

## 論 說 報 告

土木學會誌 第十四卷第六號 昭和三年十二月

### 平衡曲線による流測器

會員 工學士 野 瀬 正 人

Current Measurement Based on Equilibrium Curve

By Masato Nose, C. E., Member.

#### 内 容 梗 概

河川又は運河に一條の綱を垂し、此の綱に流勢の及ぼす張力と、其の綱の傾角を測定して、其の測點の深淺並に平均流速を算出する方法手段を實驗及理論に依りて示すものなり。

#### Synopsis

This paper presents, theoretically and experimentally, the method of determining the depth and mean velocity of the current at a point in the river or canal, by hanging down a cord in the water and observing its tension and inclination caused by the stream.

#### I 總 論

一般に自然河川又は人工的河川にては各斷面を單位時間に流過する水量は同一なりと見做す事を得れ共各斷面の距離相當に速き時は其の流量も等しからず、尙同一斷面に於て其の斷面内の各點の流速は相等しからず又各斷面の平均流速も相等しからず、之皆周圍の状態によりて異なり之を例舉すれば次の如し。

- 1 水の分子相互間の凝集力
- 2 水路の周圍に於ける粘着力
- 3 大氣の抵抗
- 4 水中を流される砂礫の抵抗
- 5 水路の各斷面の變化
- 6 水路の屈曲
- 7 水路の川底の勾配の變化
- 8 川底状態による摩擦抵抗

之等に基因して或點の垂直線の流速も其の深度によりて異なる、然れ共自然の河川に於て實

測するに大體拋物線になる事觀察せらる。

今拋物線と假定すれば川底の流速  $V_0$  及最大流速の深度を決定すれば其の點の流速曲線式を算出し得。

今著者が河川改修を擔當せる阿武隈川(福島縣に於ける)に於て實測の結果深度を 2.5 米以上と以下とに二大別して  $V_0$  及最大流速の深度を決定せり。附圖第一に示す實測圖は總回数 24 回にして川底は砂, 小石混砂, 小石, 礫又は玉石等にて河川の直流せる箇所にて深さ 0.830 米より 2.430 米迄, 平均流速  $V_m$  0.573 米より 2.080 米まで, 最大流速點の平均深度は 0.817*l* ( $l$ =深さ), 其の最大流速の平均は 1.177  $V_m$ , 表面流速の平均  $V_1=1.083 V_m$ , 川底流速の平均  $V_0=0.694 V_m$  となり之の流速曲線が拋物線をなし且つ各點の平均に近き曲線を式に表せば次の如し。

$$y = \left( 0.633 + 1.258 \frac{x}{l} - 0.786 \frac{x^2}{l^2} \right) V_m \dots\dots\dots (1)$$

$y$ ; 流速 (米/秒)                       $x$ ; 深 度

今 (1) 式を用ひ  $\frac{dy}{dx} = 0$  として最大流速の深度を算出すれば  $x=0.81l$  を得, 最大流

速  $V_{max}=1.136 V_m$  となり  $\int_0^l \frac{ydx}{l} = V_m$  となり 又平均流速  $V_m$  の位置  $x=0.384l$  となり, 川床より 0.2*l* 及 0.8*l* の深さの各々の流速の 1/2 を算出すれば  $y=0.995 V_m$  となり 又川床より 0.2*l* 及 0.8*l* の深さの各々の流速と 0.4*l* の所の流速の二倍との和を 4 にて除すれば  $y=1.002 V_m$  となれり。

附圖第二に示す實測圖は前と同様なる箇所にて總回数 11 回にして深さは 2.80 米より 3.93 米迄,  $V_m$  は 0.467 米より 1.772 米迄, 最大流速點の平均深度は 0.859*l*, 其の最大流速の平均は 1.227  $V_m$ ,  $V_1$  の平均は 1.067  $V_m$ ,  $V_0$  の平均 0.572  $V_m$  となれり。此れ等の條件に近き拋物線をなしたる曲線式は次の如し。

$$y = \left( 0.553 + 1.470 \frac{x}{l} - 0.864 \frac{x^2}{l^2} \right) V_m \dots\dots\dots (2)$$

此の式の最大流速の深度  $x=0.85l$ ,  $V_{max}=1.179 V_m$ ,  $\int_0^l \frac{ydx}{l} = V_m$ , 平均流速の位置  $x=0.396l$ , 川床より 0.2*l* 及 0.8*l* の深さの各々の流速の 1/2 は  $y=0.994 V_m$ , 又川床より 0.2*l* 及 0.8*l* の深さの各々の流速と 0.4*l* の所の流速の二倍との和を 4 にて除すれば  $y=0.999 V_m$  となれり。

現在日本の河川に於て著者は實驗を有せず, 然れ共見聞する所に依れば北上川, 澗川, 利

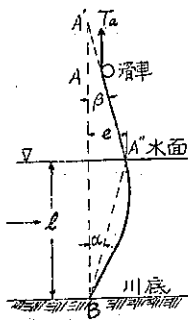
根川の如き大河川をも洪水の際には川口近き下流に於て  $\frac{1}{1000} \sim \frac{1}{4000}$  の水面勾配となりて平均流速も従つて 1 米〜3 米となりて川底の流速も相當にありて砂の移動あるを見るも川底の流速あることを想像し得らる、或は砂は渦 (Eddy current) に依り河底より上昇して上層の流速により移動するものも勿論あることは疑はざる所なり。然れ共此れ等の大河川の平水位に於ては河底の流速零なる場合が確に存在することを推察し得らる、或は普通河川の洪水の際相當急勾配にても平水位にありては局部的に水溜の如き状態を呈し深さ深く上層に僅か流速を見る事あるべし、又時によりては逆流の爲支派川の同様なる状態にある事往々見聞す、但し逆流の場合は除き河底の流速零にして最大流速點が河底より 0.86*l* 近にありて流速をも拋物線に近似的に變化するものと假定する事を得。之を式に示せば次の如し。

$$y = \left( 3.262 \frac{x}{l} - 1.893 \frac{x^2}{l^2} \right) V_m \dots \dots \dots (3)$$

此の式の  $V_{max}$  の深度  $x = 0.863 l$ ,  $V_{max} = 1.405 V_m$ ,  $\int_0^l \frac{y dx}{l} = V_m$ ,  $V_m$  の位置  $x = 0.399 l$ , 川床より 0.2*l* 及 0.8*l* の深さの各々の水速の 1/2 は  $y = 0.988 V_m$ , 川床より 0.2*l* 及 0.8*l* の深さの各々の水速と 0.4*l* の所の水速の二倍との和を 4 にて除すれば  $y = 0.995 V_m$  となる。

現今使用せられつゝある流測器は種々多様なれ共普通河川の洪水の際使用し得る器械は誠に少し、著者往々河川改修の調査測量をなす際最も苦心するは河川の既往最大洪水量を決定するにあり、其の流量の多少は改修費に影響すること甚大なり、故に流量の正確を要すること勿論なり。然るに現今洪水の際の流量測定は浮子 (Float) に依ること多し、其の際浮子に對する係数を決定するに苦心を要し表面近くの流速は時々刻々其の場所により變動す、剩へ川底の移動甚しき箇所は流量測定せる瞬間と後に於ける川底の状態は全く異なること多し、

第一圖



或は土砂を堆積することあり或は深く掘下げらるゝことあり種々多様なるべし、故に流速を測ると同時に深淺をも測定すること肝要なり、著者は意を茲に用ひ直径 10/3 耗の圓形の網を用ひ其の重量は零と假定し水速により力を受けたる後伸縮を許さず、自由に且つ完全に力の作用に従ひ曲線に變化し網自身の断面は變化なきものと假定し此の網を錘に取り付けて錘を川底に沈めて圖の如き位置に置くものとす、水の重量は溫度氣壓により其の比重異なれ共計算を簡單にする爲比重を 1 とす、滑車の摩擦係数は零とし網を水流と同一平面内に張りて生じたる張力  $T_0$  及網の傾角  $\beta$  を計量器及測角器に依りて平衡状態

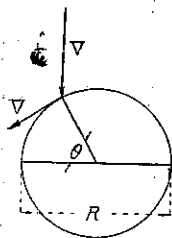
の時測定して平均流速  $V_m$  を計算して出す、深さ  $l$  は既知の場合と未知の場合とに分ち既知の場合には一般に何れの時にも  $\beta$  と  $T_a$  を測りて  $V_m$  を出すことを得れ共未知の場合は後述の如く或る特別なる二つの場合の時は簡単に  $l$  及  $V_m$  を計出し得れ共一般の場合には算出することを得ず。

今第一圖に於て測點  $A$  は任意の點なれ共  $A$  點の反應力の方向と  $B$  點を通る垂直線との交點を  $A'$  とすれば  $A$  點に於て測りたる反應力は  $A'$  及  $A''$  にて測りたる反應力と同一なり、何となれば網の重量を零と假定したるに依る。爾後測點  $A$  は水面上に常にあるものと假定す。

上述の方法に依り (1) 及 (2) 式の場合の實驗と計算を對照し尙 (3) 式の場合及等速流の場合を計算す、然る後河底の流速  $V_0$  が  $0, \frac{1}{5}V_m, \frac{2}{5}V_m, \frac{3}{5}V_m$  及  $\frac{4}{5}V_m$  なる時に於ける  $V_{max}$  の位置が  $0.8l$  及  $0.86l$  の場合總計 10 の場合の係數のみを計出す。其の時普通一般の河川の流速が大體拋物曲線に變化し且つ  $V_{max}$  の位置が流速急なる所即水面勾配急なる箇所、並に水深比較的淺き所は川底より  $0.8l$  附近にある事と流速緩なる所即水面勾配緩なる箇所並に水深比較的深き所は川底より  $0.9l \sim 0.85l$  附近にある事とは、實驗せる阿武隈川の結果より推定して平均流速が水深に比較して大にして水深 2.5 米以下に於ては  $0.8l$  とし、平均流速が水深に比較して小にして水深 2.5 米以上は  $0.86l$  と假定す。普通一般の河川を測量するに當り先づ其の河川の性質が附圖第八か第九か何れなるかを決定し尙  $V_0$  を測定すれば此れ等の圖より  $abcd$  及  $g$  を知り  $l$  並に  $V_m$  を計算し得。

$V_{max}$  の位置並に  $V_0$  の値は上述の如く其の測量する河川に就て性質を知り又實驗により決定す、少々の誤差ありても  $\mathcal{K}$  の値には大差なし (附圖第三乃至第五参照) 總ての河川の  $\mathcal{K}$  の値は等速流即  $I$  の曲線と  $V_0$  の零の場合即  $IV$  の曲線との間に存在する事明瞭なり、但し  $h$  の値に従ふ、尙詳細なる事は後篇に説明せん。

第二圖 流測網の受ける張力は次の如し。



$R$ ; 流測網の直徑 = 10/3 (呎)。  $w$ ; 水の單位容積の重量 = 1000 (呎)。

$\gamma$ ; 重力の加速度 = 9.8 (米/秒<sup>2</sup>)。  $V$ ; 水の速度 (米/秒)。

$P$ ; 水の網に及ぼす力 (呎)。

第二圖の如く任意角  $\theta$  に於ける單位面積  $dA$  が流線の方に影射した

る面積 =  $dA \sin \theta = \frac{d\theta R}{2} \sin \theta$  に當る水の單位時間の重量は

$\frac{RwV \sin \theta}{2} d\theta$  にして其の質量は  $\frac{RwV \sin \theta}{2\gamma} d\theta$  なり、今水が流測網に當りて尙接線の

方向に  $V$  の速度を有するものとなし得る。故に加速度の變化は  $V(1-\cos\theta)$  なり。

$$\text{故に } P = 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{wRV^2}{2\gamma} (1-\cos\theta) \sin\theta d\theta = \frac{wRV^2}{2\gamma} = 0.17007 V^2$$

今 (1) (2) 及 (3) の式を代入すれば  $P$  は次の如し。

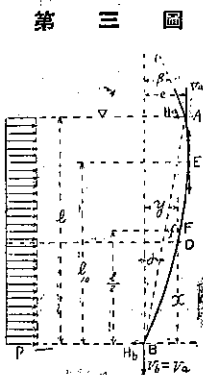
$$P = 0.17007 \left( 0.633 + 1.258 \frac{x}{l} - 0.786 \frac{x^2}{l^2} \right)^2 V_m^2 \dots\dots\dots (4)$$

$$P = 0.17007 \left( 0.553 + 1.470 \frac{x}{l} - 0.864 \frac{x^2}{l^2} \right)^2 V_m^2 \dots\dots\dots (5)$$

$$P = 0.17007 \left( 3.262 \frac{x}{l} - 1.893 \frac{x^2}{l^2} \right)^2 V_m^2 \dots\dots\dots (6)$$

## II 計算論

### (i) 等速流の場合



第三圖に於て  $e$ ; 隔距  $A$  點に於て  $\sum M = 0$  とすれば

$$H_b = \frac{Pl}{2} + \frac{e}{l} V_a \quad \text{任意の點 } D \text{ にて } \sum M = 0$$

とすれば  $H_b = \frac{Px}{2} + \frac{y}{x} V_a$

$$\therefore y = x \left\{ \frac{Pl}{2V_a} - \frac{Px}{2V_a} + \frac{e}{l} \right\}$$

$$\frac{dy}{dx} = 0 \text{ なる } E \text{ 點に於て考ふれば } \frac{dy}{dx} = \frac{Pl}{2V_a} - \frac{Px}{V_a} + \frac{e}{l} = 0$$

$$\frac{Px}{V_a} = \frac{Pl}{2V_a} + \frac{e}{l} \quad x = \xi_0 = \frac{l}{2} + \frac{e}{l} \times \frac{V_a}{P}$$

中央の  $F$  點にて  $y = f + \frac{e}{2} = \frac{l}{2} \left\{ \frac{Pl}{2V_a} - \frac{Pl}{4V_a} + \frac{e}{l} \right\} = \frac{Pl^2}{8V_a} + \frac{e}{2}$

$$\therefore f = \frac{Pl^2}{8V_a} \quad V_a = \frac{Pl^2}{8f} \quad P = 0.17007 V_m^2$$

$$V = \sqrt{\frac{f}{0.02126} \times \frac{V_a}{l}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{V_a}{l}} \dots\dots\dots (7)$$

$$\xi_0 = \frac{l}{2} + \frac{e}{l} \times \frac{V_a}{P} = \frac{l}{2} \left( 1 + \frac{e}{4f} \right) \quad \text{又は} \quad \frac{e}{l} = \left( \xi_0 - \frac{l}{2} \right) \frac{P}{V_a}$$

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx} &= \frac{Pl}{2V_a} - \frac{Px}{V_a} + \frac{e}{l} = \frac{Pl}{2V_a} - \frac{Px}{V_a} + \frac{P}{V_a} \left( \xi_0 - \frac{l}{2} \right) = \frac{P}{V_a} (\xi_0 - x) \\ &= \frac{8f}{l} (\xi_0 - x) \end{aligned}$$

曲線延長  $S = \int_0^l ds = \int_0^l \sqrt{1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2} dx$

$$= \int_0^l \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 - \frac{1}{8} \left( \frac{dy}{dx} \right)^4 + \frac{1}{16} \left( \frac{dy}{dx} \right)^6 \dots \right\} dx$$

$\left( \frac{dy}{dx} \right)^4$  以下を略す, 即  $\frac{f}{l}$  及  $\frac{e}{l} < 0.1$  とすれば  $S$  には大差なし。

然る時は  $S = \int_0^l \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right\} dx$

$$= l \left\{ 1 + \frac{8}{3} \left( \frac{f}{l} \right)^2 + \frac{1}{2} \left( \frac{e}{l} \right)^2 \right\} \dots \dots \dots (8)$$

$B$  点にて  $\sum M = 0$  とすれば  $H_a = \frac{Pl}{2} - \frac{e}{l} V_a \quad \therefore \quad \frac{f}{l} = \frac{H_a}{4V_a} + \frac{e}{4l} \dots (9)$

今  $S = l(1+h)$  とし  $\tan \beta = \frac{H_a}{V_a}$   $\tan \alpha = \frac{e}{l}$  之等の式を (8) 及 (9) に代入して少し變化すれば次の如し。

$$\frac{f}{l} = \frac{1}{4} (\tan \alpha + \tan \beta) \dots \dots \dots (10)$$

$$\tan \alpha = \frac{1}{4} \tan \beta (-1 \pm \sqrt{24h \tan^2 \beta - 3}) \dots \dots \dots (11)$$

(7) (10) 及 (11) の式を表及圖に示せば附表第一より第三まで及附圖第三より第五まで  
の如し, 但  $\frac{f}{l}$  及  $\frac{e}{l} < 0.1$  なる事を要す。

若し  $\tan \beta = 0$  なる時は  $\tan \alpha = \sqrt{\frac{3h}{2}}$ ,

$\tan \alpha = 0$  なる時は  $\tan \beta = \sqrt{6h} = \sqrt{\frac{h}{j}}$

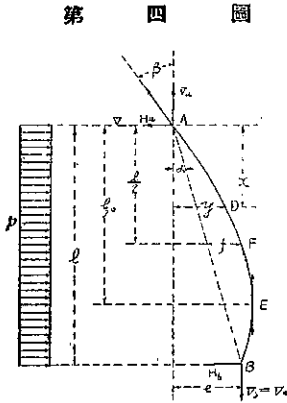
$h = 0.005$  なる時は  $\begin{cases} \tan \beta = 0 \\ \tan \alpha = 0.086603 \end{cases} \quad \begin{cases} \tan \alpha = 0 \\ \tan \beta = 0.17321 = \tan (9^\circ - 49' - 36'') \end{cases}$

若し  $A$  点が  $B$  点の垂直線より上流にある場合も同様な方法にて次の結果を得。

$$V_m = \sqrt{\frac{f}{0.02126 l}} \times \sqrt{\frac{V_a}{l}} = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{V_a}{l}} \dots \dots \dots (12)$$

$$\frac{f}{l} = \frac{1}{4} (-\tan \alpha + \tan \beta) \dots \dots \dots (13)$$

$$\tan \alpha = \frac{1}{4} \tan \beta (1 \pm \sqrt{24h \tan^{-2} \beta - 3}) \dots \dots \dots (14)$$



極限に網の張れたる場合は  $f=0$  となり

$\tan \alpha = \tan \beta = \pm \sqrt{2h + h^2}$  となり  $h=0.005$  の場合は  
 $\tan \alpha = \tan \beta = \pm 0.10012 = \pm \tan (5^\circ - 43' - 2'')$  となれり。

$\tan \beta$  の最大数値は  $24h \tan^{-2} \beta - 3 = 0$  即

$$\tan \beta = \sqrt{8h}$$

故に  $h=0.02$  なる時は  $\tan \beta = 0.4 = \tan (21^\circ - 48' - 5'')$

$h=0.01$  なる時は  $\tan \beta = 0.28284 = \tan (15^\circ - 47' - 35'')$

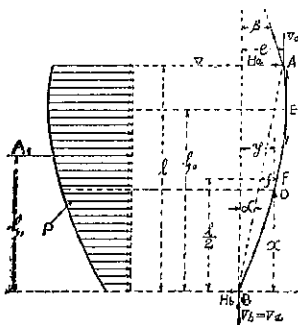
$h=0.005$  なる時は  $\tan \beta = 0.2 = \tan (11^\circ - 18' - 36'')$

(ii) 不等流の場合にて深さ 2.5 米以下なる時。

此の時には (4) より  $P$  の値を知る。

$$P = 0.17007 \left( 0.633 + 1.258 \frac{x}{l} - 0.786 \frac{x^2}{l^2} \right)^2 V_m^2$$

第五圖 全荷重の合力を  $A_1$  とす。



$$A_1 = \int_0^l P dx$$

$$= 0.17007 V_m^2 \int_0^l \left( 0.633 + 1.258 \frac{x}{l} - 0.786 \frac{x^2}{l^2} \right)^2 dx$$

$$= 0.1738110 l V_m^2 \text{ 珎}$$

$$\int_0^l P x dx = 0.17007 V_m^2 \int_0^l \left( 0.633 + 1.258 \frac{x}{l} \right.$$

$$\left. - 0.786 \frac{x^2}{l^2} \right)^2 x dx$$

$$= 0.0995835 l^2 V_m^2 \text{ 珎米}$$

A 点にて  $\sum M = 0$  とすれば

$$\begin{aligned}
 H_b &= \frac{A_1(l-\xi_1)}{l} + \frac{e}{l} V_a \quad \text{但} \quad \xi_1 = \frac{\int_0^l Rxdx}{\int_0^l Pdx} \\
 &= \int_0^l Pdx - \frac{1}{l} \int_0^l Pxdx + \frac{e}{l} V_a \\
 &= 0.0742276 lV_m^2 + \frac{e}{l} V_a \dots\dots\dots(15)
 \end{aligned}$$

任意の點  $D$  に於て  $\sum M=0 \quad H_b = \int_0^x Pdx - \frac{1}{x} \int_0^x Pxdx + \frac{y}{x} V_a \dots\dots(16)$

(15) と (16) より  $y = 0.0742276 x \frac{lV_m^2}{V_a} + \frac{e}{l} x - \frac{x}{V_a} \int_0^x Pdx + \frac{1}{V_a} \int_0^x Pxdx$

$$\frac{dy}{dx} = 0.0742276 \frac{lV_m^2}{V_a} + \frac{e}{l} - \frac{1}{V_a} \int_0^x Pdx \dots\dots\dots(17)$$

中央の  $F$  點にて  $y = f + \frac{e}{2} = 0.0742276 \frac{l^2 V_m^2}{2V_a} + \frac{e}{2} - \frac{l}{2V_a} \int_0^{\frac{l}{2}} Pdx + \frac{1}{V_a} \int_0^{\frac{l}{2}} Pxdx$

然るに  $\int_0^{\frac{l}{2}} Pdx = 0.17007 V_m^2 \int_0^{\frac{l}{2}} \left( 0.633 + 1.258 \frac{x}{l} - 0.786 \frac{x^2}{l^2} \right) dx$   
 $= 0.0674946 lV_m^2 \text{ 珽}$

$$\begin{aligned}
 \int_0^{\frac{l}{2}} Pxdx &= 0.17007 V_m^2 \int_0^{\frac{l}{2}} \left( 0.633 + 1.258 \frac{x}{l} - 0.786 \frac{x^2}{l^2} \right) x dx \\
 &= 0.0195366 l^2 V_m^2 \text{ 珽米}
 \end{aligned}$$

故に  $f = 0.0229031 \frac{l^2 V_m^2}{V_a} \text{ 米}$

$$V_a = 0.0229031 \frac{l^2 V_m^2}{f} \text{ 珽}$$

$$\begin{aligned}
 V_m &= \sqrt{\frac{f}{0.0229031} \times \frac{V_a}{l}} = \sqrt{\frac{f}{g} \times \frac{V_a}{l}} \\
 &= \mathcal{K} \sqrt{\frac{V_a}{l}} \dots\dots\dots(18)
 \end{aligned}$$



(18) 及 (17) より

$$\frac{dy}{dx} = 3.240941 \frac{f}{l} + \frac{e}{l} - 7.425632 \frac{f}{l^2} \int_0^x \left( 0.633 + 1.258 \frac{x}{l} - 0.786 \frac{x^2}{l^2} \right)^2 dx$$

$$B_1 = 3.240941 \frac{f}{l} + \frac{e}{l}$$

$$C_1 = 7.425632 \frac{f}{l^2} \int_0^x \left( 0.633 + 1.258 \frac{x}{l} - 0.786 \frac{x^2}{l^2} \right)^2 dx \quad \text{とす。}$$

曲線全延長  $S = \int_0^l \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right\} dx \quad \left( \frac{dy}{dx} \right)^2$  以下は略す。

$$= l + \frac{1}{2} \int_0^l B_1^2 dx - \int_0^l B_1 C_1 dx + \frac{1}{2} \int_0^l C_1^2 dx$$

然るに  $\frac{1}{2} \int_0^l B_1^2 dx = 5.2518493 \frac{f^2}{l} + 3.240941 \frac{f \times e}{l} + \frac{e^2}{2l}$

$$\int_0^l B_1 C_1 dx = 10.5037197 \frac{f^2}{l} + 3.240975 \frac{f \times e}{l}$$

$$\frac{1}{2} \int_0^l C_1^2 dx = 7.9195308 \frac{f^2}{l}$$

此れ等の數値を代入すれば

$$\begin{aligned} S &= l \left\{ 1 + 2.6676604 \left( \frac{f}{l} \right)^2 - 0.000007 \left( \frac{f}{l} \right) \times \left( \frac{e}{l} \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{e}{l} \right)^2 \right\} \\ &= l \left\{ 1 + \frac{8}{3} \left( \frac{f}{l} \right)^2 + \frac{1}{2} \left( \frac{e}{l} \right)^2 \right\} \dots \dots \dots (19) \end{aligned}$$

一般に  $H_a = A_1 - H_0$  故に (15) 及  $A_1$  の數値より

$$= 0.0995834 l V_m^2 - \frac{e}{l} V_a$$

$$\tan \beta = \frac{H_a}{V_a} = \frac{0.0995834}{0.0229031} \times \frac{f}{l} - \frac{e}{l} \quad \tan \alpha = \frac{e}{l}$$

故に  $\frac{f}{l} = 0.229989 (\tan \alpha + \tan \beta) = d (\tan \alpha + \tan \beta) \dots \dots (20)$

(19) 式に  $\frac{f}{l}$  及  $\frac{e}{l}$  の値を代入して少し變化すれば次の如し。

$$\tan \alpha = 0.2200335 \tan \beta \{ -1 \pm \sqrt{32.2202052 / \tan^2 \beta - 3.5447634} \} \dots (21)$$

(18) (20) 及 (21) を表及圖に示せば附表第一より第三まで及附圖第三より第五までの如

し、但し  $\frac{f}{l}$  及  $\frac{e}{l} < 0.1$  なる事を要す、若し  $\tan \alpha = 0$  なる時は

$$\tan \beta = \sqrt{\frac{h}{0.1410532}} = \sqrt{\frac{h}{j}} \quad \text{並に } \tan \beta = 0 \text{ なる時は } \tan \alpha = \sqrt{\frac{h}{0.6410532}}$$

となるべし。

故に

$$h=0.02 \begin{cases} \tan \alpha = 0 \\ \tan \beta = 0.37655 = \tan (20^\circ - 38' - 2'') \end{cases} \begin{cases} \tan \beta = 0 \\ \tan \alpha = 0.17663 = \tan (10^\circ - 1' - 0'') \end{cases}$$

$$h=0.01 \begin{cases} \tan \alpha = 0 \\ \tan \beta = 0.26626 = \tan (14^\circ - 54' - 39'') \end{cases} \begin{cases} \tan \beta = 0 \\ \tan \alpha = 0.12488 = \tan (7^\circ - 7' - 7'') \end{cases}$$

$$h=0.005 \begin{cases} \tan \alpha = 0 \\ \tan \beta = 0.18828 = \tan (10^\circ - 39' - 46'') \end{cases} \begin{cases} \tan \beta = 0 \\ \tan \alpha = 0.08830 = \tan (5^\circ - 2' - 46'') \end{cases}$$

第四圖に於て測點  $A$  が  $B$  點の垂直線より上流にある場合も同様なる方法にて  $\tan \alpha$ ,  $\tan \beta$ ,  $\frac{f}{l}$ ,  $\mathcal{K}$ ,  $V_a$  及  $V_m$  の關係を得、之を示せば下の如し。

$$\frac{e}{l} = \tan \alpha = 0.2200335 \tan \beta \{ + 1 \pm \sqrt{32.2202052 h \tan^{-2} \beta - 3.5447634} \} \dots (22)$$

$$\frac{f}{l} = 0.229989 (-\tan \alpha + \tan \beta) = d (-\tan \alpha + \tan \beta) \dots \dots \dots (23)$$

$$V_m = \sqrt{\frac{\frac{f}{l}}{0.0229031}} \times \sqrt{\frac{V_a}{l}} = \sqrt{\frac{\frac{f}{l}}{g}} \times \sqrt{\frac{V_a}{l}} = \mathcal{K} \sqrt{\frac{V_a}{l}} \dots \dots \dots (24)$$

附表第一乃至第三及附圖第三乃至第五参照、但し  $\frac{f}{l}$  及  $\frac{e}{l} < 0.1$  なる事を要す。網が極限に張られたる時は  $f=0$  となり、 $\tan \alpha = \tan \beta = \pm \sqrt{2h+h^2}$  となり、全く等流の場合と同じ。

$\tan \beta$  の最大數値は  $32.2202052 h \tan^{-2} \beta - 3.5447634 = 0$  の時なり。

$$h=0.02 \quad \tan \beta = 0.42625 = \tan (23^\circ - 5' - 10'')$$

$$h=0.01 \quad \tan \beta = 0.30140 = \tan (16^\circ - 46' - 23'')$$

$$h=0.005 \quad \tan \beta = 0.21312 = \tan (12^\circ - 1' - 52'')$$

(iii) 不等流の場合にて深さ 2.5 米以上なる時

此の場合は (ii) の場合と全く同じ。

(5) 式より  $P=0.17007\left(0.553+1.470\frac{x}{l}-0.864\frac{x^2}{l^2}\right)^2 V_m^2$

$$A_1 = \int_0^l P dx = 0.1759800 l V_m^2 \text{ 珎}$$

$$\int_0^l P x dx = 0.1041777 l^2 V_m^2 \text{ 珎米}$$

$$\int_0^l \frac{1}{2} P dx = 0.0631519 l V_m^2 \text{ 珎}$$

$$\int_0^l \frac{1}{2} P x dx = 0.0188556 l^2 V_m^2 \text{ 珎米}$$

$$V_a = 0.0231808 \frac{l^2 V_m^2}{f}$$

$$V_m = \sqrt{\frac{\frac{f}{l}}{0.0231808}} \times \sqrt{\frac{V_a}{l}} = \sqrt{\frac{f}{l}} \sqrt{\frac{V_a}{g}} = \frac{1}{g} \sqrt{\frac{V_a}{l}} \dots \dots (25)$$

$$B_1 = 3.0974902 \frac{f}{l} + \frac{e}{l}$$

$$C_1 = 7.336652 \frac{f}{l^2} \int_0^x \left(0.553 + 1.470 \frac{x}{l} - 0.864 \frac{x^2}{l^2}\right)^2 dx$$

$$\frac{1}{2} \int_0^l B_1^2 dx = 4.7972223 \frac{f^2}{l} + 3.0974902 \frac{f \times e}{l} + \frac{e^2}{2l}$$

$$\int_0^l B_1 C_1 dx = 9.5944471 \frac{f^2}{l} + 3.0974907 \frac{f \times e}{l}$$

$$\frac{1}{2} \int_0^l C_1^2 dx = 7.4626879 \frac{f^2}{l}$$

$$S = l \left\{ 1 + 2.6654636 \left(\frac{f}{l}\right)^2 - 0.0000005 \left(\frac{f}{l} \times \frac{e}{l}\right) + 0.5 \left(\frac{e}{l}\right)^2 \right\}$$

$$= l \left\{ 1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f}{l}\right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{e}{l}\right)^2 \right\} \text{ とす。}$$

$$\frac{f}{l} = 0.2225121 (\pm \tan \alpha \pm \tan \beta) = d (\pm \tan \alpha \pm \tan \beta) \dots \dots (26)$$

$$\frac{e}{l} = \tan \alpha = 0.2088996 \tan \beta \{ \pm 1 \pm \sqrt{36.2565267 h \tan^{-2} \beta - 3.7869894} \}$$

.....(27)

(25) (26) 及 (27) に対しては附表第一乃至第三及附圖第三乃至第五の如し、但し  $\frac{f}{l}$  及  $\frac{e}{l} < 0.1$  なる事を要す。

$$\begin{cases} \tan \alpha = 0 \\ \tan \beta = \sqrt{\frac{h}{0.1320310}} = \sqrt{\frac{h}{j}} \end{cases}$$

$$h = 0.02 \begin{cases} \tan \alpha = 0 \\ \tan \beta = 0.38921 = \tan (21^\circ - 16' - 0'') \end{cases} \begin{cases} \tan \beta = 0 \\ \tan \alpha = 0.17789 = \tan (10^\circ - 5' - 12'') \end{cases}$$

$$h = 0.01 \begin{cases} \tan \alpha = 0 \\ \tan \beta = 0.27531 = \tan (15^\circ - 23' - 34'') \end{cases} \begin{cases} \tan \beta = 0 \\ \tan \alpha = 0.12579 = \tan (7^\circ - 10' - 10'') \end{cases}$$

$$h = 0.005 \begin{cases} \tan \alpha = 0 \\ \tan \beta = 0.19460 = \tan (11^\circ - 0' - 44'') \end{cases} \begin{cases} \tan \beta = 0 \\ \tan \alpha = 0.08894 = \tan (5^\circ - 4' - 58'') \end{cases}$$

tan $\beta$ の最大値	h = 0.02	tan $\beta = 0.43758 = \tan (23^\circ - 38' - 0'')$
	h = 0.01	tan $\beta = 0.30941 = \tan (17^\circ - 11' - 34'')$
	h = 0.005	tan $\beta = 0.21879 = \tan (12^\circ - 20' - 29'')$

(iv) 河底の流速零なる場合

$$(6) \text{ 式より } P = 0.17007 V_m^2 \left( 3.262 \frac{x}{l} - 1.893 \frac{x^2}{l^2} \right)^2$$

$$A_1 = \int_0^l P dx = 0.2000173 l V_m^2 \text{ 吨}$$

$$\int_0^l P x dx = 0.1339159 l^2 V_m^2 \text{ 吨米}$$

$$\int_0^{\frac{l}{2}} P dx = 0.0463932 l V_m^2 \text{ 吨}$$

$$\int_0^{\frac{l}{2}} P x dx = 0.0167357 l^2 V_m^2 \text{ 吨米}$$

$$V_a = 0.0265898 \frac{l^2 V_m^2}{f}$$

$$V_m = \sqrt{\frac{\frac{f}{l}}{0.0265898}} \times \sqrt{\frac{V_a}{l}} = \sqrt{\frac{f}{g}} \sqrt{\frac{V_a}{l}} = \mathcal{K} \sqrt{\frac{V_a}{l}} \dots (28)$$

$$B_1 = 2.4859683 \frac{f}{l} + \frac{e}{l}$$

$$C_1 = 6.3960616 \times \frac{f}{l^2} \times \int_0^x \left( 3.262 \frac{x}{l} - 1.893 \frac{x^2}{l^2} \right)^2 dx$$

$$\frac{1}{2} \int_0^l B_1^2 dx = 3.0900192 \frac{f^2}{l} + 2.4859683 \frac{f \times e}{l} + \frac{e^2}{2l}$$

$$\int_0^l B_1 C_1 dx = 6.1800428 \frac{f^2}{l} + 2.4859701 \frac{f \times e}{l}$$

$$\frac{1}{2} \int_0^l C_1^2 dx = 5.8840695 \frac{f^2}{l}$$

$$S = l \left\{ 1 + 2.7940459 \left( \frac{f}{l} \right)^2 - 0.0000018 \left( \frac{f}{l} \right) \times \left( \frac{e}{l} \right) + \frac{e^2}{2l^2} \right\}$$

$$= l \left\{ 1 + 2.7940459 \left( \frac{f}{l} \right)^2 + 0.5 \left( \frac{e}{l} \right)^2 \right\} \text{ とす。}$$

$$\frac{f}{l} = 0.1985560 (\pm \tan \alpha \pm \tan \beta) = d (\pm \tan \alpha \pm \tan \beta) \dots \dots \dots (29)$$

$$\frac{e}{l} = \tan \alpha = 0.1805345 \tan \beta \left\{ \pm 1 \pm \sqrt{50.2851367 h \tan^{-2} \beta - 4.5391039} \right\} \dots \dots \dots (30)$$

(28) (29) 及 (30) も同一の表及圖に示す、但し  $\frac{f}{l}$  及  $\frac{e}{l} < 0.1$  なる事を要す。

$$\begin{cases} \tan \alpha = 0 \\ \tan \beta = \sqrt{\frac{h}{0.110539}} = \sqrt{\frac{h}{j}} \end{cases}$$

$$h = 0.02 \begin{cases} \tan \alpha = 0 \\ \tan \beta = 0.42610 = \tan (23^\circ - 4' - 44'') \end{cases} \begin{cases} \tan \beta = 0 \\ \tan \alpha = 0.18105 = \tan (10^\circ - 15' - 44'') \end{cases}$$

$$h = 0.01 \begin{cases} \tan \alpha = 0 \\ \tan \beta = 0.30130 = \tan (16^\circ - 46' - 4'') \end{cases} \begin{cases} \tan \beta = 0 \\ \tan \alpha = 0.12802 = \tan (7^\circ - 17' - 43'') \end{cases}$$

$$h = 0.005 \begin{cases} \tan \alpha = 0 \\ \tan \beta = 0.21305 = \tan (12^\circ - 1' - 38'') \end{cases} \begin{cases} \tan \beta = 0 \\ \tan \alpha = 0.09053 = \tan (5^\circ - 10' - 23'') \end{cases}$$

$$\tan \beta \text{ の最大値。 } h = 0.02 \quad \tan \beta = 0.47076 = \tan (25^\circ - 12' - 33'')$$

$$h = 0.01 \quad \tan \beta = 0.33284 = \tan (18^\circ - 24' - 34'')$$

$$h = 0.005 \quad \tan \beta = 0.23535 = \tan (13^\circ - 14' - 36'')$$

(v) 河底の流速及最大流速の位置の變化に伴ふ係數の變化

今  $V_0$  の値を  $0, \frac{1}{5} V_m, \frac{2}{5} V_m, \frac{3}{5} V_m, \frac{4}{5} V_m$  とし、 $V_{max}$  の位置を  $0.8l$  及  $0.86l$  の二つの場合に於て、 $a, b, c, d$  及  $g$  の係數を算出するに次の附表第四を示し計數の順序を明

にし且つ係数の變化を附圖第八及第九に示す。

流速  $y = \left( A + B \frac{x}{l} - C \frac{x^2}{l^2} \right) V_m$  とす。

$$\frac{dy}{dx} = 0 \text{ とすれば } x = \frac{Bl}{2C} \text{ を得。} \dots\dots\dots (31)$$

$$\int_0^l y dx = \int_0^l \left( A + B \frac{x}{l} - C \frac{x^2}{l^2} \right) V_m dx = \left( A + \frac{B}{2} - \frac{C}{3} \right) l V_m$$

$$\text{故に } A + \frac{B}{2} - \frac{C}{3} = 1 \dots\dots\dots (32)$$

(31) 及 (32) の式より 附表第四の結果を得。

### III 器械の装置及使用方法

#### (i) 装 置

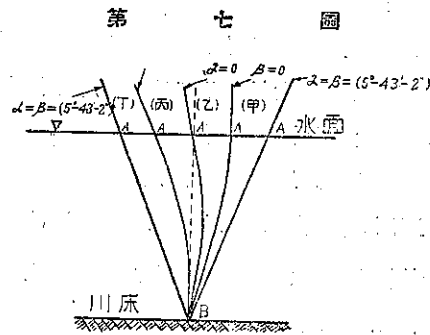
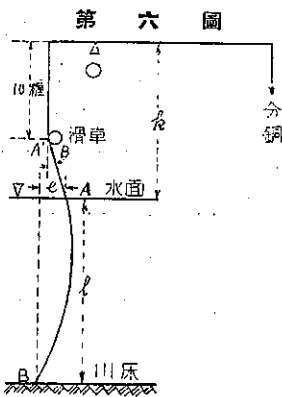
今張力を計るに天秤式の計量器を使ひたり、然れ共自働的計量器を使用すれば非常に輕便にして容易なれ共發條を有する自働的計量器は永久不變のものに非ず故に誤差を生ずるに至る缺點あり、又發條を使用せざる自働式計量器は器械複雑となりて相當の價格となるを恐れ採用せず天秤式計量器を採用したり。

計量器④は(附圖第十參照)滑車①を有し流測網⑤は一端に鈎③を取りつけ③に依りて錘⑨を釣り下げるに螺旋⑩を以てす、錘⑨は一端は魚の頭形をなし他端は鱗形をなし断面は半圓形をなし水を切るに便にし又川底に安定する様にす、流測網の他端は滑車を通りて計量器の④に取り付く、水の與へたる應張力を此の計量器にて計ると同時に流測網⑤のなす角度 $\beta$ (第四圖參照)を計るに測角器②及遊尺③を用ふ、②は尖點に支へられ測角器自身の重量によりて尖點を通る垂直線上を零度とし水泡が中央にある様に均衡に製作したるものとす、使用の際垂直に垂下すれば螺旋⑥にて固定す、③は同様に尖點に支へられ流測網⑤を穴に入れて⑤の中心を通る線が遊尺③の零點を示し、同時に尖點を通る様にし⑤の移動と共に動き②の中を自由に圓滑に移動する様に製作したるものとす。計量器にて張力を計ると同時に遊尺③を固定せられたる②に螺旋⑦にて固定したる後 $\beta$ 角を測定す。流測網⑤は最小の銅線20條を捻りて護謨管にて覆ひ尙麻布にて被覆したるものにペンキを塗り長さ極迄讀みを附するものとす。讀みは絲にて巻き絲の色の種類によりて米、粉、糧を區別す、其の網は断面が $10/3$  耗徑の圓形をなすものとす。計量器④は普通市場にあるものに類似せるものにして船縁又は板に取り付けるに④を以てす、④は螺旋及突起ありて之によりて固定す。分銅は、500 瓦以下の分銅の重量は150 瓦、500 瓦の分

銅の重量は 80 瓦, 1000 瓦の分銅の重量は 180 瓦とす。

(ii) 使用法

水深が既知の場合と未知の場合とに區分せらる, 今先づ既知の場合即測桿其の他 Der Stecher'sche Selbstzeichnende Peilapparat. (Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften: III Wasserbau; s. 375 参照), Das Peillot 並に Peilstange 等にて直接に深淺を測り深の正確なるものを知りたる後に計算論にて前述せる  $h$  の値を決定して, 先器械の計量器 ④ の支點 ⑤ と水面との距離を計るに流測網 ⑥ を用ふ, 之を  $h$  とす, 然る後流測網を更に下して川底に



達せしめ  $h$  の値に相當する長を  $S=l(1+h)$  の式より出して  $AB$  の曲線延長とし  $A$  の箇所に標示するに 細き麻絲を取り付け, 其の他端は長く水面に浮ぶ様にして流線 (stream line) を示すものとす, 而して其の絲を含む垂直面内に  $B$  點を置く, 之の爲には  $AA'$  と水面に浮ぶ絲が同一平面内にあるかを透視する必要あり, 若し一致せざれば器械の位置を變じて一致せしむ。

計算論に述べたる如く

$$\frac{e}{l} = \tan \alpha = a \tan \beta \{ \pm 1 \pm \sqrt{bh \tan^{-2} \beta - c} \} \quad \text{の四式}$$

$$\frac{f}{l} = d (\pm \tan \beta \pm \tan \alpha) \quad \text{の三式}$$

但し  $\frac{f}{l} = d (-\tan \alpha - \tan \beta)$  は成立せず, 之等の式が  $B$  點と  $A$  點との位置により組合せらる。故に流測網が第六圖或は第七圖の何れの位置にあるかを決定すべし。

$$\text{(甲) の場合 } \begin{cases} \tan \alpha = a \tan \beta \{ -1 - \sqrt{bh \tan^{-2} \beta - c} \} \\ \frac{f}{l} = d (\tan \alpha - \tan \beta) \end{cases}$$

$$(乙) \text{ の場合 } \begin{cases} \tan \alpha = a \tan \beta \{-1 + \sqrt{bh \tan^{-2} \beta - c}\} \\ \frac{f}{l} = d (\tan \alpha + \tan \beta) \end{cases}$$

$$(丙) \text{ の場合 } \begin{cases} \tan \alpha = a \tan \beta \{1 - \sqrt{bh \tan^{-2} \beta - c}\} \\ \frac{f}{l} = d (-\tan \alpha + \tan \beta) \end{cases}$$

$$(丁) \text{ の場合 } \begin{cases} \tan \alpha = a \tan \beta \{1 + \sqrt{bh \tan^{-2} \beta - c}\} \\ \frac{f}{l} = d (-\tan \alpha + \tan \beta) \end{cases}$$

之の A と B との位置を知るには流測網を強く垂直に引張れば水面上の網の移動によりて(乙)と(丙)とは區別せらる、又  $\beta$  角のなす角度により(甲)と(乙)とは區分せらる、(丙)と(丁)とを見分るには  $\beta$  角を測定したる後器械を少し上流に移動したる時前の  $\beta$  角より大になれば(丙)の場合なり、小くなれば(丁)の場合なり、尙ほ決定したる後は附表第一より第三までに示すが如く(甲)(乙)及(丙)の場合は分別し得れ共(丙)と(丁)とは此れ等の表にては見分る事不可能なり故に前の方法による外なし。

器械の位置を知りたる後上の式より  $\frac{f}{l}$  を出し  $\mathcal{K} = \sqrt{\frac{fl}{g}}$  及  $V_m = \mathcal{K} \sqrt{\frac{V_a}{l}}$  の式より  $V_m$  即平均流速を算出す。  $V_a$  の値は後述す。

水深の未知の場合は(乙)と(丙)の塚即  $\alpha = 0, \tan \beta = \sqrt{\frac{h}{j}}$  なる所換言すれば B 點の垂直線上に A 點を置くこと、斯くするには細き鐵線の一端を B 點即錘に緊結し之の鐵線を錘の移動せざる程度に強く垂直に張りこれが爲には出來得る限り抵抗の小なる鐵線を可とす、其の鐵線の最短長の A の位置は垂直線上にあること明なり、其の A の位置に流測網を置き然る後  $\beta$  を測るなり。  $j$  は算出し得る係數なるが故に従つて  $h = j \tan^2 \beta$  なる式より  $h$  を算出し  $l = \frac{S}{1+h}$  式より  $l$  を知る、後は  $l$  の既知の場合と同様にして  $V_m$  を算出し得。尙別法としては(丙)と(丁)との塚は  $bh \tan^{-2} \beta - c = 0$  なる位置にして  $\beta$  角の最大なることは計算上より知ることを得れ共實測の場合は  $\beta$  角時々刻々變化するを以て  $\beta$  角の最大なる時の流測網の位置を探索する事困難なり、若し其の位置を知り得るとすれば  $bh \tan^{-2} \beta - c = 0$  式より  $h$  を出し  $l = \frac{S}{1+h}$  式より  $l$  を算出し得る事となれ共之の場合は除く。

今流測網の直徑を種々に變化すれば其の他を變更せず流速及水深に應じて張力  $T_a$  及傾角  $\beta$  を測定し得。



一般に測定する  $T_a$  及  $\beta$  は時々刻々變化するを以て最大と最小を測り其の平均を以て  $T_a$  及  $\beta$  とを算出するものとす。

$V_a$  は次の式より算出す。

$$V_a = [T_a - \{w \times (m + 0.1) + w(l - 0.1) \sec \beta + S(w - 0.00000873)\}] \cos \beta$$

$$\doteq [T_a - w \times L] \cos \beta$$

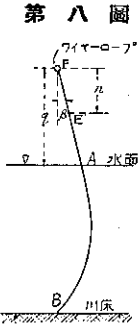
$T_a$ ; 度量計に表はれたる目方 (疋)  $w$ ; 流測網の一米の重量 (疋) = 0.0231 疋

$m$ ; 計量器 ④ の ⑩ より上に餘りたる網の長 (米)  $S$ ; 水中にある曲線延長 (米)

$L$ ; 流測網の全長 (米) = 12.12 米

洪水の際測定せんとする箇所に舟又は其の他にて行くこと能はざる場合あり。此の時は先づ普通の河川なればワイヤロープを張りて之の網に發條を有する自働式計量器に流測網を取り付けたる流測器を釣り下げ既定の箇所に流測網を落し發條の伸縮によりて張力を計る装置を施す、流測網の川床の  $B$  點と水面の  $A$  點とは測定せんとする箇所の流線と同一垂直面内にあるべきなり、故に流測器を釣したる滑車は自由に前後に移動し易くし水流によりて受けたる張力によりて前後に移動せしめ自働的に流線と同一平面内に置かしむる装置とす。

豫め測定せんとする箇所の深さ  $l$  を想像し流測網の長さを決して計量器に取付けるものとす、而して尙豫め  $EF$  の長さを知り  $E$  點に標を施し第八圖の  $n$  及  $q$  を



岸より水準儀 (Level) にて測定し  $S$  及  $\beta$  角を計算にて出し、而して  $T_a$  即

張力を知るには計量器の發條の伸長を標示するに寒暖計の最大及最小溫度

を標示すると同様に伸長したる後其の伸長の最大及最小を標示する装置を

施し、其の張力を岸にて検査して  $T_a$  の平均値を知り  $V_a$  を計出す、斯

くすれば前述の方法にて深さ既知の場合は平均流速  $V_m$  を計算し得べし。

然し此の方法は未だ實驗したるに非ず器械を製作したるにも非ず只此の方

法は可能性を帯びたることを示すのみにて後日其の實驗を得ば結果を報告

することあるべし。

### (iii) 誤 差

前述せし計算及器械に假定をなせし缺點を總括し例擧すれば次の如し。

(1) 計量器の滑車の摩擦係数を零とせしこと

(2) 流測網自身の重量を零として平衡曲線を見出せしこと

(3) 垂直線上の流速の變化は拋物線に従ひ  $V_{max}$  の位置が 0.87 及 0.867 の二大別とせしこと

(4) 水の比重を 1 とせしこと

- (5) 流測網は直径  $10/3$  耗の完全なる圓形なること、尙水より力を受けたる後に於ても變形せず、伸縮を許さず、自由に完全に力の作用に従ひ曲線に變化するものとなせしこと
- (6) 曲線延長  $S$  を出すに  $\left(\frac{dy}{dx}\right)^4$  以下を省略せしこと、尙  $\left(\frac{f}{l}\right) \times \left(\frac{e}{l}\right)$  の係数を零とし其の項を省略せしこと

以上の假定の中 (1) は滑車に接觸せる長さ短く滑車の軸に與へる力も從つて小なれば軸の摩擦も少し故に零としても大差なし。(2) より來る誤差は相當影響ある事と思はれるけれども網に與ふる垂直の荷重を考ふれば計算に非常に複雑を齎し特に流測網自身の重量と  $V_a$  との比は普通の場合小なるものなり、何んとなれば製作せし網の一米の重量は 23.1 瓦にして  $V_a$  に比し小なるものなり、故に後述する係數にて矯正するものとす。(3) より來る誤差は相當大なるべし、今  $V_0$  の  $\frac{2}{5} V_m$  及  $\frac{3}{5} V_m$  の場合を 0.81 及 0.861 に依り % に如何なる影響あるかを例によりて示さん。(附表第五参照)

附表第五と附圖第三より第五迄とを合せて觀察するに  $h$  が 0.02 内外なる時は  $\beta$  が  $20^\circ$  より  $25^\circ$  附近に於て、 $h$  が 0.01 内外なる時は  $\beta$  が  $14^\circ$  より  $18^\circ$  附近に於て、 $h$  が 0.005 内外なる時は  $\beta$  が  $10^\circ$  より  $13^\circ$  附近に於て % の値に誤差多し、故に之の附近に於ては成可く測定するを避ける方得策とす、其の他の  $\beta$  の角度に於て差を觀察するに次の如し。

比較	角度	最大の差	$V_m$ に對する差の%
I と III	$h=0.005$ $1^\circ$	$0.966-0.960=0.006$	$\frac{0.006}{0.960}=0.625\%$
II と IV	" $1^\circ$	$1.004-0.979=0.025$	$\frac{0.025}{0.979}=2.55\%$
I と II	" $1^\circ$	$1.004-0.966=0.038$	$\frac{0.038}{0.966}=3.98\%$
III と IV	$h=0.02$ $14^\circ$	$1.831-1.765=0.066$	$\frac{0.066}{1.765}=3.74\%$
I と IV	" $15^\circ$	$1.856-1.794=0.062$	$\frac{0.062}{1.794}=3.45\%$
II と III	$h=0.005$ $1^\circ$	$1.004-0.960=0.044$	$\frac{0.044}{0.960}=4.58\%$

以上の差を生ず。之に依つて見れば最大なる差が  $V_m$  に對して 4.58% となれり之相當大なる差と見るべし、故に附圖第一及第二に於て見る如く  $V_0$  の平均の値は全體の平均に近き拋物線より決定する  $V_0$  の値とは相違することあるべし。之の  $V_0$  を決定する方法は未だ實驗に乏しく後日研究の曉詳細に報告することあるべし。(4) 以下の假定も製作上或は計算上多少の誤差を生ずべし、然れ共其の誤差を算出すること難し故に上記の全部の誤差は實驗により補正する係數を決定し之を  $\epsilon$  とす。

實驗 平均流速  $V_m = \varepsilon_1 \mathcal{K} \sqrt{\frac{V_a}{l}}$

$$\mathcal{K} = \sqrt{\frac{f}{\frac{f}{l} g}}$$

$$\frac{c}{l} = \tan \alpha = c \tan \beta \{ \pm 1 \pm \sqrt{bh \tan^{-2} \beta - c} \}$$

$$\frac{f}{l} = d (\pm \tan \beta \pm \tan \alpha)$$

$$V_a = [T_a - W \times L] \cos \beta \quad \text{附表第六参照}$$

實驗  $l = \varepsilon_2 \frac{S}{1 + j \tan^2 \beta} \quad h = j \tan^2 \beta \quad \text{附表第七参照}$

以上の實驗より  $\varepsilon_2$  の係数は 1 と見做す事を得。

#### IV 結 論

實驗に依りて器械の缺陷並に因果を知りたり之を例擧すれば次の如し。

1. 流速網は完全なる圓形のものにして滑かなるものと假定せり、然るに使用せるものは最小の銅線 20 條を捻りて護謨管を覆ひ尙麻布にて被覆したるものにペンキを塗りたるものなり、之が爲完全なる圓形と言難く又滑かなるものとも言ひ難し計量器に表はれたる目方  $T_a$  は過大なる結果を得たり、 $\varepsilon_1$  なる係数は 1 に近寄る様に改良する必要あり。著者の腹案は銅線の外部に厚き護謨管を被覆したるものが假定に近き結果とならんかと思惟せらる。

2. 洪水の際は流木落葉小枝等川底近くに流下する事多く之等が流速網にかゝりて計量器の目方を大にし且つ傾角  $\beta$  に影響すること甚大なり。故に測量する時間は出来る限り短縮する必要あり。之の點に就きては計量器は天秤式に依らず自動的計量器を使用すれば或る僅かの時間に測量する事を得是非計量器は自動的とすべし。

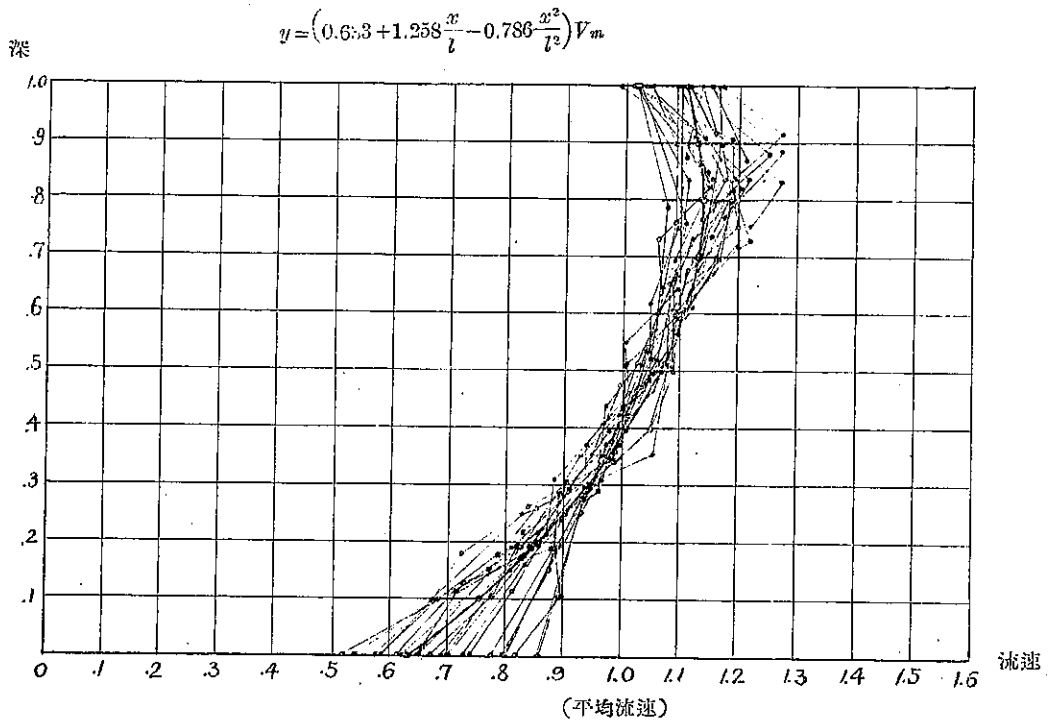
3. 洪水の際未知の深さを平均流速と同時に測る事は最も之の流速器の特徴にして著者の特に着眼せる所なり、然に B 點 (錘) の垂直線上に A 點 (流速網の水面 6 箇所) を置く事は相當の時間を要す尙洪水の際測量する箇所に舟又は其の他の方法にて近寄る事能はざる場合は B 點の直上に A 點を置くことは不可能の事となり爾後研究を要し且つ先輩諸君の御指導を仰ぐ所なり。

4. 川床の移動激甚なる箇所に於て錘を川底に沈下すれば流水は錘に撃突して錘の下流部を掘り錘は之が爲流され又沈下す、相當の時間の後にあらざれば錘は固定せず之の點を必要と認む。錘は扁平なるものとし流水の撃突の小なる方法を講ずべし、流速網の張即  $h$  は出來

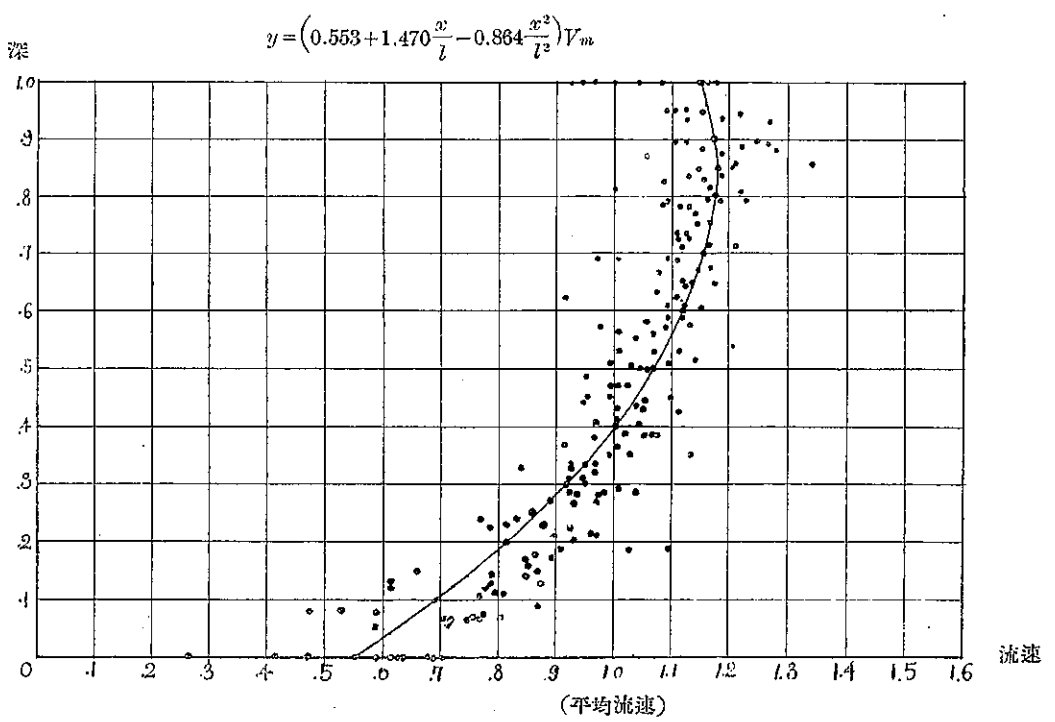
得る限り極小なる程計算上には正確なれ共錘の最小なる移動より來る誤差を小にする爲には  $h=0.01\sim 0.03$  を適當と認めたり。

淺薄皮相の著者に對し先輩諸君並に先覺者諸彦の御指導並御批評を乞ひ尙佐々木隆吉君、神澤桂一君並に諸君の御援助を謝す。(了)

附圖第一 流速曲線



附圖第二 流速曲線



附圖 第三

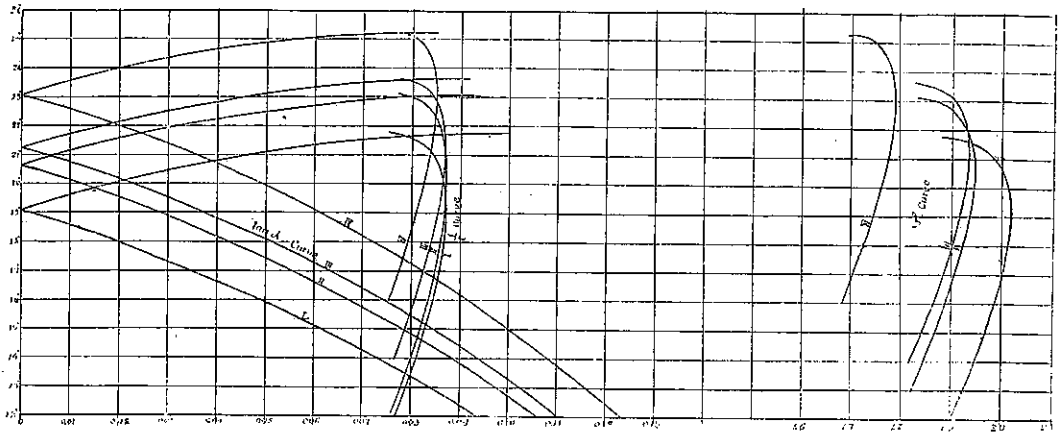
$h=0.02$

$$\frac{e}{l} = \tan \alpha = a \tan \beta \{ \pm 1 \pm \sqrt{bh \tan^{-2} \beta - c} \}$$

$$\frac{f}{l} = d(\pm \tan \alpha \pm \tan \beta)$$

$$\mathcal{K} = \sqrt{\frac{f}{l} / g}$$

	I	II	III	IV
$a$	$\frac{1}{4}$	0.22003	0.20890	0.18053
$b$	24	32.22021	36.25653	50.2851
$c$	3	3.54476	3.78699	4.53910
$d$	$\frac{1}{4}$	0.22999	0.22251	0.19856
$g$	0.02126	0.02290	0.02318	0.02659



附圖 第四

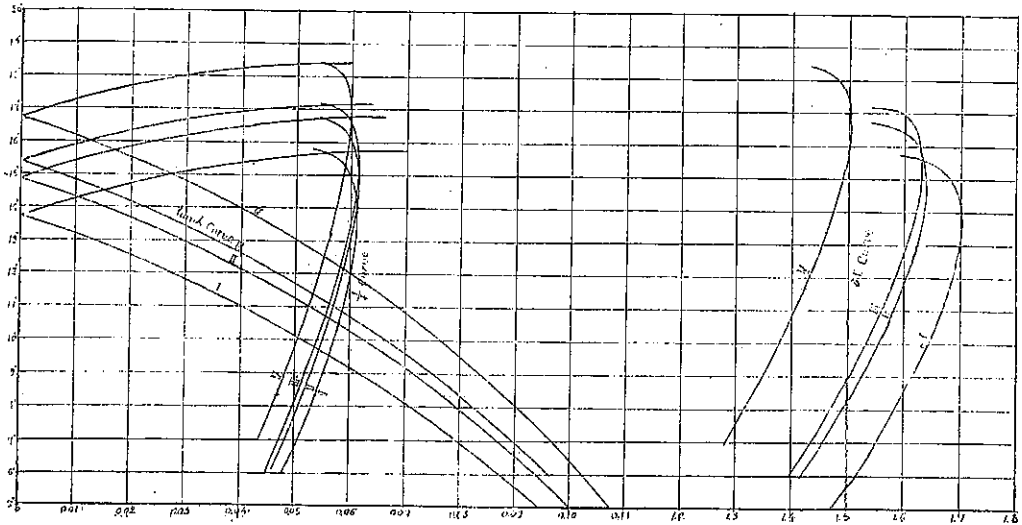
$h=0.01$

$$\frac{e}{l} = \tan \alpha = a \tan \beta \{ \pm 1 \pm \sqrt{bh \tan^{-2} \beta - c} \}$$

$$\frac{f}{l} = d(\pm \tan \alpha \pm \tan \beta)$$

$$\mathcal{K} = \sqrt{\frac{f}{l} / g}$$

	I	II	III	IV
$a$	$\frac{1}{4}$	0.22003	0.20890	0.18053
$b$	24	32.22021	36.25653	50.28514
$c$	3	3.54476	3.78699	4.53910
$d$	$\frac{1}{4}$	0.22999	0.22251	0.19856
$g$	0.02126	0.02290	0.02318	0.02659



附圖第五

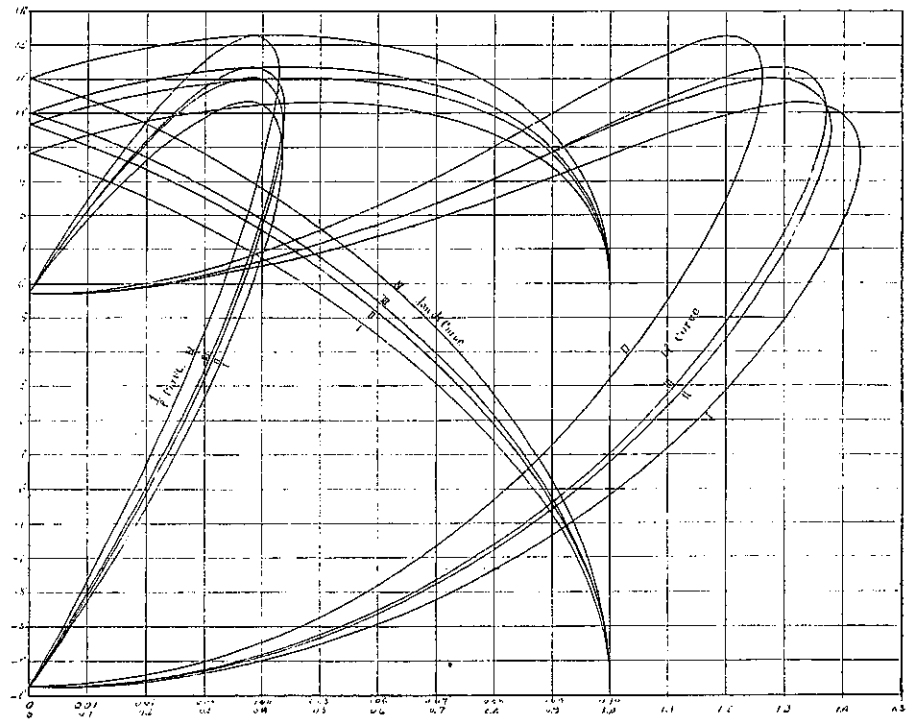
$h=0.05$

$$\frac{c}{l} = \tan \alpha = a \tan \beta \{ \pm 1 \pm \sqrt{bh \tan^{-2} \beta - c} \}$$

$$\frac{f}{l} = d(\pm \tan \alpha \pm \tan \beta)$$

$$\mathcal{K} = \sqrt{\frac{f}{l} / g}$$

	I	II	III	IV
$a$	$\frac{1}{4}$	0.22903	0.20893	0.18053
$b$	24	32.22021	36.25653	50.28514
$c$	3	3.54476	3.78699	4.53910
$g$	0.02126	0.02290	0.02318	0.02659
$d$	$\frac{1}{4}$	0.22909	0.22251	0.19856

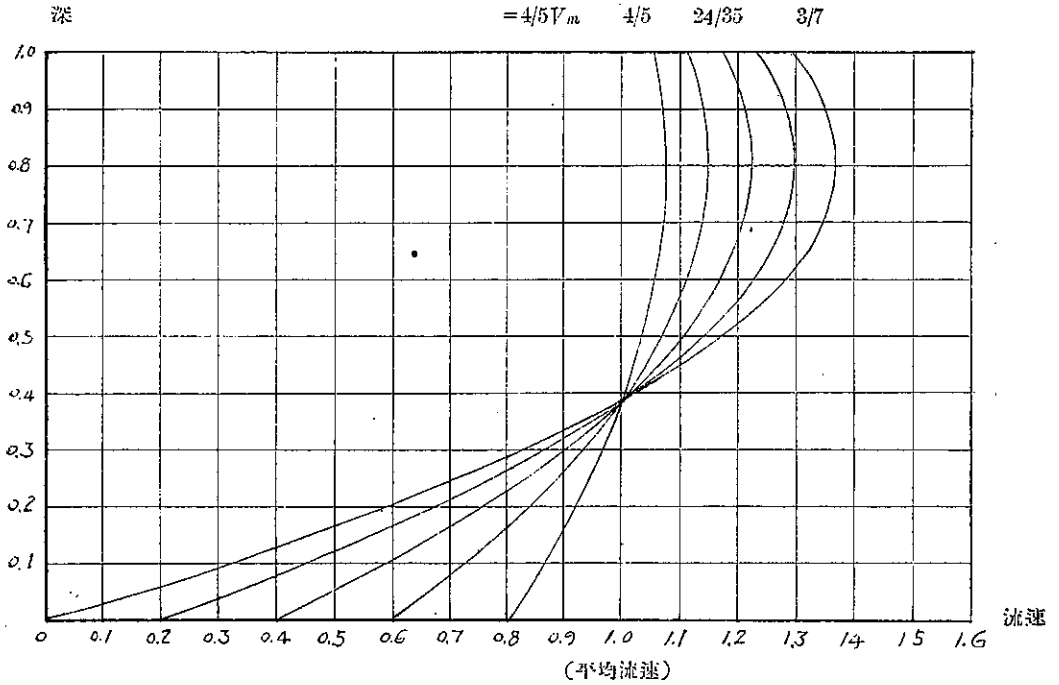


(土木學會第十四卷第六號附圖)

附圖第六 流速曲線

$$y = \left( A + B \frac{x}{l} - C \frac{x^2}{l^2} \right) V_m$$

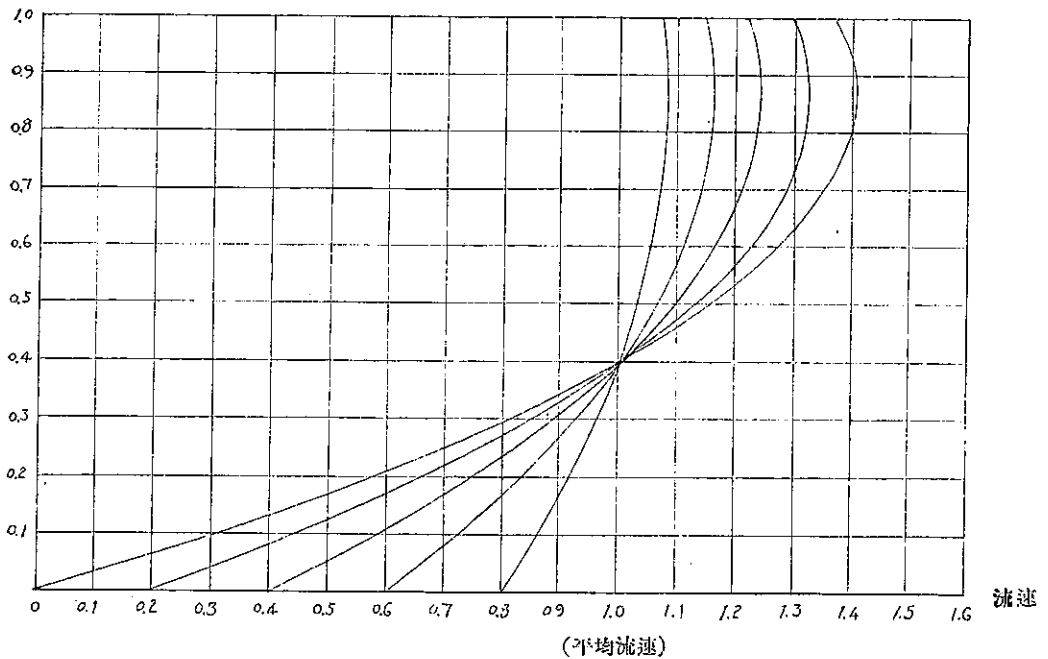
	A	B	C
$V_0 = 0$	0	24/7	15/7
$= 1/5 V_m$	1/5	96/35	12/7
$= 2/5 V_m$	2/5	72/35	9/7
$= 3/5 V_m$	3/5	48/35	6/7
$= 4/5 V_m$	4/5	24/35	3/7



附圖第七 流速曲線

$$y = \left( A + B \frac{x}{l} - C \frac{x^2}{l^2} \right) V_m$$

	A	B	C
$V_0 = 0$	0	258/79	150/79
$= 1/5 V_m$	1/5	1032/395	120/79
$= 2/5 V_m$	2/5	774/395	90/79
$= 3/5 V_m$	3/5	516/395	60/79
$= 4/5 V_m$	4/5	258/395	30/79



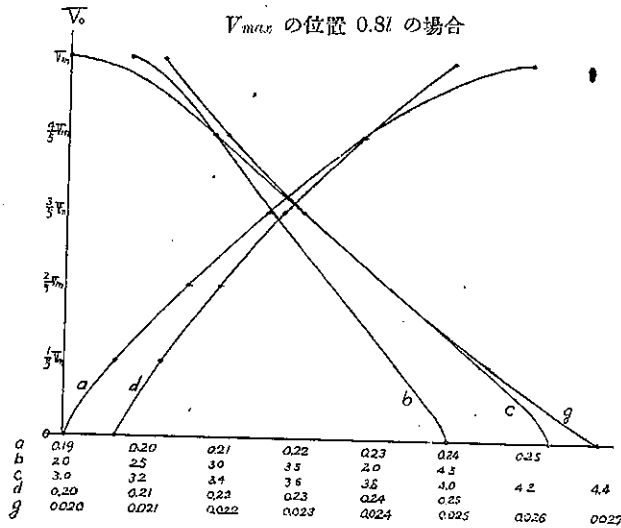


附 圖 第 八

$$\tan\alpha = a \tan\beta \{ \pm 1 \pm \sqrt{b/l \tan^{-2}\beta - c} \}$$

$$\frac{f}{l} = d(\pm \tan\alpha \pm \tan\beta)$$

$$\mathcal{H}_0 = \sqrt{\frac{f}{l} / g}$$

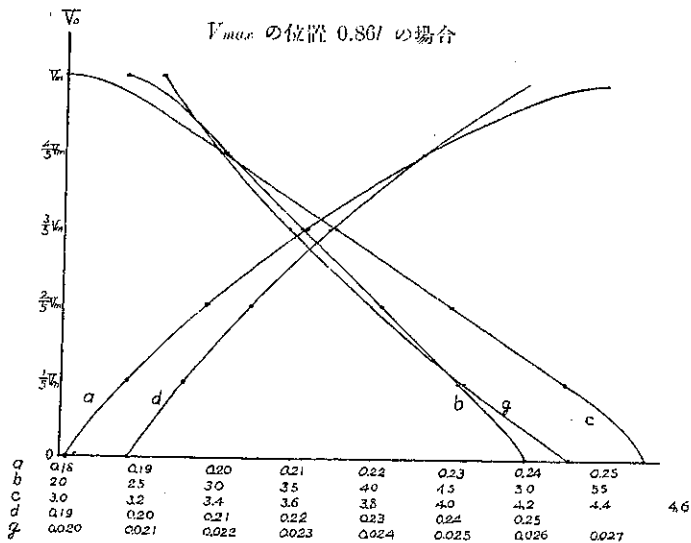


附 圖 第 九

$$\tan\alpha = a \tan\beta \{ \pm 1 \pm \sqrt{b/l \tan^{-2}\beta - c} \}$$

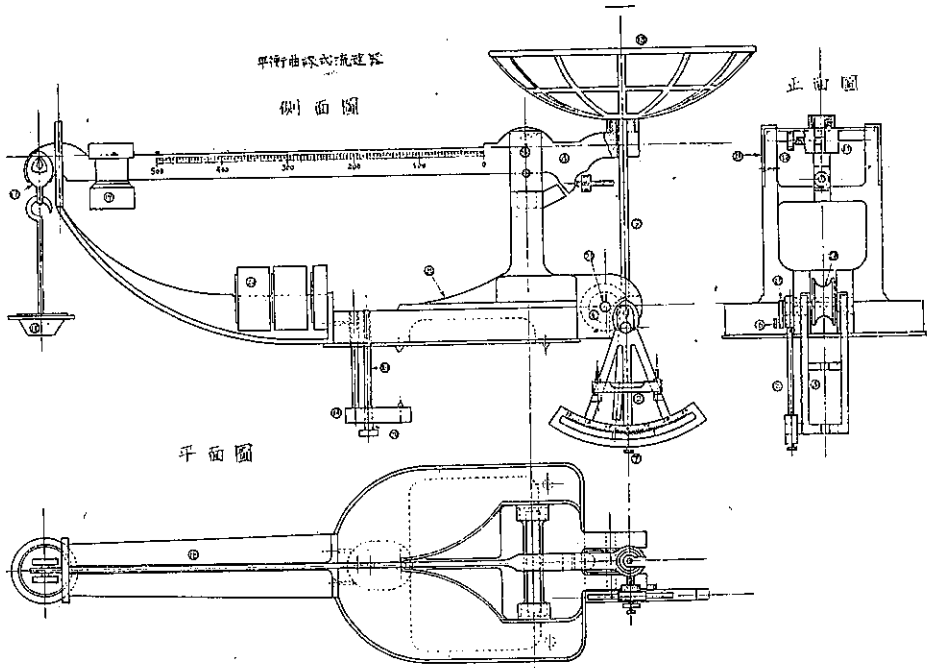
$$\frac{f}{l} = d(\pm \tan\alpha \pm \tan\beta)$$

$$\mathcal{H}_0 = \sqrt{\frac{f}{l} / g}$$

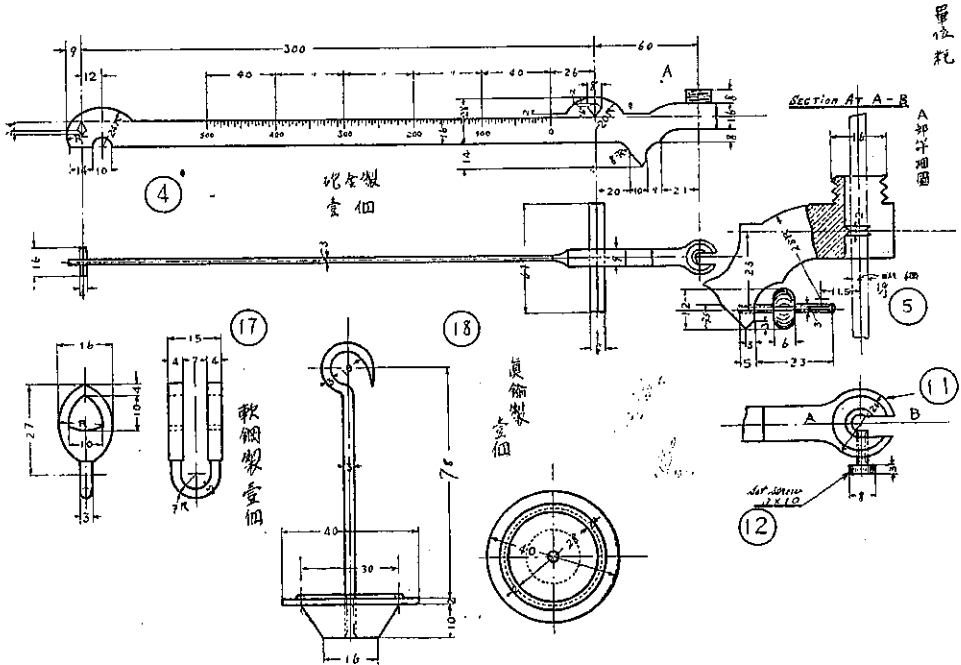


(土木學會誌第十四卷第六號附圖)

附圖第十 (其一)

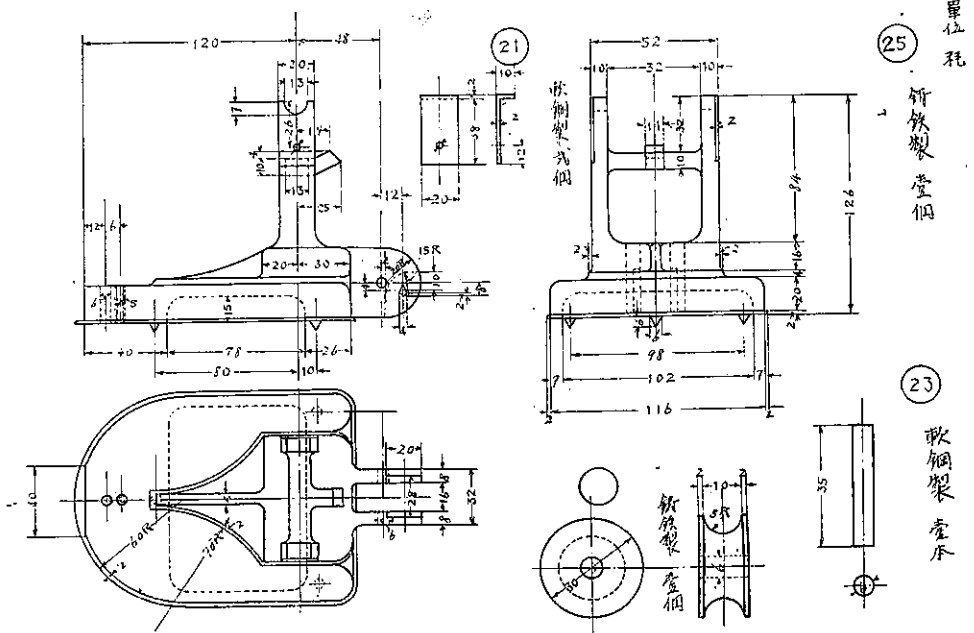


附圖第十 (其二)

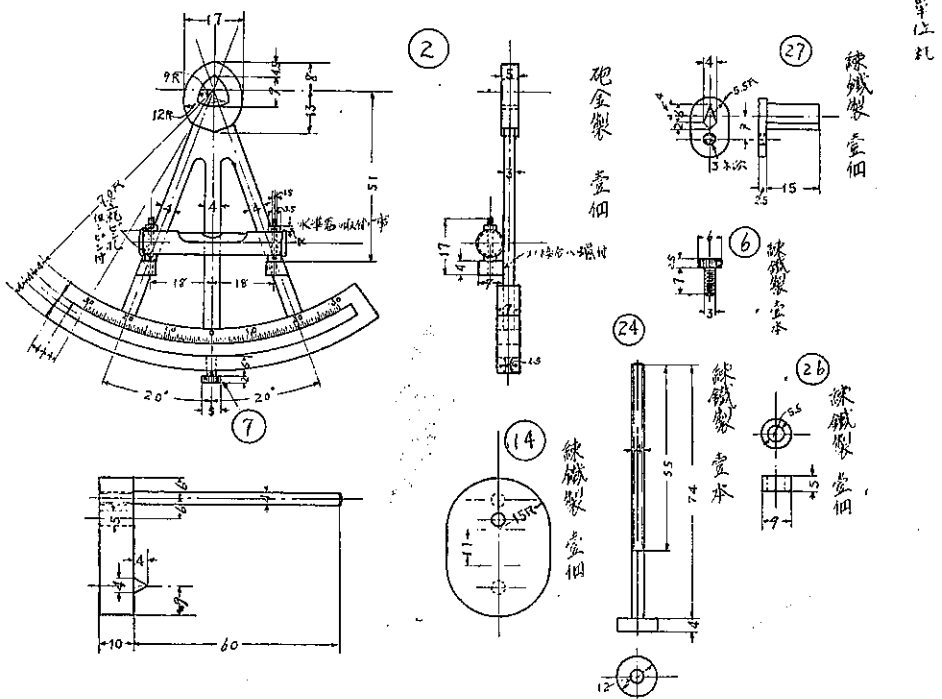


(土木學會誌第十四卷第六附圖)

附圖第十 (其三)

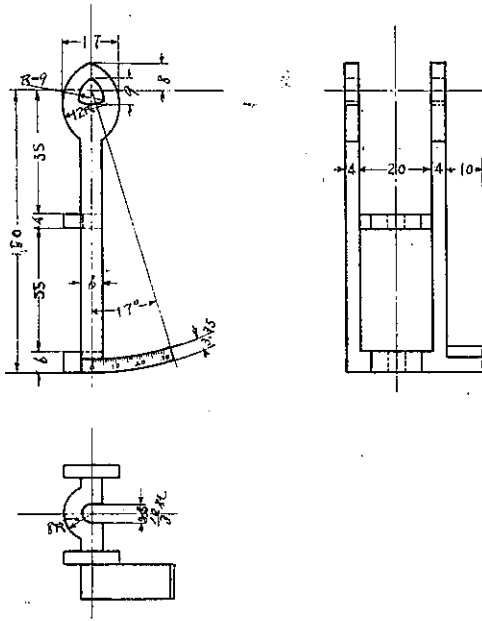


附圖第十 (其四)



(北本機台圖第十圖第六圖附圖)

附圖第十 (其五)



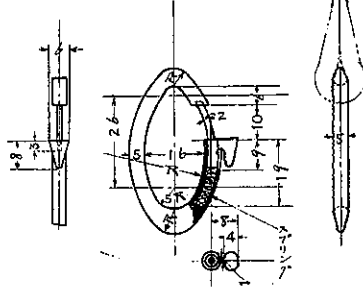
③

砲金製  
壹個

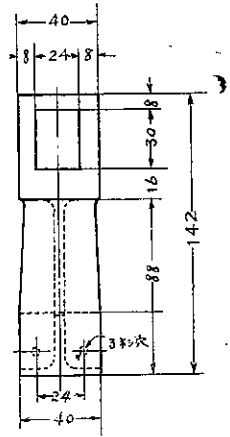
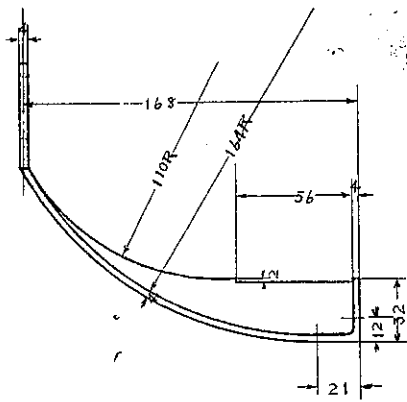
單山  
砲

鍊  
鋼製  
壹個

⑧

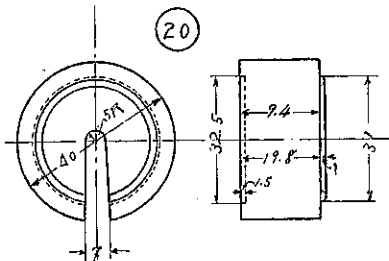


附圖第十 (其六)



鑄  
鐵  
製  
壹  
個

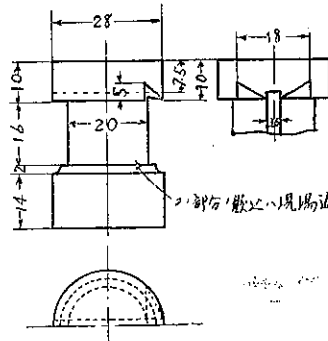
1b



20

厚 9.4 重量 = 80 克  
19.8 " = 180 瓦

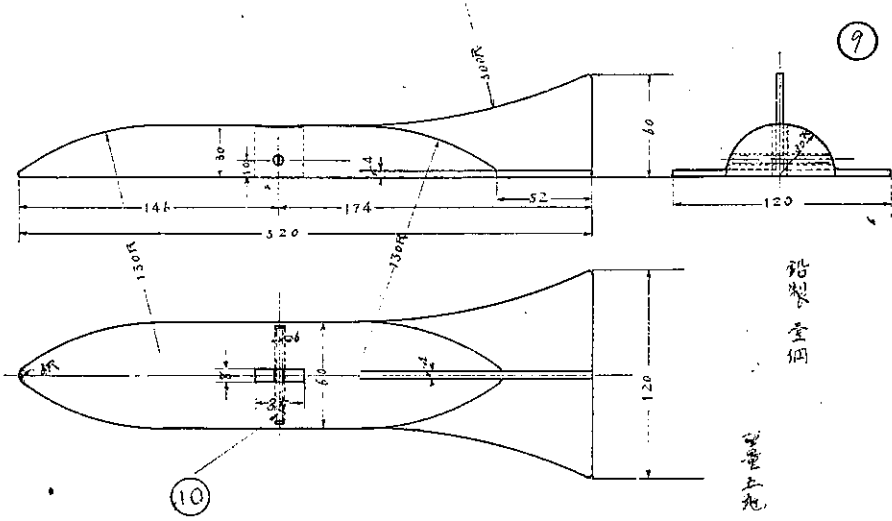
砲金製  
厚 9.4 重 80 克  
二九六批參照



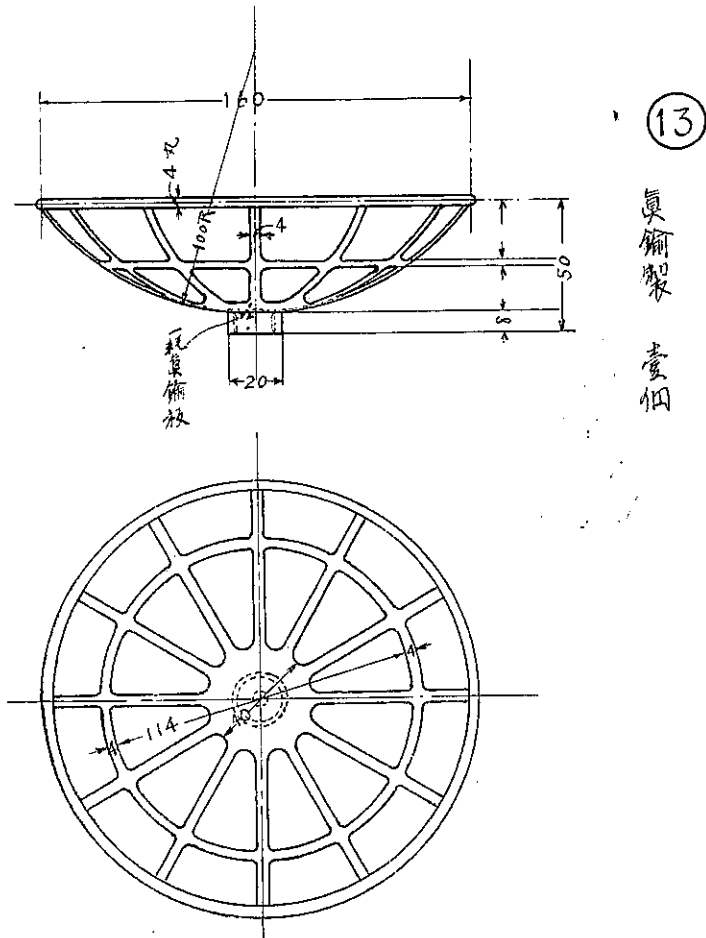
19  
砲金製  
壹個  
分鋼壹壹一五〇瓦

此項圖樣係由本廠第十圖說第六圖說(註)

附圖第十 (其七)



附圖第十 (其八)



(北平聯合誌第十四卷第六號附圖)

附表第一

$$\tan \alpha = a \tan \beta \left\{ \frac{1 + \sqrt{b \cdot k \cdot \tan^2 \beta - c}}{1 - \sqrt{b \cdot k \cdot \tan^2 \beta - c}} \right\}$$

$$\frac{1}{f} = d \left\{ \frac{1}{\tan \alpha} + \tan \beta \right\}$$

$$\tan \alpha = a \tan \beta \left\{ \frac{1 - \sqrt{b \cdot k \cdot \tan^2 \beta - c}}{1 + \sqrt{b \cdot k \cdot \tan^2 \beta - c}} \right\}$$

$$\frac{1}{f} = d \left\{ -\frac{1}{\tan \alpha} + \tan \beta \right\}$$

I	II	III	IV
$N_0 I = N_0 9 = 7$	$N_0 I = N_0 11 = 7$	$N_0 I = N_0 13 = 7$	$N_0 I = N_0 17 = 7$
$N_0 9 = N_0 14 = 7$	$N_0 11 = N_0 18 = 7$	$N_0 13 = N_0 19 = 7$	$N_0 17 = N_0 22 = 7$

I	II	III	IV
a	$\frac{1}{f}$	0.22003	0.20890
b	24	32.22021	36.25653
c	3	3.54476	3.78689
d	$\frac{1}{f}$	0.22399	0.22251
	$\frac{1}{f}$	0.02126	0.02230
	$\frac{1}{f}$	0.02318	0.02659

$$\frac{1}{f} = \sqrt{\frac{1}{f}}$$

$k = 0.02$														
No	$\beta$	$\tan \beta$	I			II			III			IV		
			$\tan \alpha$	$\frac{1}{f}$	$\frac{1}{f}$	$\tan \alpha$	$\frac{1}{f}$	$\frac{1}{f}$	$\tan \alpha$	$\frac{1}{f}$	$\frac{1}{f}$	$\tan \alpha$	$\frac{1}{f}$	$\frac{1}{f}$
1	12°	0.21256	0.09358	0.0765	1.897	0.10634			0.11017			0.12326		
2	13°	0.23087	0.08373	0.0787	1.924	0.09770	0.0756	1.819	0.10319			0.11610		
3	14°	0.24933	0.07310	0.0806	1.947	0.08842	0.0777	1.842	0.09410	0.0764	1.815	0.10856		
4	15°	0.26795	0.05161	0.0824	1.969	0.07844	0.0797	1.865	0.08466	0.0785	1.840	0.10403		
5	16°	0.28675	0.04907	0.0840	1.988	0.06782	0.0815	1.886	0.07447	0.0804	1.862	0.09181	0.0752	1.682
6	17°	0.30573	0.03525	0.0853	2.003	0.05584	0.0832	1.906	0.06390	0.0821	1.882	0.08277	0.0771	1.703
7	18°	0.32492	0.01979	0.0862	2.014	0.04288	0.0846	1.922	0.05128	0.0837	1.900	0.07284	0.0789	1.723
8	18°	0.34433	0.00205	0.0866	2.018	0.02841	0.0857	1.934	0.03784	0.0850	1.915	0.06127	0.0806	1.740
9	18°-5'-36"	0.36441	0.00000	0.0866	2.018									
10	20°	0.36397	0.01915	0.0852	2.014	0.01181	0.0865	1.943	0.02272	0.0860	1.926	0.04910	0.0820	1.756
11	20°-38'-2"	0.37655				0.00000	0.0866	1.945						
12	21°	0.38396	0.04726	0.0842	1.990	0.00770	0.0866	1.943	0.00521	0.0866	1.933	0.03548	0.0833	1.770
13	21°-16'-0"	0.38921							0.00000	0.0866	1.933			
14	21°-48'-5"	0.40000	0.10000	0.0750	1.878									
15	22°	0.40403				0.03263	0.0854	1.931	0.01609	0.0863	1.929	0.01995	0.0842	1.780
16	23°	0.42447				0.07723	0.0799	1.868	0.04545	0.0844	1.908	0.00162	0.0846	1.784
17	23°-4'-14"	0.42610							0.00000	0.0846	1.784			
18	23°-5'-10"	0.42625				0.09379	0.0765	1.828						
19	23°-34'-0"	0.43758							0.04141	0.0770	1.823			
20	24°	0.44523										0.02162	0.0841	1.778
21	25°	0.46631										0.05901	0.0809	1.744
22	25°-12'-33"	0.47076										0.08499	0.0756	1.680

附表第二

$$\tan \alpha = a \tan \beta \left\{ \frac{1 + \sqrt{b \cdot k \cdot \tan^2 \beta - c}}{1 - \sqrt{b \cdot k \cdot \tan^2 \beta - c}} \right\}$$

$$\frac{1}{f} = d \left\{ \frac{1}{\tan \alpha} + \tan \beta \right\}$$

$$\tan \alpha = a \tan \beta \left\{ \frac{1 - \sqrt{b \cdot k \cdot \tan^2 \beta - c}}{1 + \sqrt{b \cdot k \cdot \tan^2 \beta - c}} \right\}$$

$$\frac{1}{f} = d \left\{ -\frac{1}{\tan \alpha} + \tan \beta \right\}$$

I	II	III	IV
$N_0 I = N_0 10 = 7$	$N_0 I = N_0 12 = 7$	$N_0 I = N_0 14 = 7$	$N_0 I = N_0 17 = 7$
$N_0 10 = N_0 15 = 7$	$N_0 12 = N_0 18 = 7$	$N_0 14 = N_0 20 = 7$	$N_0 17 = N_0 22 = 7$

I	II	III	IV
a	$\frac{1}{f}$	0.22003	0.20890
b	24	32.22021	36.25653
c	3	3.54476	3.78689
d	$\frac{1}{f}$	0.22399	0.22251
	$\frac{1}{f}$	0.02126	0.02230
	$\frac{1}{f}$	0.02318	0.02659

$$\frac{1}{f} = \sqrt{\frac{1}{f}}$$

$k = 0.01$														
No	$\beta$	$\tan \beta$	I			II			III			IV		
			$\tan \alpha$	$\frac{1}{f}$	$\frac{1}{f}$	$\tan \alpha$	$\frac{1}{f}$	$\frac{1}{f}$	$\tan \alpha$	$\frac{1}{f}$	$\frac{1}{f}$	$\tan \alpha$	$\frac{1}{f}$	$\frac{1}{f}$
1	5°	0.08749	0.03458	0.0455	1.163	0.10047						0.10772		
2	6°	0.10510	0.03745	0.0481	1.504	0.09396	0.0458	1.414	0.09635	0.0448	1.390	0.10248		
3	7°	0.12278	0.07965	0.0506	1.543	0.08706	0.0482	1.451	0.08981	0.0473	1.429	0.09683	0.0436	1.281
4	8°	0.14054	0.07116	0.0529	1.577	0.07987	0.0506	1.488	0.08271	0.0497	1.464	0.09067	0.0459	1.314
5	9°	0.15838	0.06189	0.0551	1.610	0.07143	0.0529	1.520	0.07497	0.0519	1.496	0.08401	0.0481	1.345
6	10°	0.17633	0.05168	0.0570	1.637	0.06251	0.0549	1.548	0.06652	0.0540	1.526	0.07645	0.0502	1.374
7	11°	0.19438	0.04038	0.0587	1.662	0.05270	0.0568	1.575	0.05726	0.0560	1.554	0.06883	0.0523	1.402
8	12°	0.21256	0.02766	0.0601	1.681	0.04180	0.0585	1.598	0.04700	0.0578	1.579	0.06022	0.0542	1.428
9	13°	0.23087	0.01304	0.0610	1.694	0.02952	0.0599	1.617	0.03579	0.0593	1.599	0.05084	0.0559	1.450
10	13°-45'-39"	0.24195	0.00000	0.0612	1.697									
11	14°	0.24933	0.00451	0.0612	1.696	0.01536	0.0609	1.621	0.02240	0.0605	1.615	0.03974	0.0574	1.469
12	14°-54'-39"	0.26626				0.00000	0.0612	1.634						
13	15°	0.26795	0.02777	0.0601	1.681	0.00169	0.0612	1.635	0.00593	0.0612	1.624	0.02757	0.0589	1.487
14	15°-23'-34"	0.27531							0.00000	0.0613	1.626			
15	15°-47'-35"	0.28625	0.07071	0.0530	1.579									
16	16°	0.28675				0.02152	0.0603	1.623	0.01264	0.0610	1.622	0.01323	0.0596	1.497
17	16°-46'-4"	0.30130										0.00000	0.0598	1.500
18	16°-46'-28"	0.30110				0.06632	0.0541	1.537						
19	17°	0.30573							0.04150	0.0581	1.601	0.00459	0.0598	1.500
20	17°-1'-34"	0.30911							0.06464	0.0544	1.532			
21	18°	0.32492										0.03090	0.0584	1.482
22	18°-24'-34"	0.33284										0.06609	0.0542	1.428

(土木學會誌第十卷第六號附表)

附表第三

	I	II	III	IV	I	II	III	IV		
$\tan \lambda = a \tan \beta \sqrt{1 - \sqrt{b} \sqrt{1 - c}}$ $\frac{1}{\frac{1}{d} = d_1 \tan \lambda - \tan \beta}$	$\sqrt{6.10} \sqrt{6.70}$	$\sqrt{6.10} \sqrt{6.70}$	$\sqrt{6.10} \sqrt{6.70}$	$\sqrt{6.10} \sqrt{6.70}$	a	$\frac{1}{d}$	0.22003	0.20890	0.18053	
$\tan \lambda = a \tan \beta \sqrt{1 - \sqrt{b} \sqrt{1 - c}}$ $\frac{1}{\frac{1}{d} = d_1 \tan \lambda + \tan \beta}$	$\sqrt{6.70} \sqrt{6.10}$	$\sqrt{6.70} \sqrt{6.10}$	$\sqrt{6.70} \sqrt{6.10}$	$\sqrt{6.70} \sqrt{6.10}$	b	$\frac{1}{d}$	32.22021	36.25653	50.28514	
$\tan \lambda = a \tan \beta \sqrt{1 - \sqrt{b} \sqrt{1 - c}}$ $\frac{1}{\frac{1}{d} = d_1 \tan \lambda + \tan \beta}$	$\sqrt{6.70} \sqrt{6.10}$	$\sqrt{6.70} \sqrt{6.10}$	$\sqrt{6.70} \sqrt{6.10}$	$\sqrt{6.70} \sqrt{6.10}$	c	$\frac{1}{d}$	3	354476	378699	4.53910
$\tan \lambda = a \tan \beta \sqrt{1 - \sqrt{b} \sqrt{1 - c}}$ $\frac{1}{\frac{1}{d} = d_1 \tan \lambda + \tan \beta}$	$\sqrt{6.70} \sqrt{6.10}$	$\sqrt{6.70} \sqrt{6.10}$	$\sqrt{6.70} \sqrt{6.10}$	$\sqrt{6.70} \sqrt{6.10}$	d	$\frac{1}{d}$	0.22999	0.22251	0.19856	
$\tan \lambda = a \tan \beta \sqrt{1 - \sqrt{b} \sqrt{1 - c}}$ $\frac{1}{\frac{1}{d} = d_1 \tan \lambda + \tan \beta}$	$\sqrt{6.22} \sqrt{6.37}$	$\sqrt{6.22} \sqrt{6.37}$	$\sqrt{6.22} \sqrt{6.37}$	$\sqrt{6.22} \sqrt{6.37}$	e	$\frac{1}{d}$	0.02126	0.02290	0.02318	0.02659

$$\lambda = \sqrt{\frac{1}{d}}$$

		$k = 0.0105$												
$\sqrt{a}$	$\beta$	I			II			III			IV			
		$\tan \lambda$	$\frac{1}{d}$	$\lambda$	$\tan \lambda$	$\frac{1}{d}$	$\lambda$	$\tan \lambda$	$\frac{1}{d}$	$\lambda$	$\tan \lambda$	$\frac{1}{d}$	$\lambda$	
1	5° 45' 2"	0.100125	0.10000	0.0000	0.0000	0.10003	0.0000	0.0000	0.10000	0.0000	0.0000	0.10000	0.0000	0.0000
2	5°	0.08749	0.09478	0.0031	0.332	0.09494	0.0030	0.362	0.09480	0.0027	0.335	0.09383	0.0024	0.300
3	4°	0.06993	0.09861	0.0072	0.581	0.09352	0.0067	0.561	0.09389	0.0064	0.526	0.09306	0.0058	0.467
4	3°	0.05241	0.09666	0.0111	0.723	0.09116	0.0103	0.671	0.09330	0.0100	0.657	0.09171	0.0090	0.582
5	2°	0.03492	0.09402	0.0148	0.835	0.09432	0.0138	0.776	0.09511	0.0134	0.760	0.09584	0.0121	0.675
6	1°	0.01746	0.09172	0.0183	0.923	0.09133	0.0171	0.864	0.09229	0.0167	0.849	0.09310	0.0151	0.754
7	0°	0.00000	0.08860	0.0217	1.010	0.08830	0.0203	0.941	0.08894	0.0198	0.924	0.08953	0.0180	0.823
8	1°	0.01746	0.08198	0.0249	1.082	0.08415	0.0234	1.011	0.08499	0.0228	0.992	0.08710	0.0208	0.884
9	2°	0.03492	0.07656	0.0279	1.145	0.07845	0.0263	1.072	0.08052	0.0257	1.053	0.08323	0.0235	0.940
10	3°	0.05241	0.07046	0.0307	1.202	0.07409	0.0291	1.127	0.07590	0.0284	1.107	0.07879	0.0261	0.991
11	4°	0.06993	0.06365	0.0334	1.253	0.06894	0.0317	1.177	0.06967	0.0311	1.158	0.07391	0.0285	1.035
12	5°	0.08749	0.05602	0.0359	1.300	0.06443	0.0343	1.224	0.06521	0.0335	1.202	0.06824	0.0309	1.078
13	6°	0.10510	0.04742	0.0381	1.339	0.05972	0.0365	1.262	0.05605	0.0359	1.244	0.06202	0.0332	1.112
14	7°	0.12278	0.03767	0.0401	1.373	0.05458	0.0386	1.298	0.04797	0.0380	1.280	0.05506	0.0353	1.152
15	8°	0.14054	0.02642	0.0418	1.402	0.04843	0.0405	1.330	0.03881	0.0399	1.312	0.04724	0.0373	1.185
16	9°	0.15832	0.01329	0.0429	1.421	0.04247	0.0420	1.354	0.02828	0.0415	1.338	0.03897	0.0391	1.213
17	9° 45' 36"	0.17321	0.00000	0.0433	1.427									
18	10°	0.17633	0.00321	0.0433	1.427	0.01094	0.0431	1.372	0.01582	0.0428	1.353	0.02735	0.0405	1.234
19	10° 39' 46"	0.18228				0.00000	0.0433	1.375						
20	11°	0.19438	0.02821	0.0445	1.397	0.00650	0.0432	1.373	0.00022	0.0433	1.367	0.01594	0.0418	1.254
21	11° 0' 44"	0.19460							0.00000	0.0433	1.367			
22	11° 16' 36"	0.20000	0.05000	0.0475	1.328									
23	12°	0.21256				0.04002	0.0397	1.317	0.02353	0.0412	1.348	0.00019	0.0427	1.261
24	12° 15' 30"	0.21805							0.00000	0.0413	1.348	0.00000	0.0423	1.261
25	12° 15' 52"	0.22312				0.04089	0.0382	1.292						
26	12° 26' 29"	0.21879							0.04571	0.0385	1.339			
27	13°	0.23087										0.02410	0.0411	1.243
28	13° 14' 36"	0.23535										0.04219	0.0383	1.200
29	14°	0.23987										0.03926	0.0341	1.132
30	12°	0.21256				0.03552	0.0366	1.264	0.06513	0.0327	1.183	0.03723	0.0269	1.006
31	11°	0.19438	0.05399	0.0314	1.315	0.01904	0.0250	1.053	0.03143	0.0251	1.041	0.03613	0.0215	0.899
32	10°	0.17633	0.06495	0.0229	1.328	0.02843	0.0192	0.918	0.08948	0.0192	0.912	0.04152	0.0168	0.795
33	9°	0.15832	0.09249	0.0165	0.881	0.04397	0.0162	0.787	0.09445	0.0142	0.783	0.04955	0.0125	0.686
34	8°	0.14054	0.09676	0.0110	0.719	0.04733	0.0095	0.644	0.09792	0.0096	0.642	0.05793	0.0076	0.565
35	7°	0.12278	0.09597	0.0059	0.527	0.04474	0.0051	0.472	0.09927	0.0052	0.471	0.09340	0.0046	0.446
36	6°	0.10510	0.09923	0.0013	0.247	0.04998	0.0011	0.219	0.09897	0.0011	0.218	0.09297	0.0010	0.194
37	5° 45' 2"	0.100125	0.10000	0.0000	0.0000	0.10003	0.0000	0.0000	0.10000	0.0000	0.0000	0.10000	0.0000	0.0000

(土木學會誌第十四卷第六號附表)

附表第四(其一)

$V_{max}$ , 位置  $0.0L$  場合

$V_0$	A	B	C
0	0	$\frac{2A}{3}$	$\frac{2C}{3}$
$\frac{1}{3}V_0$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2A}{3}$	$\frac{2C}{3}$
$\frac{2}{3}V_0$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2A}{3}$	$\frac{2C}{3}$
$V_0$	1	1	1

$V_{max}$ , 位置  $0.30L$  場合

A	B	C
0	$\frac{2A}{3}$	$\frac{2C}{3}$
$\frac{1}{3}$	$\frac{2A}{3}$	$\frac{2C}{3}$
$\frac{2}{3}$	$\frac{2A}{3}$	$\frac{2C}{3}$
1	1	1

$V_0$	$\frac{A^2}{2} - \frac{B^2}{4} - \frac{C^2}{8} - \frac{2AB}{3} - \frac{2BC}{3} - \frac{AC}{2}$	$\frac{A^2}{2} - \frac{B^2}{4} - \frac{C^2}{8} - \frac{2AB}{3} - \frac{2BC}{3} - \frac{AC}{2}$
0	0	0
$\frac{1}{3}V_0$	0.026724	2.513449
$\frac{2}{3}V_0$	0.026473	2.671204
$\frac{1}{2}V_0$	0.024210	2.873061
$\frac{1}{4}V_0$	0.023077	3.183507
$\frac{1}{6}V_0$	0.022073	3.553414

$V_0$	$\frac{A^2}{2} - \frac{B^2}{4} - \frac{C^2}{8} - \frac{2AB}{3} - \frac{2BC}{3} - \frac{AC}{2}$	$\frac{A^2}{2} - \frac{B^2}{4} - \frac{C^2}{8} - \frac{2AB}{3} - \frac{2BC}{3} - \frac{AC}{2}$
0	0	0
$\frac{1}{3}V_0$	0.026578	2.821540
$\frac{2}{3}V_0$	0.025214	2.144742
$\frac{1}{2}V_0$	0.023788	2.873403
$\frac{1}{4}V_0$	0.022720	3.172382
$\frac{1}{6}V_0$	0.021761	3.547317

(土木學會誌第十四卷第六回附表)





附表第五

$A=0.02$   
 $\beta$  (0.8° 每 1 分) (1.8° 每 2 分) (2.8° 每 3 分) (3.8° 每 4 分) (4.8° 每 5 分) (5.8° 每 6 分) (6.8° 每 7 分) (7.8° 每 8 分) (8.8° 每 9 分) (9.8° 每 10 分)

$\beta$	I (每 1 分)	II (每 2 分)	III (每 3 分)	IV (每 4 分)	V (每 5 分)
14°	1770	1833	1765	1831	1831
15°	1794	1857	1790	1856	1856
16°	1818	1881	1812	1878	1878
17°	1842	1905	1836	1898	1898
18°	1866	1929	1860	1916	1916
19°	1890	1953	1884	1930	1930
20°	1914	1977	1908	1944	1944
$A=0.01$					
6°	1355	1406	1349	1372	1372
7°	1372	1444	1387	1409	1409
8°	1427	1480	1422	1444	1444
9°	1459	1512	1454	1476	1476
10°	1489	1542	1485	1505	1505
11°	1516	1569	1512	1532	1532
12°	1540	1592	1537	1556	1556
13°	1560	1611	1559	1576	1576
14°	1577	1625	1577	1591	1591
15°	1587	1660	1589	1599	1599
$A=0.005$					
1°	0766	1004	0766	0779	0779
2°	1026	1006	1020	1039	1039
3°	1079	1121	1074	1093	1093
4°	1128	1171	1123	1142	1142
5°	1172	1216	1168	1186	1186
6°	1212	1257	1208	1227	1227
7°	1248	1295	1245	1262	1262
8°	1280	1324	1277	1293	1293
9°	1306	1349	1304	1319	1319
10°	1326	1367	1326	1338	1338
11°	1336	1381	1341	1346	1346

(土佐大学工学部測量学系)

附表第六 (其一)

深  $\geq 2.5$  米以上, 场合

$\beta$	$T_0$ (秒)	$T_1$ (秒)	$L$ (米)	$A$	$\alpha$	$\frac{T_0}{T_1}$ (秒)	$\frac{T_0'}{T_1'}$ (秒)	$\frac{T_0''}{T_1''}$ (秒)
①	15.45°	1155	0942	2810	00774	00000000	00000000	00000000
②	15.45°	1400	1087	2520	00167	0004469	0022200	1157
③	15.45°	2080	1788	2510	00090	00000000	00000000	1243
④	15.45°	2290	1982	2510	00236	00000000	00000000	1118
⑤	15.45°	1370	1065	2720	00180	00000000	00000000	1046
⑥	15.45°	1625	1325	2730	00088	00000000	00000000	1041
⑦	15.45°	2035	1732	2730	00048	00000000	00000000	1083
⑧	15.45°	1480	1148	2635	00178	00000000	00000000	1174
⑨	15.45°	1630	1206	2635	00072	00000000	00000000	1066
⑩	15.45°	1895	1487	2525	00058	00000000	00000000	1062
⑪	15.45°	1970	1533	2383	00087	00000000	00000000	1082
⑫	15.45°	1435	1128	2530	00165	00000000	00000000	1045
⑬	15.45°	1835	1428	2530	00079	00000000	00000000	1047
⑭	15.45°	1320	1018	2505	00172	00000000	00000000	0976
⑮	15.45°	1730	1433	2515	00044	00000000	00000000	0985
⑯	15.45°	1015	0712	2630	00167	00000000	00000000	1034
⑰	15.45°	1525	1221	2690	00082	00000000	00000000	0972
⑱	15.45°	1700	1405	2670	00037	00000000	00000000	1017
⑳	15.45°	1895	1571	2920	00164	00000000	00000000	0985
㉑	15.45°	1210	0906	2120	00078	00000000	00000000	0811
㉒	15.45°	1845	1452	2740	00033	00000000	00000000	0852
㉓	15.45°	1295	0976	2740	00179	00000000	00000000	0882
㉔	15.45°	1435	1150	2740	00071	00000000	00000000	0784
㉕	15.45°	1645	1221	2740	00048	00000000	00000000	0885
㉖	15.45°	1960	1519	2680	00116	00000000	00000000	0794
㉗	15.45°	1360	1049	2680	00073	00000000	00000000	0821
㉘	15.45°	2335	2046	2680	00045	00000000	00000000	0778
㉙	15.45°	1470	1178	2575	00073	00000000	00000000	0833
㉚	15.45°	1907	1575	2575	00047	00000000	00000000	0734
㉛	15.45°	1340	1038	2530	00073	00000000	00000000	0784
㉜	15.45°	1690	1391	2530	00040	00000000	00000000	0957
㉝	15.45°	1130	0827	2880	00110	00000000	00000000	0947
㉞	15.45°	1845	1549	2880	00094	00000000	00000000	0847
㉟	15.45°	2470	2204	2380	00045	00000000	00000000	0847

注意 27354.836 秒  
 係回数表の初値  
 となり

$\frac{27354}{3.14159} = 8708.0780$

但  $T_0, T_1, L, E, G, \alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta, \theta, \iota, \kappa, \lambda, \mu, \nu, \xi, \omicron, \pi, \rho, \sigma, \tau, \upsilon, \phi, \chi, \psi, \omega, \delta, \epsilon, \zeta, \eta, \theta, \iota, \kappa, \lambda, \mu, \nu, \xi, \omicron, \pi, \rho, \sigma, \tau, \upsilon, \phi, \chi, \psi, \omega$   
 係回数表の初値  
 となり

$a = 0.2089774$   
 $b = 362265287$   
 $c = 378849894$   
 $d = 0.22225121$   
 $e = 0.22231808$

附表第六(其二)

深サ2.5米以下の場合

番號	$\theta$	$T_0$ (年)	$T_2$ (年)	$L$ (米)	$h$	$\tan \alpha$	$\frac{1}{L}$	$V_m$ (%)	平均 $V_m$ (%)	$V_m'$ (%)	$\frac{V_m'}{V_m}$
③	12°43'	1475	1185	2350	00183	00710838	00728488	1.266			
	11°50'	1755	1444	2360	00064	00033952	00487471	1.142	1.143	0703	0770
	6°55'	1950	1658	2360	00034	00240174	00338833	10.20			
	12°38'	1275	0971	1780	00189	00341051	00708926	1.277			
⑥	9°58'	1420	1123	1780	00084	00476735	00518397	1.175	1.250	0909	0727
	4°32'	2275	2009	1780	00045	0054309	00317496	1.255			
⑬	14°3'	1230	0922	2360	00189	00498947	00756309	1.121	1.065	0882	0827
	17°34'	1325	1024	2360	00081	00237493	00534872	1.009			
⑭	15°7'	1120	0811	2450	00163	00541557	00745828	1.038	1.005	0779	0775
	12°17'	1290	0787	2450	00073	00156222	00536486	0.772			
	10°49'	1275	0997	2450	00184	01077529	00687281	1.105			
⑯	9°33'	1450	1154	2450	00090	00538032	00522174	1.034	1.020	0840	0823
	7°3'	1590	1305	2450	00041	00341947	00363079	0.711			
	12°29'	1330	1025	2430	00173	00878779	00700571	1.144			
⑰	9°22'	1440	1145	2430	00086	00572245	00505438	1.020	1.077	0807	0735
	5°44'	1975	1687	2430	00045	00817908	00419481	1.128			
	9°14'	1175	0883	2230	00188	01216841	00456481	1.045			
⑱	7°18'	1375	1086	2240	00089	00770132	00471715	0.777	0.977	0813	0821
	5°54'	1415	1129	2240	00045	00497823	00351014	0.726			
	13°4'	0930	0633	2450	00175	00832991	00726366	0.705			
⑳	11°19'	1225	0927	2450	00036	00368475	00545004	0.747	0.888	0740	0833
	10°7'	1320	1024	2450	00037	-00217087	00360436	0.811			
	15°3'	1070	0763	2360	00165	00562944	00424781	1.028			
	12°43'	1280	0976	2370	00076	00041656	00533186	0.799	1.003	0755	0752
	12°42'	0995	0698	2160	00171	00844239	00712466	1.003			
㉒	8°50'	1370	1077	2170	00087	00628974	00502069	1.038	1.042	0792	0780
	6°27'	1720	1431	2170	00041	00399501	00351887	1.002			
	13°4'	0930	0633	2240	00194	00624177	00723803	0.745			
㉓	10°37'	1275	0988	2240	00030	00390142	00520949	1.007	0.978	0797	0797
	8°19'	1600	1306	2240	00040	00189974	00570481	0.782			
	10°26'	0905	0615	2170	00183	01079456	00629707	0.710			
㉔	7°29'	1330	1041	2170	00071	00790886	00479401	0.798	1.020	0787	0752
	5°0'	2365	2077	2170	00041	00520385	00320977	1.153			
㉕	10°08'	0910	0619	2180	00179	01052678	00430814	0.719			
	7°42'	1165	0877	2180	00072	00761470	00444087	0.724	0.705	0682	0753
	3°43'	1545	1252	2180	00045	00460281	00301256	0.873			
	13°53'	1070	0767	2495	00168	00710044	00731768	0.785			
㉖	11°17'	1355	1054	2495	00080	00312515	00530983	0.789	0.987	0763	0774
	7°48'	1850	1555	2495	00036	00119026	00358290	0.787			
㉗	14°23'	1570	1250	1800	00156	00576438	00723417	1.480	1.435	1148	0801
	12°49'	1915	1594	1800	00067	-00103447	00479434	1.390			
㉘	15°41'	1730	1376	1830	00158	00436604	00746162	1.687	1.548	1256	0812
	13°31'	2070	1740	1830	00056	-00334372	00475796	1.406			
	14°49'	1310	0994	1710	00152	00498192	00723047	1.356			
㉙	12°53'	1725	1409	1710	00064	00184201	00568845	1.431	1.374	1137	0817
	13°32'	1315	1006	1670	00194	00781892	00733397	1.387			
	11°57'	1500	1291	1670	00072	00129733	00516524	1.321	1.355	1118	0825
㉚	14°24'	0820	0523	1670	00156	00576154	00723021	0.974			
	9°45'	1170	0877	1670	00084	00518363	00514411	1.086	1.037	0785	0757
	8°26'	1405	1113	1670	00036	00205113	00364701	1.030			
㉛	10°52'	0575	0270	1405	00171	01004168	00472447	0.977	0.800	0646	0808
	9°1'	0730	0444	1405	00078	00534626	00485371	0.821			

値はW.H.L.E. Gurdley Electric  
Current Meter の使用による  
平均流速(%)ナリ

$a = 0.2200335$   
 $b = 32.2202052$   
 $c = 35447634$   
 $d = 0.229989$   
 $g = 0.0229031$

附表第七(其一)

深サ2.5米以上ナル場合

J-Q1320310

番號	B	A	S	L	平均L	實測L'	$\frac{L'}{L}$
⑥	14° 0'	0.008208	2.554	2.533	2.523	2.520	0.999
	11° 19'	0.005288	2.534	2.521			
	7° 44'	0.003885	2.525	2.515			
⑦	10° 13'	0.004289	2.623	2.612	2.592	2.580	0.995
	8° 21'	0.002844	2.600	2.593			
	10° 33'	0.004580	2.584	2.572			
⑩	22° 14'	0.022062	2.770	2.710	2.703	2.710	1.003
	18° 43'	0.015156	2.747	2.705			
	16° 50'	0.012086	2.725	2.693			
⑬	23° 56'	0.025201	2.914	2.842	2.837	2.850	1.005
	21° 4'	0.019591	2.890	2.835			
	17° 8'	0.012548	2.868	2.833			
⑰	25° 33'	0.030173	2.698	2.619	2.625	2.645	1.008
	21° 7'	0.019700	2.681	2.629			
	17° 8'	0.012548	2.661	2.628			
⑳	18° 57'	0.009457	2.650	2.625	2.809	2.830	1.008
	25° 5'	0.028928	2.891	2.810			
	23° 2'	0.023866	2.877	2.810			
㉑	17° 33'	0.016649	2.854	2.807	2.870	2.880	1.003
	22° 8'	0.021842	2.946	2.883			
	20° 35'	0.018621	2.921	2.868			
㉒	17° 34'	0.013232	2.897	2.859	2.581	2.590	1.003
	21° 58'	0.021480	2.646	2.609			
	18° 54'	0.015477	2.626	2.586			
㉓	17° 4'	0.012444	2.603	2.569	2.987	2.970	0.994
	20° 38'	0.018720	2.629	2.581			
	17° 25'	0.012993	2.608	2.577			
㉔	15° 10'	0.007701	2.587	2.564	2.987	2.970	0.994
	20° 37'	0.018753	3.043	2.977			
	22° 10'	0.021915	2.628	2.572			
㉕	18° 26'	0.014667	2.608	2.570	2.566	2.570	1.002
	18° 15'	0.011217	2.586	2.557			
	22° 15'	0.022025	2.584	2.528			
㉖	19° 8'	0.015872	2.565	2.525	2.524	2.530	1.002
	15° 45'	0.010455	2.544	2.518			
	17° 22'	0.016313	2.632	2.570			
㉗	16° 0'	0.010856	2.611	2.593	2.583	2.570	0.995
	14° 8'	0.008371	2.588	2.567			
	18° 43'	0.015448	2.717	2.676			
㉘	15° 24'	0.010077	2.674	2.667	2.668	2.650	0.993
	10° 47'	0.004789	2.673	2.660			
	17° 21'	0.016283	3.050	3.001			
㉙	16° 56'	0.012238	3.025	2.988	2.989	2.975	0.995
	12° 46'	0.006798	2.777	2.777			
	21° 3'	0.019557	2.889	2.834			
㉚	16° 57'	0.012264	2.866	2.831	2.828	2.820	0.997
	13° 35'	0.007708	2.841	2.819			
	25° 30'	0.030039	2.835	2.752			
㉛	22° 23'	0.022373	2.815	2.753	2.752	2.780	1.010
	18° 56'	0.015536	2.793	2.750			
	25° 0'	0.028709	2.839	2.760			
㉜	14° 38'	0.016803	2.822	2.775	2.770	2.780	1.004
	14° 36'	0.008958	2.800	2.775			
	14° 20'	0.016252	2.757	2.710			
㉝	18° 4'	0.014050	2.930	2.889	2.892	2.885	0.998
	15° 15'	0.009814	2.905	2.877			
	17° 26'	0.016435	2.746	2.702			
㉞	15° 24'	0.010017	2.775	2.678	2.697	2.680	0.994
	11° 0'	0.004789	2.703	2.690			
	20° 16'	0.018002	2.777	2.748			
㉟	17° 48'	0.013610	2.774	2.739	2.739	2.730	0.997
	13° 19'	0.007397	2.751	2.731			
	21° 43'	0.020744	2.888	2.809			
㊱	20° 24'	0.018261	2.842	2.771	2.794	2.800	1.002
	17° 12'	0.012652	2.818	2.783			

(土木學會誌第十四卷第六號附表)

$$C_2 = \frac{25.073}{7.5} = 1.001$$

附表第七(其二)

深+2.5米以下十L場合

$\lambda = 0.1410532$

番號	$\theta$	$L$	S	$l$	平均 $l$	實測 $l$	$\frac{l}{L}$
②	14° 4'	0.008856	1.084	1.074	1.067	1.070	1.001
	12° 30'	0.006733	1.076	1.067			
	10° 55'	0.005247	1.071	1.065			
③	12° 7'	0.006501	1.043	1.030	1.020	1.020	1.000
	10° 30'	0.004845	1.028	1.018			
	9° 29'	0.003736	1.021	1.013			
⑨	13° 45'	0.008446	1.031	1.015	1.006	1.010	1.002
	12° 36'	0.007048	1.015	1.002			
	10° 33'	0.004873	1.010	1.001			
⑩	14° 24'	0.009277	1.073	1.056	1.047	1.055	1.003
	12° 20'	0.006743	1.060	1.048			
	11° 7'	0.005448	1.053	1.043			
⑪	14° 53'	0.009663	1.031	1.012	1.006	1.010	1.002
	12° 5'	0.004664	1.018	1.006			
	11° 12'	0.005530	1.010	1.001			
⑫	13° 13'	0.007780	1.029	1.016	1.008	1.005	0.998
	10° 21'	0.004705	1.016	1.007			
	9° 14'	0.003728	1.008	1.001			
⑬	12° 24'	0.006743	1.070	1.077	1.075	1.065	0.995
	8° 30'	0.003151	1.077	1.073			
	8° 53'	0.003446	1.001	1.004			
⑭	7° 34'	0.002487	1.005	1.000	1.004	1.000	0.993
	5° 27'	0.001284	1.000	1.000			
	20° 43'	0.020356	1.650	1.618			
⑮	18° 20'	0.015488	1.638	1.613	1.614	1.620	1.004
	15° 2'	0.010174	1.627	1.611			
	20° 10'	0.019026	1.690	1.658			
⑯	17° 45'	0.014453	1.677	1.653	1.653	1.655	1.001
	14° 35'	0.009548	1.665	1.647			
	20° 43'	0.020176	1.761	1.726			
⑰	17° 22'	0.013776	1.747	1.725	1.723	1.725	1.001
	14° 29'	0.009411	1.735	1.717			
	17° 34'	0.014137	1.569	1.547			
⑱	14° 17'	0.009142	1.558	1.544	1.545	1.535	0.994
	9° 2'	0.003565	1.547	1.542			
	20° 33'	0.019823	1.596	1.565			
⑳	18° 17'	0.015378	1.584	1.560	1.561	1.565	1.003
	14° 53'	0.009663	1.571	1.557			
	18° 13'	0.015278	1.631	1.606			
㉑	13° 17'	0.007862	1.621	1.608	1.604	1.595	0.994
	11° 0'	0.005330	1.607	1.598			
	17° 32'	0.017754	1.656	1.627			
㉒	17° 45'	0.014453	1.641	1.618	1.620	1.620	1.000
	4° 35'	0.007548	1.627	1.614			
	20° 47'	0.020318	1.599	1.516			
㉓	17° 22'	0.017428	1.534	1.508	1.511	1.520	1.006
	17° 41'	0.014338	1.532	1.510			
	17° 1'	0.016755	1.634	1.607			
㉔	16° 24'	0.012218	1.621	1.601	1.603	1.600	0.998
	11° 58'	0.006336	1.610	1.600			
	16° 18'	0.012061	1.654	1.634			
㉕	12° 0'	0.006373	1.642	1.632	1.630	1.615	0.991
	7° 11'	0.002341	1.629	1.625			
	17° 42'	0.018083	1.758	1.727			
㉖	17° 35'	0.014165	1.743	1.717	1.720	1.720	1.000 (+)
	4° 5'	0.002875	1.730	1.715			

$C_2 = \frac{5576.5}{3.9} = 0.977$

(土木學會會報第十四卷第五號附刊)