ク長サ180呎ノ仰彎管アリ其入口ノ水面ト出口ノ水面トノ落差ヲ一呎トシテ每秒35立方呎ノ水ヲ通サントス. 其管徑ヲ幾何ニスレバ可ナリヤ.

第277圖




(192)式 $d=\sqrt[5]{\dfrac{1.5d+fl}{2gh}\left(\dfrac{4Q}{\pi}\right)^2}$ ニ於テ先ヅ管徑 $d$ ヲ4呎ト假定スレバ管內ノ流速ハ

$$v=\frac{Q}{A}=\frac{35}{\dfrac{3.14}{4}4^2}=2.8\text{ 呎每秒}$$

第四表ニヨリテ $f=.015$

故ニ $$d=\sqrt[5]{\frac{1.5\times4+.015\times180}{2\times32.2\times1}\left(\frac{4\times35}{3.14}\right)^2}=3.07\text{ 呎}$$

然ルトキハ管內ノ流速ハ $v=\dfrac{Q}{A}=\dfrac{35}{\dfrac{3.14}{4}\times3.07^2}=4.7$ 呎每秒

第四表ニヨリ $f=.0145$

故ニ $$d=\sqrt[5]{\frac{1.5\times3.07+.0145\times180}{2\times32.2\times1}\left(\frac{4\times35}{3.14}\right)^2}=2.95\text{ 呎}$$

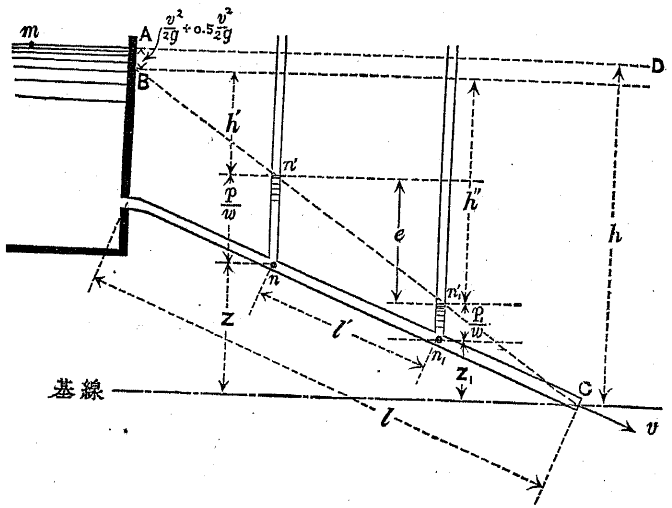
再ビ管內ノ流速ヲ算出スレハ $v=\dfrac{Q}{A}=\dfrac{35}{\dfrac{3.14}{4}\times2.95^2}=5$ 呎每秒

第四表ニヨリ $f=.0145$ ニシテ $f$ ノ値ニ變化ナキ故ニ2.95呎ハ求ムル所ノ仰彎管ノ直徑ナリ.

**148. 動水傾斜**(Hydraulic Gradient) 第278圖ニ示ス

如ク管ノ中途ニ於テ $n, n_1$ ノ二點ニ水壓計(Piezometer)ヲ立テ流水ノ出口 C ヲ閉塞スレバ水ハ容器中ノ水面ト同水位 AD 線マデ昇ルベシ. 然ル後出口 C ヲ

第 278 圖




開ケバ管中ノ水ハ直ニ流出シ流速 $v$ ヲ得ベシ.之ト同時ニ $n, n_1$ 二點ノ水壓ハ下リテ其壓水頭ハ $n$ ニ於テ $\frac{p}{w}$ トナリ, $n_1$ ニ於テハ $\frac{p_1}{w}$ トナルベシ. $p, p_1$ ハ $n, n_1$ 二點ニ於ケル水壓ナリ.

今 $m, n$ ノ二點ニべるぬいり氏ノ定理ヲ適用スレバ

$$0+\frac{p_a}{w}+h=\frac{v^2}{2g}+\left(\frac{p}{w}+\frac{p_a}{w}\right)+Z+\left(h'+0.5\frac{v^2}{2g}\right)$$



即チ
$$h=\frac{v^2}{2g}+\frac{p}{w}+Z+\left(h'+0.5\frac{v^2}{2g}\right)\dots\dots\dots\dots(a)$$

上式ニ於ケル最後ノ項ハ損失水頭ニシテ $h'$ ハ水ガ器中ヨリ $n$ マデ流レ來ル際ニ起ル摩擦損失, $0.5\frac{v^2}{2g}$ ハ管ノ入口ニ於ケル損失水頭ナリ.

同樣ニ $m, n_1$ ノ二點ニべるぬいり氏ノ定理ヲ適用シテ

$$h=\frac{v^2}{2g}+\frac{p_1}{w}+Z_1+\left(h''+0.5\frac{v^2}{2g}\right)\dots\dots\dots\dots(b)$$

$(a)(b)$ 二式ヨリ $\left(\frac{p}{w}+Z\right)-\left(\frac{p_1}{w}+Z_1\right)=h''-h'$

然ルニ上式ニ於テ $\left(\frac{p}{w}+Z\right)$ 及 $\left(\frac{p_1}{w}+Z_1\right)$ ハ夫々基線ヨリノ二水壓計中ノ水面 $n', n_1'$ ノ高サヲ表ハス.故ニ此水面ノ高ノ差 $e$ ハ $n, n_1$ 二點間ノ摩擦損失ニ等シキヲ知ル即チ

$$e=f\frac{l'}{d}\frac{v^2}{2g}\dots\dots\dots\dots(193)$$

(193)式ニヨリテ二水壓計中ノ水面ノ高サノ差 $e$ ハ其間ノ管ノ長サニ正比例スルヲ知ル. 故ニ此管ニ沿フテ幾多ノ水壓計ヲ立ツレバ其各水面ヲ連結シタルモノハ一ノ直線トナルベキナリ. 尤モ此直線ハ容器ノ水面ヨリ少シク下リタルB點ヨリ始マルベシ. 而シテ此 AB ノ高サハ流速水頭ト管ノ入口

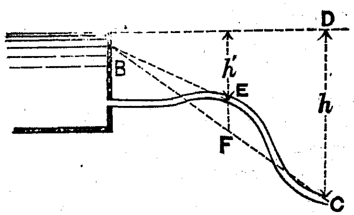
ニ於ケル損失水頭トノ和ヲ示スモノナリ. 又其線ノ終リハ水ノ流出口ノ水面Cナルコト明ナリ. 此線ノ傾斜ヲ稱シテ**動水傾斜**ト謂フ. 而シテ管ノ各點ノ壓水頭ハ其點ニ於ケル管ト此線トノ間ノ鉛直距離ニテ表ハサル. 若シ管ガ甚長ケレバ動水傾斜ハ近似的ニ次式ニテ示スヲ得.

$$s=\frac{h}{l}\cdots\cdots\cdots\cdots(194)$$

上式ニテハABノ高サヲ省略シ.管ニ沿ヒタル距離ト水平距離トヲ同一ト見做シタルモノナリ.

管線中ニ上下左右ノ屈曲アル場合ニ於テモ若シ其曲線緩ニシテ之ガ爲メ生ズル損失水頭僅少ナルトキハ動水傾斜ハ均等ナリト見做スヲ得ベシ. 故ニ水道用鐵管ノ設計ニ於テハ一般ニ動水傾斜ハ全線均等ナリト假定シ(194)式ニヨリテ動水傾斜ヲ定ム.

第279圖



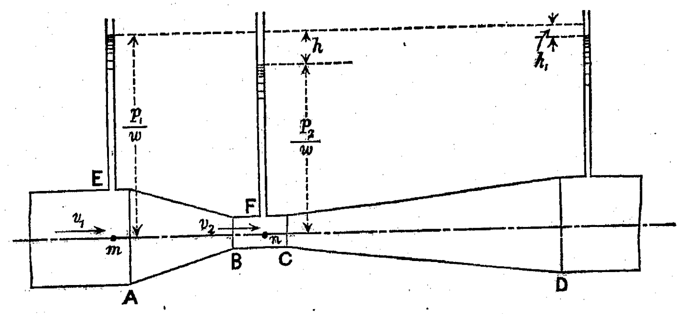

第279圖ノ如ク管ガ中途ニテ動水傾斜ノ上ニ出ヅルトキハ其頂點Eニ於ケル管內ノ水壓ハ一氣壓ヨリ小ナルベシ. 乍然EFナル高ガ34呎ヲ超過セサル間ハ吸彎管(Siphon)ノ作用ニヨリテ其流出



量ニハ影響ナカルベキモ水中ニ混入セル空氣ガ頂點Eニ集中スレバ吸彎管ノ作用ハ止ミ動水傾斜ハBEトナリテ其流出量ヲ減ズベシ.前述EFガ34呎ヲ超ヘザルトノ條件ハ理論的ノモノニシテ實際ハ20呎位ニシテ水ノ流ガ不充分ナルコトアリ. 故ニ鐵管ヲ布設スル際ハ鐵管ヲ動水傾斜線以上ニ布設セザル樣ニ注意スベシ.

**149. べんちゅり水量計** (Venturi Meter) 此水量計ハ最モ簡單ナル器械ニシテ大ナル鐵管內ノ水量ヲ

第280圖




計ルニ最モ精密ナルモノナリ.

其構造ハ漸縮管ABト漸開管CDトヲ小ナル短管BCニテ連結シタルモノナリ.此管內ニテ$m, n$ノ二點ヲ取リ,二點ノ直上E及Fニ壓力計ヲ立テ$m, n$ノ二點ノ水壓ヲ計リ,其壓水頭ヲ夫々$\frac{p_1}{w}$, $\frac{p_2}{w}$トシ,其流

速ヲ $v_1$, $v_2$ トシ鐵管ハ水平ニ置カレタルモノトスレバ $m$, $n$ ノ二點ニべるぬいり氏ノ定理ヲ適用スレバ

$$\frac{v_1^2}{2g}+\frac{p_1}{w}=\frac{v_2^2}{2g}+\frac{p_2}{w}\cdots\cdots\cdots\cdots(a)$$

$m$, $n$ ノ二點間ニハ摩擦ニ基因スル損失水頭ナキモノト知ルベシ.

今 $m$ 點ヲ含ム斷面積ヲ $a_1$, $n$ 點ヲ含ム斷面積ヲ $a_2$ トシ,之ヲ通過スル流量ヲ $Q'$ トスレバ

$$Q'=a_1.v_1=a_2.v_2.$$

依テ $$v_1=\frac{Q'}{a_1}. \qquad v_2=\frac{Q'}{a_2}.$$

$v_1$ 及 $v_2$ ノ値ヲ $(a)$ 式ニ代入スレバ

$$Q'=\frac{a_1a_2}{\sqrt{a_1^2-a_2^2}}\sqrt{2g\left(\frac{p_1}{w}-\frac{p_2}{w}\right)}\cdots\cdots\cdots\cdots(195)$$

上式ニ於テ $\left(\frac{p_1}{w}-\frac{p_2}{w}\right)$ ヲ**べんちゅり水頭** (Venturi Head) ト稱ス.此水頭ヲ計リ知レバ管内ノ流量ヲ計算スルヲ得ベシ. 然ルニ實際ハ此水量計内ヲ水ガ通過スル際多少ノ摩擦ヲ受クル故ニ上式ニテ算出シタルモノハ實際ノ流量ニアラズ. 故ニ上式ニ流量係數 C ヲ入レザルベカラズ.

$$Q=C\frac{a_1a_2}{\sqrt{a_1^2-a_2^2}}\sqrt{2g\left(\frac{p_1}{w}-\frac{p_2}{w}\right)}$$



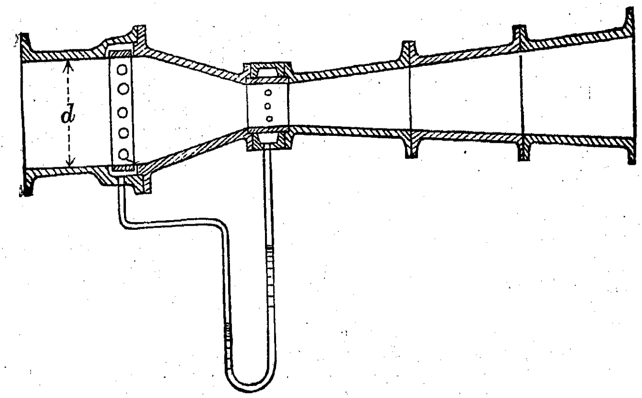
C ノ値ハ水量計ノ大小及其内面ノ粗度ニヨリテ變ズルモノナレバ實驗ニヨリテ定メザルベカラズ.

C ノ値定マレハ上式ニテ $\left(\frac{p_1}{w}-\frac{p_2}{w}\right)$ ノ外ハ皆常數ナルヲ以テ其水量計ニ對シテハ次ノ式ヲ得.

$$Q=k\sqrt{\frac{p_1}{w}-\frac{p_2}{w}}\cdots\cdots\cdots\cdots(196)$$

$k$ ハ常數ナルヲ以テ只 $\left(\frac{p_1}{w}-\frac{p_2}{w}\right)$ ヲ計リ知レバ直ニ其流量ヲ知ルヲ得ベシ.

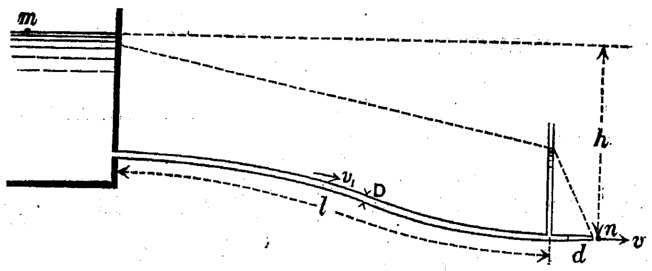
第 281 圖




第 281 圖ハ此水量計ノ縱斷面ニシテ漸縮管ノ長サハ本管ノ直徑 $d$ ノ二倍乃至二倍半,頸部ノ小短管ノ直徑ハ $\frac{1}{3}d$ ニシテ漸開管ノ漸開角ハ 5 度ナリ.此ノ如キ水量計ニ就テはあせる (Herschel) 氏ガ實驗ヲナシテ定メタル C ノ値ハ 0.97 乃至 0.99 ナリ.

**150. 一端ニ水嘴ヲ附セル管** 第282圖ニ示スガ如ク長サ$l$, 直徑Dナル管ノ一端ニ直徑$d$ナル水嘴ヲ

第282圖




附シタリトスレバ直徑Dナル管内ノ流速ハ水嘴ヨリ噴出スル流速ニ比スレバ甚遲緩ニシテ其管内ノ摩擦ニ起因スル損失水頭ハ小ニシテ水嘴ノ所ニテ急ニ流速ヲ増シ壓水頭ハ減ジテ流速水頭ハ急ニ増加スベシ.

今圖ニ於テ$m$ト$n$ノ二點ニべるぬいり氏ノ定理ヲ適用スレバ

$$0+\frac{p_a}{w}+h=\frac{v^2}{2g}+\frac{p_a}{w}+0+\text{損失水頭}$$

即チ
$$h=\frac{v^2}{2g}+\text{損失水頭}$$

上式中ノ損失水頭ノ中ニハ入口ニ於ケル損失水頭,管内ノ摩擦ニヨル損失水頭及水嘴ニ於テ内徑ノ急ナル縮小ニヨリテ起ル損失水頭ヲ含ムモノニシテ之ヲ式ニテ示セバ



$$h=\frac{v^2}{2g}+0.5\frac{v_1^2}{2g}+f\frac{l}{D}\frac{v_1^2}{2g}+\left(\frac{1}{C^2}-1\right)\frac{v^2}{2g}\text{..........(197)}$$

上式ニ於テ$v_1$ハ管内ノ流速ニシテ$v$ハ水嘴ノ射水流速ナリ

又 $\frac{v_1}{v}=\frac{d^2}{D^2}$. 即チ $v_1=v\frac{d^2}{D^2}$.

若シ管ガ著シク長ケレバ(197)式中ノ右第二項及第四項ノ値ハ第三項ノ値ニ比シテ甚小ナルヲ以テ實際ハ之ヲ省略シテ差支ナシ.故ニ

$$v=\left(\frac{2gh}{1+\frac{f.ld^4}{D^5}}\right)^{\frac{1}{2}}\text{..........................(198)}$$

然ルニ射水ノ動勢ハ次ノ式ニテ之ヲ表ハスヲ得.

M=單位時間ニ水嘴ヨリ射出スル水ノ質量.

$a$=水嘴ノ出口ノ斷面積.

$w$=水ノ單位容積ノ重量.

K.E.=射水ノ動勢.

$$K.E.=\frac{1}{2}Mv^2=\frac{wav^3}{2g}.$$

上式ニヨリ射水ノ動勢ハ$av^3$ノ値ニ正比例シテ増減スルヲ知ルベシ. 然ルニ$a$ヲ増セバ$v$ハ減ズル故ニ水嘴ノ口徑ヲ如何ニ定ムレバ射水ノ動勢ヲ最大ニスルコトヲ得ベキカヲ説明セン.

上式ニヨリ $\mathrm{K.E}=\dfrac{wav^3}{2g}=\dfrac{62.5\pi d^2}{8g}\left(\dfrac{2gh}{1+\dfrac{f.l.d^4}{\mathrm{D}^5}}\right)^{\frac{3}{2}}$

上式中ニテ $\dfrac{62.5\pi}{8g}(2gh)^{\frac{3}{2}}$ ハ常數ナルヲ以テ之ヲ $k$ トスレバ

$$\mathrm{K.E.}=\frac{kd^2}{\left(1+\dfrac{f.l.d^4}{\mathrm{D}^5}\right)^{\frac{3}{2}}}=kd\left(1+\frac{f.l.d^4}{\mathrm{D}^5}\right)^{-\frac{3}{2}}$$

上式ヲ $d$ ニ就テ微分シ其微分係數ヲ 0 ト置ケバ

$$\frac{d(\mathrm{K.E.})}{dd}=2k\left(1+\frac{f.l.d^4}{\mathrm{D}^5}\right)^{-\frac{3}{2}}$$

$$-\frac{3}{2}kd\left(1+\frac{f.l.d^4}{\mathrm{D}^5}\right)^{-\frac{5}{2}}\times\frac{4f.l.d^3}{\mathrm{D}^5}=0$$

卽チ $$d=\sqrt[4]{\frac{\mathrm{D}^5}{2fl}}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(199)$$

管ノ直徑及長サガ與ヘラレタルトキハ(199)式ニヨリテ射水ノ動勢ヲシテ最大ナラシムル如キ水嘴ノ直徑ヲ見出スヲ得ベシ.

**151. 管內ノ流量ト直徑トノ關係** (191)式ニ於テ管ガ甚長キ場合ハ $f\dfrac{l}{d}$ ノ値ハ 1.5 ニ比シテ著シク大トナル故ニ 1.5 ヲ省略シテ次ノ式ヲ得ベシ.

$$\mathrm{Q}=\frac{\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{2gh}{f\dfrac{l}{d}}}=\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{2gh}{fl}}\sqrt{d^5}$$

玆ニ A,B 二個ノ送水管アリテ其管ノ長サ相等シ



ク且ツ同水頭ノ下ニアリテ水ヲ各其一端ヨリ流出セシム. 今此二管內ノ摩擦係數ハ大差ナキ故ニ之ヲ相等シキモノト假定スレバ上式ニ於テ $\dfrac{\pi}{4}\sqrt{\dfrac{2gh}{fl}}$ ハ二管ニ對シテ等值ナリ.之ヲ $k$ ニテ表ハシ $d_1, q_1$ ヲ A 管ノ直徑及流量トシ. $d_2, q_2$ ヲ B 管ノ直徑及流量トスレバ

$$q_1=kd_1^{\frac{5}{2}}\qquad q_2=kd_2^{\frac{5}{2}}$$

故ニ $$q_2=q_1\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{\frac{5}{2}}\cdots\cdots\cdots\cdots(200)$$

若シ A 管ノ直徑 $d_1$ ヲ 1 呎トシ B 管ノ直徑 $d_2$ ヲ 2 呎トスレバ

$$q_2=q_1\left(\frac{2}{1}\right)^{\frac{5}{2}}=5.7q_1$$

上式ニヨリ直徑 2 呎管內ノ流量ハ 1 呎管ノ流量ノ約六倍ニシテ 1 呎管六本ノ流量ハ 2 呎管一本ノ流量ニ相當セリ, 而シテ鐵管ノ厚サハ直徑ヲ增ス割合ニ厚クスル必要ナシ. 且ツ 2 呎管一本ノ重量ハ 1 呎管六本ノ重量ニ比スレバ甚小ナリ. 故ニ送水管ニハ多クノ小管ヲ用フルヨリモ一本ノ大管ヲ用フル方經濟ナリ.

(200)式ニテハ管內ノ摩擦係數 $f$ ヲ二管共ニ相等シク假定セシガ詳シク言ヘバ $f$ ハ管ノ直徑ノ大小ニヨリテ變化スルモノナレバ今此等ノ二鐵管ノ摩

擦係數ヲ各 $f_1, f_2$ トスレバ

$$q_2=q_1\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{\frac{5}{2}}\left(\frac{f_1}{f_2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

第四表ニヨリ　$d_2=2'$,　$f_2=0.019$

$d_1=1'$,　$f_1=0.023$

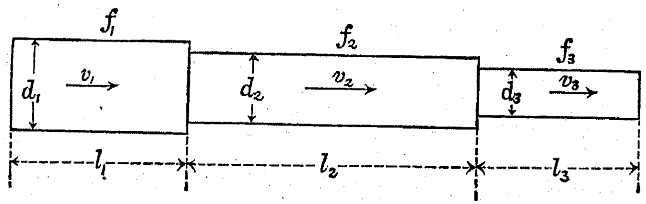
依テ

$$q_2=q_1\left(\frac{2}{1}\right)^{\frac{5}{2}}\left(\frac{0.023}{0.019}\right)^{\frac{1}{2}}=6.2q_1.$$

上式ニヨリ尚大管ヲ用ユルノ有効ナルコトヲ知ルベシ.

152. **混成管** (Compound Pipe) 直徑ノ異ナリタル多クノ管ノ連續セルモノヲ**混成管**ト謂フ. 水力電氣ノ發電所ノ送水管ノ如ク水頭大ニシテ管ノ長サ比較的ニ短キ場合ニ於テハ其下部ニ至ルニ從ヒ水壓次第ニ増加シ管ノ厚サヲ非常ニ厚クスルヲ要スルヲ以テ經濟上ノ考ヨリ次第ニ管徑ヲ小ニシタル混成管ヲ用フ.

第 283 圖




第 283 圖ニ於ケル如ク三ツノ異ナレル管徑及管長ヲ有スル混成管アリ.其流量ヲ $q$ トス.而シテ管徑



ノ變ズル所ニハ漸縮管ヲ用キテ損失水頭ヲ起サシメザル樣ニスレバ水ガ此混成管内ヲ流ルヽ際受クル所ノ損失水頭 $h$ ハ次ノ如シ.

$$h=f_1\frac{l_1}{d_1}\frac{v_1^2}{2g}+f_2\frac{l_2}{d_2}\frac{v_2^2}{2g}+f_3\frac{l_3}{d_3}\frac{v_3^2}{2g}$$

然ルニ

$$v_1=\frac{4}{\pi}\frac{Q}{d_1^2}$$

$$v_2=\frac{4}{\pi}\frac{Q}{d_2^2}$$

$$v_3=\frac{4}{\pi}\frac{Q}{d_3^2}$$

此等ノ $v_1, v_2, v_3$ ノ値ヲ上式ニ入ルレバ

$$Q=\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{2gh}{f_1\frac{l_1}{d_1^5}+f_2\frac{l_2}{d_2^5}+f_3\frac{l_3}{d_3^5}}}\quad\text{.................}(201)$$

今此混成管ト等シキ長サヲ有シ,同水頭ノ下ニ等シキ流量ヲ有スル均等ノ直徑ヲ有スル管アリトスレバ其直徑 $d$ ハ如何ナルヤヲ見出サンニ

$$Q=\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{2gh}{f\frac{l}{d^5}}}$$

而シテ其流量 Q ト混成管ノ流量トハ等シキモノナルヲ以テ

$$f\frac{l}{d^5}=f_1\frac{l_1}{d_1^5}+f_2\frac{l_2}{d_2^5}+f_3\frac{l_2}{d_3^5}$$

實際ニ於テ管ノ直徑異ナル故ニ其摩擦係數モ亦異ナルモ其差小ナレバ之ヲ相等シキモノト假定スレバ

$$f=f_1=f_2=f_3$$

故ニ
$$\frac{l}{d^5}=\frac{l_1}{d_1^5}+\frac{l_2}{d_2^5}+\frac{l_3}{d_3^5}\cdots\cdots\cdots\cdots(202)$$

而シテ其管ノ長サ $l$ ハ混成管ノ全長ト等シキ故ニ

$$l=l_1+l_2+l_3\cdots\cdots\cdots\cdots(203)$$

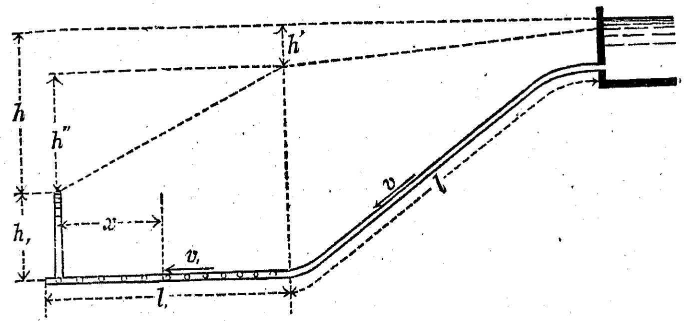
(202)及(203)ノ二式ヨリ求ムル所ノ管徑 $d$ ヲ見出スコトヲ得ベシ.此ノ如クシテ見出シタル直徑 $d$ ヲ其混成管ノ**等價直徑**(Equivalent Diameter)ト謂フ.

混成管ニアリテハ流水ガ大管ヨリ小管ニ向テ流ルヽモ小管ヨリ大管ニ向テ流ルヽモ其流量ハ相等シカルベキナリ.

153. **水道ノ送水幹管** 上水道工事ニ於ケル水源ヨリ市ノ入口ニ至ルマデ幹管ハ途中ニテ水ヲ供給セズ市内ニ入リテ途中至ル所ニテ給水ス.第284圖ニ於テ $l_1$ ナル部分ニ於テハ管ノ單位長ニ於テ均等ノ水量ヲ供給スルモノトシ,全線ニ於テ管ノ直徑 $d$ ハ均等ナリト假定ス.然ルトキハ $l$ ナル部分ノ管内ノ流速ハ均等ニシテ之ヲ $v$ トス.$l_1$ ナル部分ニ入レバ其始點ノ流速ハ $v$ ナルベキモ水ハ途中ニテ給水



第284圖




サレ流量次第ニ減ズルヲ以テ流速モ亦次第ニ減ジ終ニ其終點ニ於テハ零トナルベシ.

今此終點ヨリ $x$ ノ距離ニ於ケル流速ヲ $v_1$ ニテ表ハセバ

$$\frac{v_1}{v}=\frac{x}{l_1}.\quad 即チ\quad v_1=\frac{xv}{l_1}$$

又此點ニ於テ水ガ細微距離 $dx$ ヲ流レテ受クル所ノ損失水頭ヲ $dh''$ トスレバ

$$dh''=f\frac{dx}{d}\,\frac{v_1^2}{2g}=f\frac{x^2}{dl_1^2}\,\frac{v^2}{2g}dx$$

今上式ヲ積分シテ其限界ヲ0ヨリ $l_1$ マデトスレバ

$$h''=\frac{v^2f}{2gdl_1^2}\int_0^{l_1}x^2dx$$

$$h''=f\cdot\frac{l_1}{3d}\cdot\frac{v^2}{2g}\cdots\cdots\cdots\cdots(204)$$

上式ニヨリ送水管ノ一端ヨリ水ヲ流出セシムル

際ニ起ルベキ損失水頭ハ其途中ヨリ長サニ沿ヒテ均等ニ配水スル場合ニ起ルベキ損失水頭ノ三倍ナルヲ知ル

$h''$ハ水ガ$l_1$ナル部分ヲ流ルヽ際ニ受クル所ノ損失水頭ニシテ$l$ナル部分ヲ流ルヽ際受クル所ノ損失水頭ヲ$h'$トスレバ

$$h'=f\frac{l}{d}\frac{v^2}{2g}$$

水源ヨリ送水管ノ終端マデノ總損失水頭ヲ$h$トスレバ

$$h=h'+h''=f\frac{l}{d}\frac{v^2}{2g}+f\frac{l_1}{3d}\frac{v^2}{2g}=\left(l+\frac{1}{3}l_1\right)\frac{fv^2}{2gd}\cdots\cdots(205)$$

又 $$d=\left(l+\frac{l_1}{3}\right)\frac{fv^2}{2gh}\cdots\cdots(206)$$

然ルニ $Q=\frac{\pi d^2}{4}v$. 卽チ $v=\frac{4Q}{\pi d^2}$

$v$ノ値ヲ(206)式ニ代入スレバ

$$d=\left(l+\frac{l_1}{3}\right)\frac{16fQ^2}{2gh.\pi^2d^4}$$

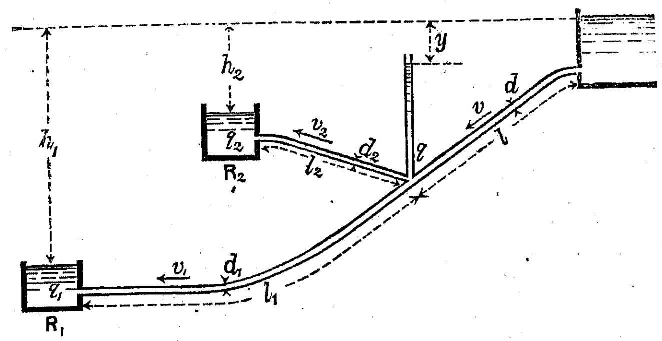
$$d^5=\left(l+\frac{l_1}{3}\right)\frac{16fQ^2}{2g\pi^2h}$$

故ニ $$d=0.479\left(l+\frac{l_1}{3}\right)^{\frac{1}{5}}\left(\frac{fQ^2}{h}\right)^{\frac{1}{5}}\cdots\cdots(207)$$

**154. 分岐セル送水管** (1)今一ツノ水源ヨリ二ツノ貯水池$R_1$ト$R_2$ニ鐵管ニテ送水スルトキ其鐵管



第285圖




ガ途中ニテ分岐スル場合ニ於テ水源ヨリ分岐點マデノ間ニ水流ガ受クル摩擦損失水頭ヲ$y$トスレバ(189)式ニヨリ

$$y=f\frac{l}{d}\frac{v^2}{2g}$$

又分岐點ヨリ$R_1$マデ流ルヽ間ニ水流ガ受クル所ノ損失水頭ヲ$h_1-y$トスレバ

$$h_1-y=f_1\frac{l_1}{d_1}\frac{v_1^2}{2g}$$

同様ニ $$h_2-y=f_2\frac{l_2}{d_2}\frac{v_2^2}{2g}$$

上式ヨリ $$h_1=y+f_1\frac{l_1}{d_1}\frac{v_1^2}{2g}=f\frac{l}{d}\frac{v^2}{2g}+f_1\frac{l_1}{d_1}\frac{v_1^2}{2g}\cdots\cdots(208)$$

然ルニ二池ニ流入スル流量$q_1$ト$q_2$トノ和ハ水源ヨリ分岐點マデ流出スル流量Qト等シカルベシ卽チ

$$Q=q_1+q_2=\frac{\pi d^2}{4}v$$

之ニ依テ $$v^2=\frac{16(q_1+q_2)^2}{\pi^2 d^4}$$

同様ニ $q_1=\frac{\pi d_1^2}{4}v_1$ ナルニヨリ $v_1^2=\frac{16q_1^2}{\pi^2 d_1^4}$

故ニ(208)式中ニ $v^2$ ト $v_1^2$ トノ値ヲ代入スレバ

$$h_1=f\frac{l}{d2g}\frac{16(q_1+q_2)^2}{\pi^2 d^4}+f_1\frac{l_1}{d_1 2g}\frac{16q_1^2}{\pi^2 d_1^4}$$

$$=\frac{16}{2g\pi^2}\left\{f\frac{l}{d^5}(q_1+q_2)^2+f_1\frac{l_1}{d_1^5}q_1^2\right\}$$

故ニ $$\frac{2g\pi^2}{16}h_1=f\frac{l}{d^5}(q_1+q_2)^2+f_1\frac{l_1}{d_1^5}q_1^2 \cdots\cdots(209)$$

$R_2$ ノ貯水池ニ於テモ一様ニ

$$\frac{2g\pi^2}{16}h_2=f\frac{l}{d^5}(q_1+q_2)^2+f_2\frac{l_2}{d_2^5}q_2^2 \cdots\cdots(210)$$

(209)及(210)ノ二式ニ於テ(イ)若シ $q_1$ ト $q_2$ ノミカ未知數ニシテ其和 Q ノ値ガ既知ナレバ $q_1$ ト $q_2$ ノ値ヲ見出スコトヲ得ベシ.(ロ)若シ $d$, $d_1$ 及 $d_2$ ノ三値ガ未知數ナレバ $d$ ヲ假定シテ $d_1$ ト $d_2$ ノ値ヲ見出スヲ得ベシ.(ハ)又 $y$ ノ値ヲ假定スレバ $(h_1-y)$ ト $(h_2-y)$ トノ値モ定マル故ニ(209)及(210)式ヲ用キズシテ($192_a$)式ニヨリテ夫々 $d$, $d_1$ 及 $d_2$ ノ値ヲ見出スヲ得ベシ.即チ

$$d=0.479\left(\frac{fl.Q^2}{y}\right)^{\frac{1}{5}}$$

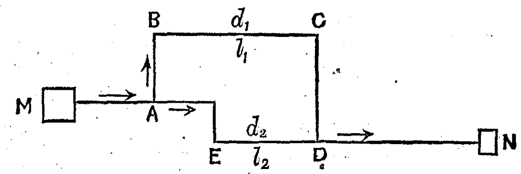


$$d_1=0.479\left(\frac{f_1 l_1 q_1^2}{h_1-y}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$d_2=0.479\left(\frac{f_2.l_2 q_2^2}{h_1-y}\right)^{\frac{1}{5}}$$

(2)水源 M ヨリ A マデ一本ノ鐵管ニテ水ヲ引キ之ヨリ分岐シテ ABCD ト AED ノ二管トナリ D ニ於テ再ビ相會シテ D ヨリ N マデ一本ノ管ニテ送水スル場合

第 286 圖




ニ於テ水ガ M ヨリ N マデ流ルヽ間ニ受クル摩擦損失水頭ヲ見出サンニ MA ト DN ノ部分ハ一本ノ管ナルヲ以テ損失水頭ハ容易ニ算出シ得ベキモ分岐シタル部分ノ損失水頭ヲ見出スコト困難ナリ. 是レ兩管内ノ流量ノ割合ヲ知ルコト困難ナルヲ以テナリ.($191_a$)式ニヨリ

$$Q^2=\frac{\pi^2 d^4}{16}\frac{2gh}{f\frac{l}{d}}$$

若シ $d$ ト $l$ トニ變化ナケレバ上式ニ於テ Q ト $h$ トノ外ハ皆常數ナルヲ以テ次ノ如ク記スコトヲ得ベシ.

$$Q^2=kh \ldots\ldots(a)$$

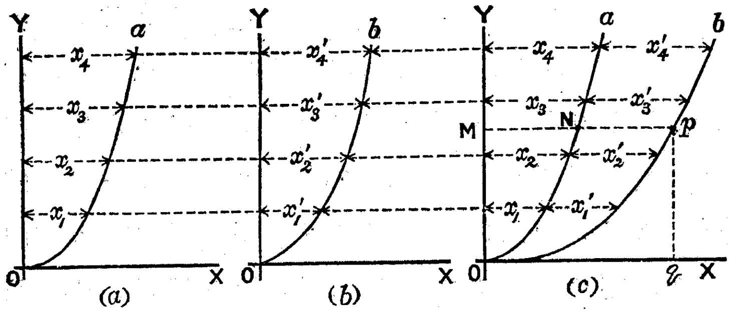
上式ハ抛物線ノ式ニシテQトhトノ關係ヲ表圖ニテ示スコドヲ得ベシ. 故ニABCD間ノ流量ト損失水頭トノ關係ハ

$$Q_1^2=k_1h_1 \ldots\ldots(b)$$

同様ニAEDニ於テハ

$$Q_2^2=k_2h_2 \ldots\ldots(c)$$

第287圖




今第287圖OXノ軸ニ流量ヲ取リOYノ軸ニ損失水頭ヲ取レバ(b)式ノ流量ト損失水頭トノ關係ヲ(a)圖ノ抛物線$Oa$ニテ示シ. (c)式ノ流量ト損失水頭トノ關係ヲ(b)ノ抛物線$Ob$ニテ表ハシ(a)圖ト(b)圖トノ抛物線ヲ合成シテ(c)圖ノ如キ抛物線ヲ作ル.然ルニ分岐點Aト會點Dトニ於ケル壓水頭ハ二管ニ共通ナルガ故ニABCDノ損失水頭トAED中ノ損失水頭ハ等シカルベシ卽チ$h_1$ト$h_2$トハ等シカルベシ.



今(c)圖ニ於テOX線上ニ全流量Qヲ取リ$Oq$ハ或尺度ニテQヲ表ハスモノトス. $q$ヨリ垂直線$qp$ヲ引キ抛物線ト$p$ニ交ハラシム. $p$ヨリOX線ニ並行ニ$p$NMヲ引ケバMNハABCD中ノ流量$Q_1$ヲ表ハシN$p$ハAED中ノ流量$Q_2$ヲ表ハス.而シテOMハABCD中ノ損失水頭ニシテ又同時ニAED中ノ損失水頭ナリ.

# 第十章 水路內ノ水流

155. **水路** 水路トハ河川ノ如キ天然水路及運河又ハ用水路ノ如キ人工的水路ヲ意味ス. 此章ニ於テハ總テ開水路內ノ水流ニ就テ論究ス.乍然暗渠又ハ管內ノ水流タリトモ滿水シテ流レザルトキハ又開水路內ノ水流ト同ジク取扱フヲ得ベシ.

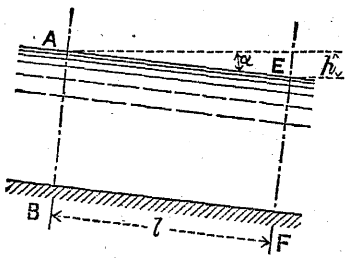
水路內ノ水流ニ就テ論究スルハ人工的水路ト天然水路トニ就テ別々ニ論究スルヲ便トス.

156. **均等斷面ノ水路** 水ガ水路ヲ流下スルトキ其斷面均等ニシテ其水路中任意ノ橫斷面ヲ通過スル流量ガ一定不變ナルトキハ其流速モ亦均等ナラ

ザルベカラズ.

流速ニ就テ一言スベキコトアリ.横斷面ノ底及兩側ニ於テハ摩擦ノ爲メニ流速減ゼラルヽヲ以テ同一斷面ニ於テモ處ニヨリテ流速ニ差異アルヲ免レズ. 故ニ此處ニ流速ト稱スルハ其斷面ニ於ケル平均流速ヲ指スモノト知ルベキナリ.

第288圖

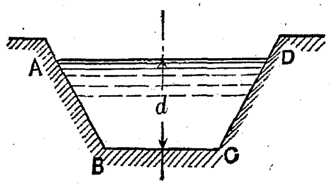



第288圖ニ於テ水面AEガ水平線トナス角ヲ$\alpha$トシ,水面上ノA點トE點トノ落差ヲ$h$トシ,水面勾配ヲ$s$ニテ表ハセバ

$$s=\frac{h}{l}=\sin\alpha \ldots\ldots\ldots\ldots(211)$$

又第289圖ニ示セル如クABCDヲ或一ツノ横斷面トスレバ水ニ接觸セル邊AB+BC+CDノ總延長ヲ

第289圖




稱シテ**潤邊**(Wetted Perimeter)ト稱シ,斷面積ヲ潤邊ニテ除シタルモノヲ**動水平均深**(Hydraulic Mean Depth)ト謂フ.

A=横斷面積



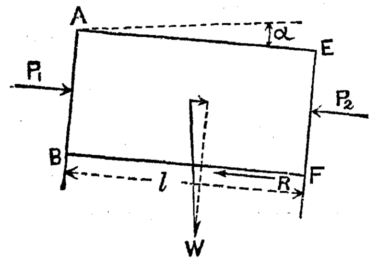
$p$=潤邊

$r$=動水平均深

然ルトキハ $r=\frac{A}{p}$

今横斷面ABCD,長サ$l$ノ水柱ヲ取リテ考フルニ之ニ働ク外力ハ第290圖ニ示ス如クAB斷面ニ働ク水壓$P_1$トEF斷面ニ働ク水壓$P_2$ト水柱ノ重量Wト及ビ水路ノ底及ビ兩側ニ於ケル摩擦抵抗Rニシテ此水柱ガ等速度ヲ以テ流下スル故ニ此等ノ外力ノ水流ノ方向ニ於ケル分力ノ代數和ハ零ナラザルベカラズ卽チ

第290圖




$$P_1-P_2+A.l.w.\sin\alpha-R=0$$

上式ニ於テ$P_1$ハ$P_2$ニ等シキ故ニ

$$R=A.l.w.\sin\alpha.$$

今水路ノ底及兩側ノ單位面積ニ於ケル摩擦抵抗ヲFニテ表セハ

$$R=F.p.l.$$

故ニ $$F=\frac{R}{p.l}=\frac{A.l.w.\sin\alpha}{p.l}=r.w.s. \ldots\ldots\ldots\ldots(212)$$

實驗ニヨルニ水ト他ノ物體面トノ間ノ摩擦抵抗ハ其水ノ流速ノ自乘ニ正比例ス.卽チ次ノ如シ

$$F=cv^2$$

故ニ

$$cv^2=r.w.s$$

卽チ

$$v=\sqrt{\frac{w}{c}r.s}$$

上式ニ於テ $\sqrt{\frac{w}{c}}$ ハ一ノ係數ニシテ水路ノ周邊ヲ成セル物質ト動水平均深等ニ變化ナキ限ハ常數ナリ.之ヲ C トスレバ

$$v=C\sqrt{r.s}\;\cdots\cdots\cdots\cdots(213)$$

上式ニ於ケル C ニ就テがんぎれ (Ganguillet) 氏及くってる (Kutter) 氏ノ研究シタル結果ニヨレバ

$$C=\frac{41.65+\frac{0.00281}{s}+\frac{1.811}{n}}{1+\left(41.65+\frac{0.00281}{s}\right)\frac{n}{\sqrt{r}}}\cdots\cdots\cdots\cdots(214)$$

卽チ C ハ水面勾配 $s$, 動水平均深 $r$, 及 $n$ ニヨリテ變化スルモノナリ.$n$ ハ水路ノ內面ノ粗度ニヨリテ其値ヲ變スル係數卽チ**粗度係數**(Coefficient of Roughness) ナリ.

がんぎれ及くってる氏ハ實驗ノ結果 $n$ ノ値ヲ次ノ表ノ如クニ定メタリ.



## 第五表

| 水路 | $n$ |
|---|---|
| 鉋ニテ削リタル板ニテ作ラレタル水路 | 0.009 |
| 膠灰ヲ塗リタル面ヲ有スル水路 | 0.010 |
| 膠灰 1, 砂 3 ノ割合ノ膠泥ヲ塗リタル面ヲ有スル水路 | 0.011 |
| 鉋ニテ削ラレザル粗板ニテ作ラレタル水路 | 0.012 |
| 切石工又ハ煉瓦工ニテ成レル水路 | 0.013 |
| 枠ニ張リタル粗布ニテ成レル水路 | 0.015 |
| 粗石工ニテ成レル水路 | 0.017 |
| 固マリタル砂利地ニ於ケル水路 | 0.020 |
| 石及雜草ヲ有セサル良好ナル狀態ノ水路 | 0.025 |
| 多少ノ石雜草ヲ有セル半良好狀態ノ水路 | 0.030 |
| 多クノ石及雜草ヲ有スル不良狀態ノ水路 | 0.035 |

又ばざん (Bazin) 氏ハ實驗ニヨリテ (213) 式中ノ C ノ値ヲ次ノ如ク定メタリ

$$C=\frac{87}{0.552+\frac{m}{\sqrt{r}}}\cdots\cdots\cdots\cdots(215)$$

上式ニ於テ $r$ ハ動水平均深ヲ表ハシ.$m$ ハ水路ノ內面ヲ成セル物體ノ粗度ニヨリテ其値ヲ變スベキ粗度係數ヲ示ス.

(215) 式ハ (214) 式ヨリモ簡單ニシテ其結果ハ大差ナキ故ニ此式ヲ用ヰルモノ多シ.ばざん氏ハ實驗ノ結果 $m$ ノ値ヲ次表ノ如ク定メタリ.

## 第　六　表

| 水　　　　路 | $m$ |
|---|---|
| 膠灰ヲ塗リタル平滑ナル面及鉋ニテ削タル板ヨリ成レル水路 | 0.06 |
| 鉋ニテ削ラレサル粗板，良好ナル煉瓦工又ハ混凝土工ヨリ成レル水路 | 0.16 |
| 切石工又ハ粗ナル煉瓦工ヨリ成レル水路 | 0.46 |
| 良好ナル狀態ノ土ニ於ケル水路 | 0.85 |
| 尋常ノ狀態ノ土ニ於ケル水路 | 1.30 |
| 石，雜草，其他碎屑多キ不良ナル水路 | 1.75 |

極メテ概算ヲナス場合ニ於テハ(213)式ニ於ケルCノ値ヲ第七表ニヨリ見出セハ簡單ニ計算スルヲ得.

## 第　七　表

| 水　路　ノ　內　面 | C |
|---|---|
| 平滑ナル膠灰又ハ板 | 125　乃至　150 |
| 粗板，混凝土又ハ煉瓦工 | 100　乃至　130 |
| 粗石工又ハ固メラレタル砂利地 | 70　乃至　90 |
| 良好ノ狀態ニアル土 | 50　乃至　75 |
| 不良狀態ニアル土 | 20　乃至　50 |

157. **水路ノ最有効ナル斷面**　水路ヲ新設スルニ當リテハ最モ有効ニシテ經濟的ナル斷面ヲ撰ハサルベカラズ.



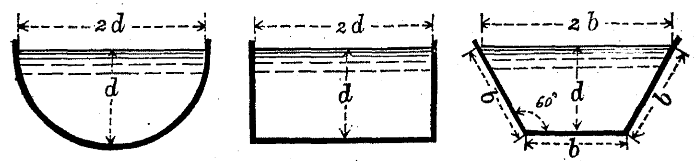
$$v=c\sqrt{r.s}=c\sqrt{s}\frac{A^{\frac{1}{2}}}{p^{\frac{1}{2}}}$$

$$Q=A.v=c.\sqrt{s}\frac{A^{\frac{3}{2}}}{p^{\frac{1}{2}}}$$

上式ニヨリテ見ルニ(イ)勾配 $s$ カ與ヘラレタル場合ニ一定ノ斷面積Aカ最モ大ナル流量Qヲ生ズルニハ潤邊 $p$ ヲ最小ナラシムルヲ要ス.(ロ)一定ノ勾配ノ下ニ一定ノ流量ヲ得ントスル場合ニハ潤邊 $p$ ヲ最小ナラシムレバ斷面積Aヲ最小ナラシムルヲ得ベク.(ハ)一定ノ面積ノ斷面ニヨリテ一定ノ流量ヲ流ス場合ニ於テ潤邊ヲ最小ニスレバ勾配ヲ最モ緩ナルモノトナスヲ得ベシ.

要スルニ**一般ニ有効ナル經濟的斷面ヲ得ル爲メニハ潤邊ヲ最小ナラシムルヲ要ス.**

第291圖




(a)　(b)　(c)

然ルニ同面積ヲ有スル平面形中ニテ周邊ノ長サ最小ナルハ圓ナレバ第291(a)圖ノ如キ半圓形ガ潤邊ノ最小ナルモノタルコト明カナリ.次ニ同面積ヲ

有スル矩形中ニテハ正方形ガ周邊最小ナルモノナレバ此種ノ形ニ於テハ第291(b)圖ノ如キ半正方形ガ潤邊最小ナリ.又同面積ノ梯形中ニテハ第291(c)圖ノ如キ半正六角形ガ潤邊最小ナリトス.以上三ツノ場合ニ於テ孰レモ $r=\frac{d}{2}$ ナリトス.

半圓形ノ水路ハ木又ハ鐵筋混凝土ニテ作レル筧等ニハ用フルコトアルモ地中ニ掘鑿セル水路ニハ施工面倒ナル故ニ多ク用キラレズ. 半正方形ハ木又ハ鐵筋混凝土ノ筧又ハ岩石中ニ掘鑿セル水路ニ多ク用キラル,半正六角形ハ地中ニ掘鑿セラレタル水路ノ形トシテハ適當ナルモノナレドモ水路ノ兩側ノ法ハ之ヲ地質ニヨリテ定メザルベカラズ. 故ニ半正六角形トナス能ハザルコト多シ. 此場合ニ於テ最有効斷面ヲ定ムルニハ次ノ如クスベシ.

水路ノ側面ノ法ヲ $1:n$ トシ,與ヘラレタル斷面積ヲAトシ,底幅ヲ $x$,水深ヲ $y$ トスレバ此 $x$ ト $y$ トヲ如何ナル割合ニスレバ可ナルカヲ見出サン.(第292圖)

$$r=\frac{A}{x+2y\sqrt{1+n^2}} \quad\cdots\cdots(a)$$

$$A=xy+ny^2$$

故ニ
$$x=\frac{A-ny^2}{y} \quad\cdots\cdots(216)$$

此 $x$ ノ値ヲ(a)式ニ代入スレバ



$$r=\frac{A.y}{A+y^2(2\sqrt{1+n^2}-n)} \quad\cdots\cdots(b)$$

然ルニ $r=\frac{A}{p}$ ニシテAハ常數ナレバ $p$ ヲ最小ナラシムルニハ $r$ ヲ最大ナラムシルヲ要ス.

(b)式中ニテ分母ノ活孤中ノ項ハ常數ナルヲ以テ之ヲCニテ表ハシ $y$ ニ就テ微分シテ之ヲ0ト置ケバ

$$\frac{dr}{dy}=\frac{A(A+Cy^2)-A.y.2Cy}{A^2+2A.Cy^2+C^2y^4}=0$$

故ニ
$$A(A+Cy^2)-2A.C.y^2=0$$

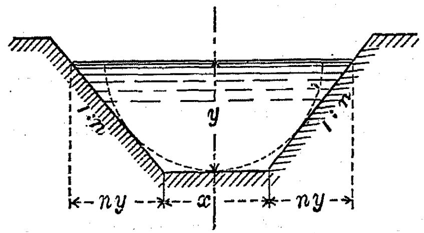
故ニ
$$A=(2\sqrt{1+n^2}-n)y^2$$

即チ
$$y=\sqrt{\frac{A}{2\sqrt{1+n^2}-n}} \quad\cdots\cdots(217)$$

(b)式ニAノ値 $(2\sqrt{1+n^2}-n)y^2$ ヲ代入スレバ

$$r=\frac{y}{2}$$

第292圖




即チ此場合ニ於テモ動水平均深ハ水深ノ半分ナリトス.第292圖ノ如ク水面ノ中央ニ圓心ヲ有スル半圓ガ各邊ニ正切セルトキ此條件ガ滿サルヽコト明カナリ.

**例題** 水路側面ノ勾配一割五分ニシテ斷面積100平方呎ナル

トキハ底幅ト水深トヲ幾何ニスベキカ.

(217) 式ニヨリ
$$y=\sqrt{\frac{100}{2\sqrt{1+1.5^2}-1.5}}=6.9\text{ 呎}$$

次ニ (216) 式中ニ $y$ ノ値ヲ代入スレハ
$$x=\frac{100-1.5\times6.9^2}{6.9}=4.14\text{ 呎}$$

故ニ水深 6.9 呎, 底幅 4.14 呎ナルモノガ最有効ナル斷面ニシテ流量最大ナリトス.

水面勾配ヲ急ニシテ流速ヲ大ナラシムレバ如何程ニモ斷面積ヲ小サクスルコトヲ得ベキモ水路内ノ流速ニハ水路ノ種類ニヨリテ自カラ制限アリ.上水工事ノ導水渠ノ如キハ流速カ 5 呎毎秒以上ナレバ渠底ニ摩滅ヲ起スベク.又 1 乃至 2 呎毎秒以下ナレバ土中掘鑿ノマヽニテ裝工ヲ施サズトモ渠底ノ侵蝕サルヽコトナシ. 然シナガラ流速緩ナルトキハ苔藻ノ繁茂ヲ免レサル故ニ流速ハ 2 呎毎秒以上トスベシ. 流速 2 呎毎秒以上トナレバ渠内ニ裝工ヲ要ス

水路ノ裝工ガ煉瓦工又ハ石工ナルトキハ 4 乃至 5 呎毎秒,若シ混凝土工ナレバ 3 呎毎秒ヲ以テ適當ノ流速トス.

又灌漑用水路ニ於テハ途中沈澱ヲ起サズ且ツ苔藻ノ繁茂ヲ防クベキ程度ノ流速ヲ與フルヲ可トス.故ニ 2 乃至 3 呎毎秒ヲ適度トス. 但シ岩中ニ掘鑿



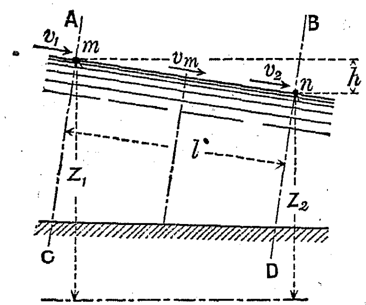
セル水路又ハ堅固ナル裝工ヲ施シタル水路内ノ流速ハ 7 呎毎秒トスルコトアリ.

**158. 不等斷面ノ水路** 水ガ不等斷面ヲ有スル水路ヲ流下スルトキハ各斷面ニ於テ其流速ハ變ズルモノナリ. 然レドモ水流ガ定流ナルトキハ各斷面ニ於ケル流量ハ一定不變ナリ. 即チ
$$Q=a_1v_1=a_2v_2=a_3v_3\text{..........}$$

而シテ不等流速ヲ起ス場合二アリ. (1) 水ガ流下スルニ從テ流速ガ次第ニ增加スル場合. (2) 水ガ流下スルニ從テ流速ガ次第ニ減少スル場合是ナリ.

第一ノ場合. 水位ノ差著シキ二ノ水面アリ之ヲ短キ水路ニテ連結スレバ此水路内ノ水流ハ流レ下ルニ從テ益々其流速ヲ增加シ同時ニ斷面積ハ次第ニ減少スベキナリ.

第 293 圖




第 293 圖ハ此種ノ水路ノ一部分ヲ示セルモノニシテ AC 斷面中ノ $m$ 點ノ流速ヲ $v_1$ トシ. BD 斷面中ノ $n$ 點ノ流速ヲ $v_2$ トシ,此二點間ノ落差ヲ $h$ トス.

今 $m$, $n$ ノ二點ニべるぬいり氏ノ定理ヲ適用ス

レバ

$$\frac{v_1^2}{2g}+\frac{p_a}{w}+Z_1=\frac{v_2^2}{2g}+\frac{p_a}{w}+Z_2+\text{損失水頭}$$

圖ニヨリテ $Z_1-Z_2=h$ ナル故ニ上式ヲ變ズレバ次ノ如シ

$$\text{損失水頭}=h+\frac{v_1^2}{2g}-\frac{v_2^2}{2g}\text{……………………}(218)$$

(213)式ニヨリテ　$s=\frac{v^2}{C.^2r}$

圖ニヨリテ　$s=\frac{h}{l}$

故ニ　$h=\frac{l.v^2}{C^2.r}$…………………………(219)

(219)式中ノ $h$ ハ定流ガ均等流速 $v$ ヲ以テ均等斷面ノ水路ヲ流下スルニ起ル所ノ損失水頭ナリ.然ルニ此場合ニ於テハ各斷面ニ於テ $v$ モ $r$ モ共ニ變スル故ニ $h$ ハ直ニ此水路内ノ損失水頭ヲ表ハスモノニアラズ.　今中央ノ斷面ニ於ケル流速ヲ $v_m$ トシ其動水平均深ヲ $r_m$ トシ假ニ流速 $v_m$ ノ水ガ此斷面ヲ以テ均等斷面トセシ水路ヲ流下スル際起ル所ノ損失水頭ヲ $h'$ トスレバ

$$h'=\frac{lv_m^2}{C^2r_m}$$

今此 $h'$ ヲ此不等斷面ノ水路ヲ流下スル場合ノ損失水頭ト見做セバ(218)式ニヨリテ



$$\frac{v_1^2}{2g}+h=\frac{v_2^2}{2g}+\frac{lv_m^2}{C^2r_m}\text{……………………}(220)$$

今 AC ノ斷面積ヲ $A_1$ トシ. BD ノ斷面積ヲ $A_2$ トシ.其中間ノ平均斷面積ヲ $A_m$ トスレバ

$$A_mv_m=A_1v_1$$

$$v_m=\frac{A_1v_1}{A_m}$$

然ルニ　$A_1=\frac{v_2}{v_1}A_2$

故ニ　$$v_m=\frac{\frac{v_2}{v_1}A_2v_1}{\frac{A_1+A_2}{2}}=\frac{2\frac{v_2}{v_1}A_2v_1}{\frac{v_2}{v_1}A_2+A_2}=\frac{2v_1v_2}{v_2+v_1}$$

若シ AC 斷面ノ潤邊ヲ $p_1$, BD 斷面ノ潤邊ヲ $p_2$ トシ.此中間ニアル平均斷面ノ潤邊ヲ $p_m$ トスレバ

$$p_m=\frac{p_1+p_2}{2}$$

此平均斷面 $A_m$ ノ動水平均深ヲ $r_m$ トスレバ

$$r_m=\frac{A_m}{p_m}=\frac{A_1+A_2}{p_1+p_2}$$

又 $A_1v_1=A_2v_2=Q$ ナルガ故ニ

$$v_1=\frac{Q}{A_1}.\qquad v_2=\frac{Q}{A_2}.$$

$v_1$, $v_2$, $r_m$ 及 $v_m$ ノ値ヲ夫々(220)式中ニ代入スレバ

$$\frac{\left(\frac{Q}{A_1}\right)^2}{2g}+h=\frac{\left(\frac{Q}{A_2}\right)^2}{2g}+\frac{l\left(\frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}\right)^2}{C^2\frac{A_1+A_2}{p_1+p_2}}$$

$$2gh=\left(\frac{Q}{A_2}\right)^2-\left(\frac{Q}{A_1}\right)^2+\frac{(p_1+p_2)v_1^2v_2^2.8gl}{(A_1+A_2)(v_1^2+2v_1v_2+v_2^2)C^2}$$

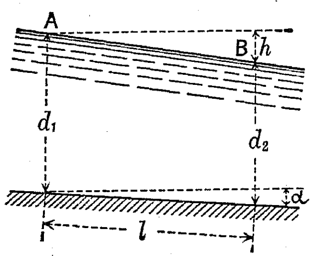
$$=\left(\frac{Q}{A^2}\right)^2-\left(\frac{Q}{A_1}\right)^2+\frac{8gl(p_1+p_2)\left(\frac{Q}{A_1}\right)^2\left(\frac{Q}{A_2}\right)^2}{C^2(A_1+A_2)\left(\frac{Q^2}{A_1^2}+2\frac{Q^2}{A_1A_2}+\frac{Q^2}{A_2^2}\right)}$$

故ニ

$$Q=\frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{\left(\frac{1}{A_2}\right)^2-\left(\frac{1}{A_1}\right)^2+\frac{8gl}{C^2}\left(\frac{p_1+p_2}{(A_1A_2)^2\left(\frac{1}{A_1}+\frac{1}{A_2}\right)^2(A_1+A_2)}\right)}}\quad\cdots\cdots(221)$$

此式ニヨリテ流量ヲ計算スルコトヲ得.

第294圖




第294圖ニ於ケル如クAノ斷面ニ於ケル深ヲ$d_1$, Bノ斷面ニ於ケル深ヲ$d_2$トシテ此二斷面ノ水面ノ落差ヲ$h$トシ.水底ノ傾斜角ヲ$\alpha$ニテ示セバ

$$h=d_1+l\sin\alpha-d_2$$

$h$ノ値ヲ(221)式ニ代入スレバ

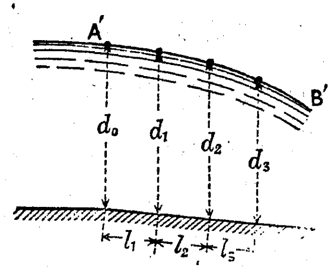


$$Q=\frac{\sqrt{2g(d_1+l\sin\alpha-d_2)}}{\sqrt{\left(\frac{1}{A_2}\right)^2-\left(\frac{1}{A_1}\right)^2+\frac{8gl}{C^2}\left(\frac{p_1+p_2}{(A_1A_2)^2\left(\frac{1}{A_1}+\frac{1}{A_2}\right)^2(A_1+A_2)}\right)}}$$

即チ
$$l=\frac{(d_1-d_2)-\left\{\frac{1}{A_2^2}-\frac{1}{A_1^2}\right\}\frac{Q^2}{2g}}{\left(\frac{p_1+p_2}{(A_1A_2)^2\left(\frac{1}{A_1}+\frac{1}{A_2}\right)^2(A_1+A_2)}\right)\frac{4Q^2}{C^2}-\sin\alpha}\quad\cdots(222)$$

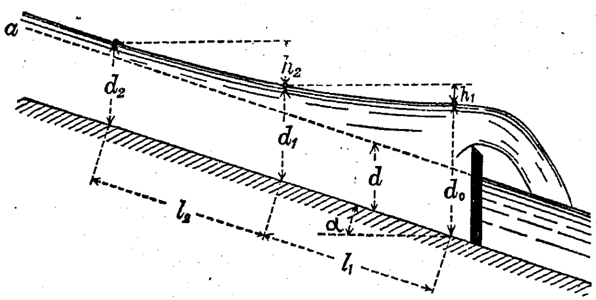
若シ此場合ニ於テ水路ノ幅,水底ノ勾配及流量ガ與ヘラルヽトキハ(222)式ニヨリテ水面ノ形ヲ知ルコトヲ得.即チ二ノ水面ノ水位ハ既知ナレバ高水位ノ水深モ從テ既知ニシテ之ヲ$d_0$トシ.之ニ接近セル下流ノ水深ヲ$d_1$ト假定シ$(d_0-d_1)$ニ相當スル$l_1$ヲ算出シ次ニ$(d_1-d_2)(d_2-d_3)$等ニ對シテ夫々相當スル$l_2$, $l_3$等ヲ算出シ得ベシ而シテ$(d_0-d_1)(d_1-d_2)$等ノ値ヲ小ニスル程$l_1$, $l_2$等ノ値ヲ小ニスルヲ得ベシ.此ノ如クシテ第295圖ニ示ス如ク水面曲線A'B'ヲ畫クコトヲ得ベシ.

第295圖




第二ノ場合. 茲ニ或水路アリテ之ヲ堰ニテ締切ルトキハ水ハ此堰ノ爲メニ停滯シ遂ニ堰ヲ越ヘテ

第296圖




落下スベシ.此場合ニ於テ水路ノ斷面積ハ下流ニ至ルニ從ヒテ增加シ同時ニ流速ハ次第ニ減少スベシ.

第296圖ニ於テ堰ニ接近シタル所ノ水深ヲ$d_0$トシ此ヨリ$l_1$ノ上流ニ於ケル水深ヲ$d_1$トシ.此ヨリ更ニ$l_2$丈上流ノ水深ヲ$d_2$トシ.$l_1$ノ距離ノ間ノ水面落差ヲ$h_1$トシ又$l_2$ノ間ノ落差ヲ$h_2$トスレバ

$$h_1=d_1+l_1\sin\alpha-d_0=-(d_0-d_1)+l_1\sin\alpha$$

$$h_2=d_2+l_2\sin\alpha-d_1=-(d_1-d_2)+l_2\sin\alpha$$

(221)式ニヨリ

$$Q=\frac{\sqrt{2g(-d_0+d_1+l_1\sin\alpha)}}{\sqrt{\left(\frac{1}{A_1}\right)^2-\left(\frac{1}{A_0}\right)^2+\frac{8gl_1}{C^2}\left(\frac{p_0+p_1}{(A_0A_1)^2\left(\frac{1}{A_0}+\frac{1}{A_1}\right)^2(A_0+A_1)}\right)}}$$

即チ
$$l_1=\frac{(d_0-d_1)-\left(\frac{1}{A_1^2}-\frac{1}{A_0^2}\right)\frac{Q^2}{2g}}{\sin\alpha-\left(\frac{p_0+p_1}{(A_0A_1)^2\left(\frac{1}{A_0}+\frac{1}{A_1}\right)^2(A_0+A_1)}\right)\frac{4Q^2}{C^2}}\cdots\cdots(223)$$



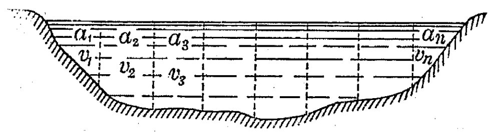
又同樣ニ

$$l_2=\frac{(d_1-d_2)-\left(\frac{1}{A_2^2}-\frac{1}{A_1^2}\right)\frac{Q^2}{2g}}{\sin\alpha-\left(\frac{p_1+p_2}{(A_1A_2)^2\left(\frac{1}{A_1}+\frac{1}{A_2}\right)^2(A_1+A_2)}\right)\frac{4Q^2}{C^2}}\cdots\cdots(224)$$

(223)式及(224)式ニ於テ$(d_0-d_1)$及$(d_1-d_2)$ヲ極メテ小サク刻ミテ$l_1, l_2, l_3$等ヲ算出シテ水面ノ形狀ヲ知ルヲ得ベシ.此ノ如クシテ得タル水面ノ形ハ一種ノ曲線ニシテ之ヲ**堰水曲線**(Backwater Curve)ト云フ.$(d_0-d_1)$, $(d_1-d_2)$等ノ値ヲ小ニスル程$l_1, l_2$等モ小トナル故ニ滑カナル曲線ヲ書クコトヲ得ベシ.

**159. 天然水路內ノ流量** 河川ノ如キ天然水路ノ流量ヲ測定スルニハ其流量少ナキ場合ハ堰ヲ以テ其流ヲ締切リ其堰ノ一部ニ缺口ヲ作リ第139節ふらんしす氏ノ公式ヲ適用シテ其流量ヲ測定シ得ベシ.大河ノ場合ニハ其流量大ニシテ之ヲ締切ルコト能ハザル故ニ次ノ方法ヲ用フベシ.

第297圖



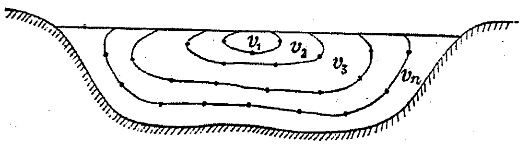

先ヅ河川ノ水路ガ直線ニシテ其斷面形ノ規則正シキ部分ヲ撰ミ其部分ノ橫斷面ヲ取リ第297圖ノ如ク

此橫斷面ヲ多數ノ小斷面ニ分チ各小斷面ノ面積ヲ圖上ニテ測リ之ヲ $a_1, a_2, a_3 \ldots\ldots a_n$ トシ各斷面ノ平均流速ヲ浮子又ハ流速計ニテ測リ之ヲ $v_1, v_2, \ldots\ldots v_n$ トスレバ全流量ハ次ノ如シ

$$Q=a_1v_1+a_2v_2+a_3v_3+\ldots\ldots+a_nv_n \ldots\ldots\ldots\ldots (225)$$

又河川ノ橫斷面ヲ取リテ其面上ニアル數多ノ點ニ於ケル流速ヲ流速計ニテ測リ然ル後其流速ノ等

第 298 圖




シキ點ヲ連結シテ多クノ等速線ヲ作リ(第 298 圖)此等ノ等速線間ニ圍マレタル面積ヲ各 $a_1, a_2, a_3 \ldots\ldots a_n$ トシ其流速ヲ夫々 $v_1, v_2, v_3 \ldots\ldots v_n$ トスレバ其斷面ニ於ケル全流量ハ次ノ如シ

$$Q=a_1v_1+a_2v_2+a_3v_3+\ldots\ldots+a_nv_n \ldots\ldots\ldots\ldots (225_a)$$

又大河ニ於ケル洪水ノ場合ノ如ク其斷面ニ於ケル各點ノ流速ヲ測定スルコト能ハザル場合ニ於テハ第 146 節 (213) 式ヲ適用シテ其流量ヲ測定スルコトヲ得ベシ此ノ如キ場合ノ流量ノ算出法ハ唯概算ニ止マルモノト知ルベシ



# 第十一章　射水及流水ノ作用

**160. 射水ノ反力**　射水ガ孔口ヨリ迸出スル際極短時間 $\Delta t$ ノ間ニ質量 $\Delta M$ ノ水ガ其速度ヲ 0 カラ $v$ マデ變化シタリトスレバ其際ノ加速度 $\alpha$ ハ

$$\alpha=\frac{v-0}{\Delta t}.$$

此加速度ヲ起スカハ

$$P=\Delta M.\alpha.=\Delta M\frac{v}{\Delta t} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (a)$$

今 W ヲ一秒時間ニ孔口ヨリ流出スル水ノ重量トスレバ

$$\frac{W}{g}\Delta t=\Delta M$$

$(a)$ 式ヨリ
$$P=\frac{W}{g}\Delta t\frac{v}{\Delta t}=\frac{W}{g}v \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (226)$$

面積 $a$ ヲ有スル孔口ヨリ迸出スル水ノ速度ヲ $v$ トスレバ

$$W=w.a.v$$

故ニ
$$P=\frac{w.a.v^2}{g}=2w.a\frac{v^2}{2g}=2w.a.h \ldots\ldots\ldots\ldots (227)$$

**卽チ孔口ノ射水ニ $v$ ナル速度ヲ與フベキカハ其孔口ニ於ケル水ノ靜水壓 $w.a.h$ ノ二倍ニ等シ**併ナ

ガラ是レ理論的ノモノニシテ實際ハ標準孔口ニ於テハ縮流係數ハ 0.62 ニシテ流速係數ハ 0.98 ナリ依テ

縮流斷面 $a'=0.62a$

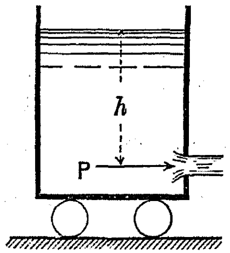
實際流速 $v'=0.98\sqrt{2gh}$

卽チ $\frac{v'^2}{2g}=(0.98)^2h$

(227)式ヨリ　$P=2\times w\times 0.62a\times(0.98)^2h=1.19a.w.h$ .....(228)

孔口ノ射水ノ實際ノ働ハ其孔口ニ於ケル水ノ靜水壓ヨリ大ナルコト壹割九分ナリ.

第 299 圖




第 299 圖ノ如ク底ニ車輪ヲ附シタル容器ノ側壁ニ穿テル斷面積 $a$ ナル孔口アリテ水ハ此孔口ヨリ迸出スルトスレバ其孔口ヨリ水ヲ迸出スル爲メニ働ク壓力 P ハ

$$P=2a.w.h$$

此反力ニヨリテ容器ハ水ガ迸出スル方向ト反對ノ方向ニ動クベシ.

又(226)式ハ動量ノ變化ヲ考ヘテ導キ出スコトヲ得. 卽チ孔口ヨリ毎秒Wノ水ガ迸出シ其孔口ヲ離ルヽトキハ水ノ流速ハ 0 ヨリ $v$ マデ變化シタル故



ニ其動量ノ變化ハ $\frac{W}{g}(v-0)$ ニシテ之ニヨリテ其水ニ働ケル力ヲ表ハスヲ得ベシ故ニ

$$P=\frac{W}{g}(v-0)=\frac{W}{g}v$$

上式ハ(226)式ニ同ジキヲ知ルベシ

**161. 固定シタル面上ニ於ケル射水ノ作用** 射水ノ動勢ヲ K トスレバ

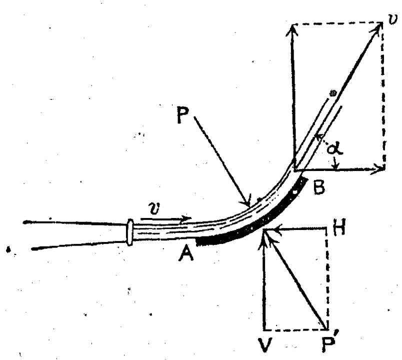
$$K=\frac{1}{2}\frac{W}{g}v^2 \text{..........................(229)}$$

W＝毎秒迸出スル射水ノ重量

$v$＝射水ノ速度

射水ハ此ノ如キ動勢ヲ有スルニヨリ固定シタル面上ニ射水ガ衝突スレバ茲ニ或作用ヲ起スベシ

第 300 圖




第 300 圖ノ如ク速度 $v$ ヲ以テ迸出スル射水ガ固定セル曲面 AB ニ當リテ其方向ヲ $\alpha$ 角ダケ轉換シタリトス. 然ルニ曲面ハ極メテ平滑ニシテ少シモ摩擦ナキモノト假定スレバ射水ガ此曲面ヲ離ルヽ際ニ尙流速 $v$ ヲ

保ツベシ．今此面上ニ働ク射水ノ力ヲPトスレバPハ射水ガ水嘴ヲ離ルヽトキノ方向ト曲面ヲ離ルヽトキノ方向トガ爲セル角ノ平分線ニ沿ヒテ働クベシ．而シテ此曲面ニハPト反對ノ方向ニ反力P′ガ生ズベシ．卽チ

$$P=P'.$$

水嘴ヨリ每秒重量Wノ水ガ迸出スルトスレバ此射水ノ水平方向ニ於ケル動量ノ變化ハ$\frac{W}{g}(v-v\cos\alpha)$ニシテ此變化ヲ起セル原因ハ反力P′ノ水平分力Hナリ故ニ

$$H=\frac{W}{g}v(1-\cos\alpha)\ldots\ldots\ldots\ldots(230)$$

又鉛直ニ於ケル動量ノ變化ハ0ヨリ$\frac{W}{g}v\sin\alpha$マデ增加シ之ガ原因トナルモノハ反力P′ノ鉛直分力ニシテ

$$V=\frac{W}{g}v.\sin\alpha\ldots\ldots\ldots\ldots(231)$$

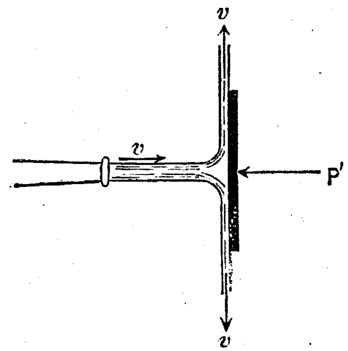
依テ　$$P=P'=\sqrt{V^2+H^2}=\frac{W}{g}v\sqrt{2(1-\cos\alpha)}\ldots\ldots(232)$$

(1)若シ射水ガ平面板ニ垂直ニ衝突スルトキ此平面板ニ當ル力ヲPニテ表ハセバ此平面板ノ反力P′ハ射水ニ逆ツテ働キ速度vヲ以テ迸出セル射水ヲ止メテ水平ノ方向ニハ全ク其速度ヲ失ハシメタル



ニヨリ其動量ノ變化ハM(v−0)ニシテ此變化ヲ起セルハ反力P′ノ働ナリ．

第301圖




故ニ

$$P=P'=Mv$$

$$=\frac{W}{g}v\ldots\ldots(233)$$

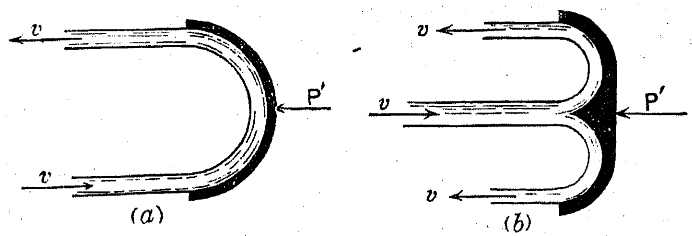
或ハ(230)式ヨリ

$$P'=H=\frac{W}{g}v(1-\cos 90°)$$

$$=\frac{W}{g}v$$

(2)若シ射水ガ曲面板ニヨリテ射水ノ方向ト正反對ニ反射セラルヽ場合ヲ考フレバ

第302圖




前ノ場合ノ如ク先ヅ動量ノ變化ニヨリテ考フレバ

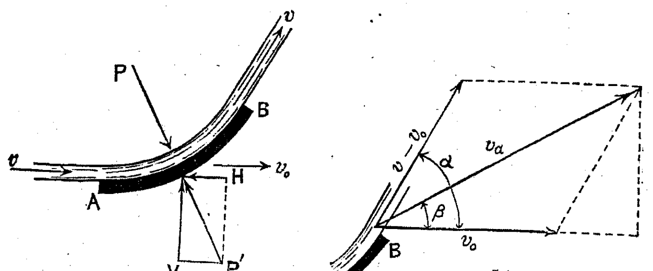
$$P=P'=Mv-M(-v)=2\frac{W}{g}v\ldots\ldots\ldots\ldots(234)$$

或ハ(230)式ヨリ

$$P'=H=\frac{W}{g}v(1-\cos 180°)=\frac{W}{g}v(1+1)=2\frac{W}{g}v.$$

(3)若シ射水カ動ケル曲面板上ニ働ケバ射水ハ此

第303圖




(a)　(b)

曲面板ニ如何ナル力ヲ加フルカヲ考ヘン.

速度$v_0$ヲ以テ働ケル曲面板ニ射水カ速度$v$ヲ以テ衝突スルトキ此曲面上ニ於ケル射水ノ作用ヲ見出サンニ$v>v_0$ナラザルベカラズ依テ射水ト曲面板トノ比速度ハ$(v-v_0)$ナリ.故ニ此射水ノ作用ハ固定シタル曲面板ニ$(v-v_0)$ナル速度ヲ有スル射水ノ作用ト等シキモノト見做スヲ得ベシ. 從テ單位時間ニ曲面板ニ當ル水ノ重量ハ(2)ノ場合ノ重量Wヨリ小ナラザルベカラズ.之ヲW'トスレバ$W'=(v-v_0)a.w$ナリ.又射水ガBニ於ケル切線ノ方向ニ曲面板ヨリ離レントスル速度ハ$(v-v_0)$ナリ. 而シテ曲面板ハ速度$v_0$ヲ以テ動キ射水モ亦之ニ連レテ射水ノ原ノ方向ニ$v_0$ノ速度ヲ有スル故ニ此射水ノ眞ノ速度ハ



$(v-v_0)$ト$v_0$トノ合成速度$v_a$ニシテ射水ノ原ノ方向ト$\beta$角ヲナセリ. 依テ射水ノ方向ニ於ケル射水ノ速度ノ變化ハ$v$ヨリ$v_a\cos\beta$ニシテ其動量ノ變化ハ$M'(v-v_a\cos\beta)$ナリ而シテ此動量ノ變化ヲ起セル力ハ反力P'ノ水平分力Hナリ卽チ

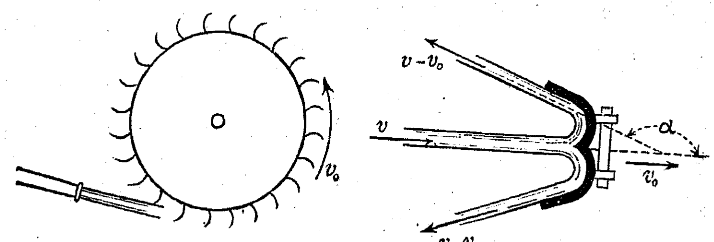
$$\begin{aligned} H &= M'(v-v_a\cos\beta) \\ &= M'\{v-[v_0+(v-v_0)\cos\alpha]\} \\ &= \frac{W'}{g}(v-v_0)(1-\cos\alpha) \qquad \text{(235)} \end{aligned}$$

又反力P'ノ鉛直分力ヲVトスレハ

$$\begin{aligned} V &= M'\{(v-v_0)\sin\alpha-0\} \\ &= \frac{W'}{g}(v-v_0)\sin\alpha \qquad \text{(236)} \end{aligned}$$

**162. 水車ニ於ケル射水ノ作用** ぺるとん水車ニ於テハ射水カ車翼ニ當リテ之ニ動勢ヲ傳フ.若シ只一個ノ車翼ニ就テ考フレバ車翼ハ一時ニ射水ヲ受

第304圖




(a)　(b)

クルコト能ハザルモ車翼ハ前後相接近シテ配列セラルヽ故ニ射水ハ常ニ何レカノ車翼ニ當ルヲ以テ(235)式ニヨリテ考ヘラルヽ力ニ對スル射水ノ動勢ハ全部水車ニ傳ハルベシ．第304 (b) 圖ハ水車ノ車翼ヲ表ハスモノニシテ $\alpha$ 角ガ180°ノトキハ車翼ニ加ハル射水ノ力ガ最大ナルハ(234)式ニヨリテ明カナリ．然レドモ $\alpha$ 角ガ180°ナラバ反射シタル水ハ其後ニ續ケル車翼ニ衝突シテ水車ノ働力ヲ減ズルヲ以テ $\alpha$ 角ハ反射水ガ後續ノ車翼ニ觸レザル程度ニ於テ可成大ニスベシ．然ルトキハ車翼ニ働ク射水ノ力ハ(235)式ニヨリ

$$H=\frac{W'}{g}(v-v_0)(1-\cos\alpha)$$

今射水ガ車翼ノ上ニ一秒時間ニ爲セル働ヲKトスレバ

$$K=Hv_0=\frac{W'}{g}(v-v_0)(1-\cos\alpha)v_0 \quad\cdots\cdots\cdots\cdots(237)$$

上式ニヨリ射水ガ車翼上ニ爲スベキ働ハ車翼ノ速度如何ニヨリテ定マルモノナリ．然ラバ $v_0$ ガ幾何ナルトキニ射水ガ爲スベキ働ガ最大ナルカヲ見出スニハ之ヲ微分シテ其微分係數ヲ0ト置ケバ

$$\frac{dK}{dv_0}=\frac{W'}{g}(1-\cos\alpha)(v-2v_0)=0$$



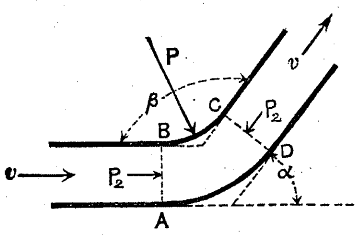
即チ　$v_0=\frac{1}{2}v$

車翼ノ速度ガ射水ノ速度ノ二分ノ一ナルトキニ射水ノ爲セル働ハ最大ナリ即チ

$$K_{max}=\frac{W'v^2}{4g}(1-\cos\alpha)\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(238)$$

**163，曲管内ノ流水ノ動水壓**　第305圖ノ如クABCDナル曲管アリ．此管内ヲ水ガ流速 $v$ ヲ以テ流レ其管内ノ水壓度ヲ $p$ トシ，管ノ斷面積ヲAトスレバ此曲管内ノ水ハ $P_2=Ap$ ナル靜水壓ヲAB及CDノ斷面ニ受ケ此二壓力ノ合力ニヨリ曲管ハ動カサレントスル傾向アリ．之ニ加フルニ動水壓Pガ $\beta$ 角ノ平分線ニ沿ヒテ働キ先ノ靜水壓ト相合シテ益々曲管部ヲ動カサントスル傾向アリ．故ニ實地工事ノ場合此曲管部ニハ此等ノ力ニ抵抗スベキ相當ノ設備ヲナスコト必要ナリ．

第305圖




此動水壓Pハ(232)式ニヨリテ直ニ見出スヲ得ベシ即チ

$$P=\frac{W}{g}v\sqrt{2(1-\cos\alpha)}$$

**例題**　送水管ノ中途ニ曲管アリ其偏倚角45°ニシテ其直徑4呎

ナリ而シテ其曲管部ノ壓水頭ハ100呎ニシテ管内ノ流速ハ7呎每秒ナルトキ其曲管部ヲ動カサントスル力ハ幾何ナリヤ.

AB 又ハ CD 斷面上ノ靜水壓ヲ $P_2$ トスレバ

$$P_2=A.p$$

$$A=\frac{\pi}{4}d^2=\frac{3.14}{4}\times4^2=12.56 \text{ 平方呎}$$

$$p=100\times62.5=6,250 \text{ 听}$$

故ニ
$$P_2=12.56\times6,250=78,490 \text{ 听}$$

第305圖ニ於ケル如ク $P_2$ ハ AB ト CD ノ二斷面ニ働ク靜水壓ナル故ニ此二力ノ合力 R ハ此曲管ヲ動カサントス. 而シテ偏倚角 $\alpha$ ハ 45° ナルヲ以テ

$$R=P_2\sqrt{\sin^2 45^\circ+(1-\cos45^\circ)^2}=78,490\sqrt{0.7^2+(1-0.7)^2}=59,652.4 \text{ 听}$$

又(232)式ニヨリテ

$$\text{動水壓, } P=\frac{W}{g}v\sqrt{2(1-\cos\alpha)}$$

$$W=A\times v\times62.5=12.56\times7\times62.5$$

$$v=7$$

$$\alpha=45^\circ$$

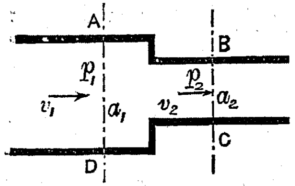
故ニ
$$P=\frac{12.56\times7\times62.5}{32.2}\times7\times\sqrt{2(1-0.7)}=919 \text{ 听}$$

$$R+P=59,652.4+919=60,571.4 \text{ 听}$$

ハ求ムル所ノ曲管ヲ動カサントスル力ナリ.

**164. 管徑ノ急ナル縮小ニヨリテ起ル動水壓** 第306圖ニ於ケル如ク管ABCDナル部分ニ於テ AD ノ斷面ハ $a_1$ ナルガ之ガ急ニ縮小シ BC 斷面ニテハ $a_2$ トナレリ. 然ルニ $a_1$ 及 $a_2$ ニ於ケル流量

第306圖






ハ相等シキ故ニ AD ニ於ケル流速 $v_1$ ヨリ BC ニ於ケル流速 $v_2$ ハ大ナラザルベカラズ. 依テ流水カ AD 斷面ヨリ BC 斷面ニ至ル間ノ動量ノ變化ハ $M(v_2-v_1)$ ナリ.而シテ此變化ヲ起スニハ流水ノ方向ニ或力ガ働カザルベカラズ.而シテ其力ノ量ハ亦 $M(v_2-v_1)$ ニテ表ハスコトヲ得ベシ. 然ルニ水體 ABCD ニ働ケル外力ハ AD 斷面ニ働ク水壓 $a_1p_1$, BC 斷面ニ働ク $a_2p_2$ 及管徑急縮ノ爲メニ流水ノ方向ニ反對ニ働ク或力 P ナリトス.此三力ノ合力ガ流水ノ動量ニ變化ヲ與ヘシモノニシテ其力量ハ $M(v_2-v_1)$ ナリ. 卽チ

$$M(v_2-v_1)=a_1p_1-a_2p_2-P$$

今管内ノ流量ヲ Q トスレバ

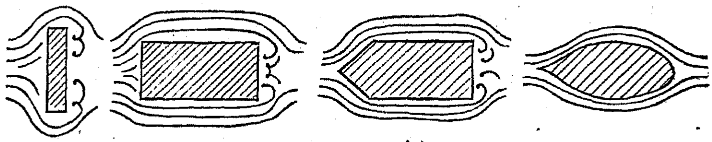
$$\frac{wQ}{g}(v_2-v_1)=Q\frac{p_1}{v_1}-Q\frac{p_2}{v_2}-P$$

依テ
$$P=Q\left[\frac{p_1}{v_1}-\frac{p_2}{v_2}-w\left(\frac{v_2-v_1}{g}\right)\right]\dots\dots(239)$$

P ハ管ノ急縮セル部分ガ流水ニ抵抗スル力ニシテ流水ガ急縮部ニ働ク動水壓ト等シカルベシ.

**165. 水中ノ物體ニ於ケル流水ノ動水壓** 或物體ガ流水中ニ立テルトキ又ハ靜水中ニ或物體ヲ動カストキ此物體面上ニ動水壓ガ加ハルベシ.而シテ此動水壓ハ物體ノ流水ニ向ヘル面ト等シキ斷面積ヲ有スル流水ノ撞擊力ニ比例スベシ. 今流速ヲ $v$ ト

第 307 圖



(a)　(b)　(c)　(d)

シ,流水ノ斷面積ヲ $a$ トスレバ(227)式ニヨリ流水ノ撞擊力ハ $2wa\frac{v^2}{2g}$ ニシテ流水ノ動水壓ハ之ニ正比例スルモノナリ. 卽チ次ノ式ニヨリテ之ヲ表ハスヲ得ベシ.

$$P=m.w.a.\frac{v^2}{2g}\text{..............................(240)}$$

$m$ ハ係數ニシテ實驗ニヨレバ物體ガ只一個ノ平面ナレバ(第307 ($a$) 圖) $m$ ノ値ハ約1.4乃至1.5ナリ. 又 $m$ ノ値ハ平面積ガ大ナル程大ナルモノナリ.

一般ニ流水ノ動水壓ハ之ト同ジ面積ヲ有スル射水ノ撞擊力ヨリ小ナリ.是レ流水ノ流線ガ物體ノ側緣ニ偏シテ集マル傾向アルガ故ナリ. 又 $m$ ハ物體ノ流水ニ向ヘル面及ビ下流面ノ形狀ニヨリテ異ナルモノニシテ第 307 ($d$) 圖ノ如キ形ナレバ流水ハ上流ノ尖端ニヨリテ分タレ下流ノ端ニ於テ靜カニ相合シテ物體ニ殆ンド動水壓ヲ加ヘズ.故ニ $m$ ノ値ハ極メテ小ナルベシ.

(上　卷　終)