

# 論 說 報 告

土木學會誌 第十七卷第三號 昭和六年三月

## 感潮水路の水流に就て

會員 工學士 楠 宗 道

On the Flow of Water in a Tidal Channel

By Munemichi Kusunoki, C. E., Member.

### 内 容 梗 概

海洋に接続せる水路の潮汐に基因する水位、水流の時間及び距離による變化を式示し、其の流速は一般に齊流としての流速に潮波よりする流速を加算す可き事を述べ、實例により是等を立證せるものなり。

目 次	
緒 言	2
第一章 基本の方程式	2
第一節 運動の方程式	2
第二節 連続の方程式	5
第二章 潮波による流速及び波高	6
第一節 潮波による流速	6
第二節 波高	8
第三節 波の傳播速度	11
第三章 波高と流速との關係	12
第一節 水面勾配	12
第二節 波高による流速の算定	12
第三節 流速、波速及び水位の時間的關係	14
第四章 潮汐の半週期間内に水路を流るゝ流量	15
第五章 潤沼川の水位及び流速測定	17
第一節 潤沼及び潤沼川の概説	17
第二節 流速曲線	18
第三節 水位曲線	20
第四節 測定より得たる諸數値	20
第六章 諸公式の適用	25
第一節 Chézy 式の係數の選定	25
第二節 相距る二點間の波高の關係	25
第三節 波の傳播速度	26
第四節 最高低水位と最大流速との起る時刻の差	27

第五節	水面勾配.....	28
第六節	流速.....	30
第七節	潮汐の半週期間に水路を通過する流量.....	34

## 緒 言

海洋に連絡せる水路に於て潮波が如何に水路内の水流及び水位に及ぼすか、ひいては水路の他端が湖沼と接続し潮汐の影響が其の水路を傳はつて湖沼の水位に及ぼす場合に潮波が如何に湖沼の水位に作用するかを、川尻に設置せる検潮機の讀數より計算に依りて直ちに知らんとす。之れ恰も外港と内港とが運河によつて連絡せらるゝ場合と同一にして、水路内の流速、水面勾配、水位及び内港の水位並に夫れ等の起る時刻等は内外港を互に航行する船舶の通航、荷役、碇泊或は岸壁の高さ等に直接至大の關係を有す。而して天然の感潮湖沼及び其の連絡水路が河川の場合には其の形狀整正ならざると且つ湖沼に天然排水路が注入する場合は本問題は複雑となるを以て、本研究には注入河川を有せざる湖沼及び水路の場合を想像し、流體力學の助けによつて以下順を逐つて水路の流速、波の傳播、水面勾配、波の高さ、流量及び湖沼の水位等を海洋の潮位を基準として算出せんとす。尤も海面が正弦系の週期的運動をなすを以て、之れが水路及び湖沼に傳播して矢張り同系の週期的運動を持続するものとす。此の事たるや實測の結果によるも亦然る處なり。

本研究には井筒内に設置せる自記検潮機の場合の如き潮位以下に設置せる壓力水管内の水の運動の如き場合は之れを包含せず。

本文は Vorträge aus dem Gebiete der Hydro-und Aerodynamik (1922) 中の Berechnung von Gezeitenwellen mit beträchtlicher Reibung von J. Th. Thyse. に負ふ處大なり。

## 第一章 基本の方程式

水路が海洋と連絡し潮汐の運動が水路内に及び、其の水路内の水流が満潮時及び其の前後には海より水路に流入し、干潮時及び其の前後には反對に水路より海に向つて流出する場合には、其の水面勾配は其の時々によつて性質と量とを異にし、従つて流量も時々刻々に異なる。之れ即ち不定流にして水理學にて常用する流速の諸式は此の場合無條件にて適用するを得ず。依つて基礎方程式たる流體力學の運動及び連続の方程式を用ひて解決せんとす。

### 第一節 運動の方程式

水平軸  $x$  をとり水流の運動は此の方向のみとしての運動の一般の方程式は次の如し。

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} = X - \frac{1}{\rho} g \frac{\partial p}{\partial x}$$

上式中  $X$  は河床と水との間の摩擦抵抗  $R$  にして、壓力  $p$  に対しては平均水位より測れる波面の高低を  $h$  とせば  $p = \rho h$  となり、且つ水に於ては  $\rho$  は不可壓性即ち常數と考へて次の式を得。

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} = -R - g \frac{\partial h}{\partial x} \dots \dots \dots (1)$$

上式の  $R$  の値を決定せんば潮波に於ては流速の時間的及び距離的變化小なるを以て是等を省略して  $\partial v / \partial t = 0$  及び  $\partial v / \partial x = 0$  (此の條件は齊流の場合となる) と置けば、(1) 式は又次の如くなる。

$$0 = -R - g \frac{\partial h}{\partial x}$$

次に摩擦抵抗は一般に  $v^2$  に比例するものとせらるゝを以て

$$R = kv^2 \dots \dots \dots (2)$$

$$\therefore kv^2 = g \frac{\partial h}{\partial x}$$

今水面勾配を  $i$  とせば、 $i$  が小なる時は

$$i = \frac{\partial h}{\partial x}$$

$$\therefore kv^2 = gi$$

或は

$$v = \frac{1}{\sqrt{k}} \sqrt{\frac{g}{r}} \sqrt{ri} \dots \dots \dots (3)$$

但し  $r$  = 水理水深或は平均水深 (略算)

(3) 式と Chézy の流速公式

$$v = c\sqrt{ri} \dots \dots \dots (4)$$

とを比較對照せば

$$c = \frac{1}{\sqrt{k}} \sqrt{gr}$$

或は

$$k = \frac{1}{c^2} \frac{g}{r}$$

故に (2) 式は次の如くなる。

$$R = \frac{1}{c^2} \frac{g}{r} v^2 \dots \dots \dots (2)_1$$

然るに  $R$  が斯の如きものとせば、(1) 式は  $v$  の二乗項たる爲に第三章に於ける積分を成すは困難なり。而して Coulomb は流速が 5 呎/分以下の場合は  $v$  に、30 呎/分以上の時は  $v^2$  に比例すと云ひ、Colonel Beaufoy は實驗の結果  $v$  の乗數は 1.66, 1.71 及び 1.9 なる 3 組を得。Froude は同様に 1.88~2.16, 平均約 2 を得 (以上 Bovey's Hydraulics p. 71 による)。Gibson は 1.79~2.00 (Gibson's Hydraulics p. 289) とせり。一般には laminar motion の場

合は  $v$  に, turbulent motion の場合は  $v^n$  に比例す, 故に概して 2 より小と成す可きなり。然らば今一乗をとり

$$R = kv \dots\dots\dots (2)_2$$

と置き,  $k$  を適當に撰べば著しき誤差なしに此の抵抗を計算するを得可し。尙ほ水の流動する爲に要する勢力消費は内外抵抗に對して爲す仕事の量と相等し, 故に今假定の摩擦  $kv$  によつてなされる潮汐の半週期間の仕事 (負の) と, 實際の摩擦抵抗  $g \frac{v^2}{c^2 r}$  によつてなされる同週期間内の仕事 (負の) とを相等しと取りて,  $k$  の値を算出せんとす。即ち

$$kv \text{ により爲される仕事} = R dx$$

然るに  $dx = v dt$  なるを以て之れを代入して,

$$= Rv dt$$

或は (2)<sub>2</sub> 式により

$$= kv^2 dt$$

又  $g \frac{v^2}{c^2 r}$  により爲される仕事  $= g \frac{v^2}{c^2 r} dx$   
 $= g \frac{v^3}{c^2 r} dt$

假定に依り兩者を半週期積分して相等しと置けば,

$$\int_{\omega t = -\pi/2}^{\omega t = \pi/2} kv^2 dt = \int_{\omega t = -\pi/2}^{\omega t = \pi/2} \frac{gv^3}{c^2 r} dt$$

但し  $\omega$  は波が正弦曲線運動をなすとし, 其の場合の角速度なり。

従つて波の週期は  $2\pi/\omega$  なり, 流速  $v$  に對しても同様に正弦曲線的の變化をなすを以て

$$v = V \cos \omega t \pm v_0 \dots\dots\dots (5)$$

但し  $v_0$  = 湖沼に流入する排水路のある場合の連絡水路に固有の流量に對する流速

$V$  = 湖波より生ずる流速の週期的變化の振幅

(5) 式を上等の式に代入せば, 先づ左邊は

$$\int_{-\pi/2}^{\pi/2} (V \cos \omega t \pm v_0)^2 dt = \frac{\pi V^2}{2\omega} \pm \frac{4Vv_0}{\omega} + \frac{\pi v_0^2}{\omega}$$

右邊は

$$\int_{-\pi/2}^{\pi/2} (V \cos \omega t \pm v_0)^3 dt = \frac{4V^3}{3\omega} \pm \frac{3\pi v_0 V^2}{2\omega} + \frac{6v_0^2 V}{\omega} \pm \frac{\pi v_0^3}{\omega}$$

$$k = \frac{g}{c^2 r} \left[ \frac{4}{3} V^3 \pm \frac{3\pi}{2} v_0 V^2 + 6v_0^2 V \pm \pi v_0^3 \right] \dots\dots\dots (6)$$

$$\frac{\pi}{2} V^2 \pm 4v_0 V + \pi v_0^2$$

固有流量が潮汐に基因する流量より小なる場合は  $v_0$  は小なるを以て, 其の場合には  $v_0^2$  及び  $v_0^3$  の項を省略して

$$k = \frac{g}{c^2 r} V \frac{\frac{4}{3} V \pm \frac{3\pi}{2} v_0}{\frac{\pi}{2} V + 4v_0} \dots\dots\dots (6)_1$$

尙ほ湖沼に流入する水路なき場合は  $v_0 = 0$  となりて、且つ  $g = 32.2$  及び  $\pi = 3.1416$  とせば

$$k = \frac{8g}{3c^2 \pi r} V = \frac{27.332}{c^2 r} V \dots\dots\dots (6)_2$$

$$\therefore R = \frac{8g}{3c^2 \pi r} V v = \frac{27.332}{c^2 r} V v \dots\dots\dots (2)_3$$

$$\text{今} \quad \frac{k}{\omega} = \tan \theta \quad \text{或は} \quad k = \omega \tan \theta \dots\dots\dots (7)$$

と置くときは補助角  $\theta$  は水路内の水の運動の性質を顯はす、即ち

1.  $\theta$  大となれば流水と水路面との間の摩擦大なり

尙ほ (6) 式よりも

2. 水深  $r$  が大、即ち深き水路にては摩擦抵抗小となる
3. 最大流速  $V$  小なる場合には摩擦抵抗小なり
4. 波の角速度  $\omega$  小なるか或は週期大なる程  $\theta$  は大なり
5. 固有流量（従つて流速）の有無は摩擦抵抗に影響あり

(2)<sub>3</sub> 及び (7) 式の値を (1) 式に代入せば、運動の方程式は次の如くなる。

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = -v \omega \tan \theta$$

然るに上式中の  $v \frac{\partial v}{\partial x}$  は他の項に比して常に微少なるを以て本項を省略す。尙ほ本項を省略せば積分簡單となる（次章参照）。

$$\frac{\partial v}{\partial t} + g \frac{\partial h}{\partial x} + v \omega \tan \theta = 0 \dots\dots\dots (8)$$

之れ求むる所要の運動の方程式なり。

## 第二節 連続の方程式

前節の場合の如く水の運動の方向を  $x$  軸のみとして其の場合の一般の連続の方程式は次の如し。

$$\frac{\partial}{\partial x} (Av) + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

$$\text{或は} \quad v \frac{\partial A}{\partial x} + A \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

但し  $A$  は水路の流水面積なり。

今  $b$  を其の幅,  $q$  を水深とし, 且つ  $b$  を常數とせば

$$A = bq$$

なるを以て

$$v \frac{\partial q}{\partial x} + q \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial t} = 0$$

上式中  $q$  は任意の場所の水深なるを以て,  $r$  を河の流水の方向の平均水深とせば,  $r \pm h$  は任意の場所の波面の河床よりの高さを示すを以て

$$q = r \pm h$$

なり。今波が平均水位より高き場合即ち正符號をとり上式に代入せば

$$\frac{\partial(r+h)}{\partial t} + (r+h) \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial(r+h)}{\partial x} = 0$$

$r$  は假定より平均水深なるを以て一般に  $x$  のみの函數にして, 時間的の變化なし, 即ち  $\frac{\partial r}{\partial t} = 0$ , 故に上式は

$$\frac{\partial h}{\partial t} + r \frac{\partial r}{\partial x} + h \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial r}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial x} = 0$$

尙ほ満干潮の差大ならず, 且つ水路の水深き場合には波高  $h$  は水深  $r$  に比し小なり, 且つ波高が比較的小なるを以て  $\partial h / \partial x$  も亦  $\partial r / \partial x$  に比し小なり。故に上式中の  $h \partial v / \partial x$  及び  $v \frac{\partial h}{\partial x}$  を省略して上式を次の如くす可し。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + r \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial r}{\partial x} = 0$$

運河の如き断面の整正なる水路にては, 平均水深は水路の隨所に於て殆ど異なるなきを以て,  $\partial r / \partial x = 0$  となり, 上式は一層簡單となる。即ち

$$\frac{\partial h}{\partial t} + r \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \dots\dots\dots(9)$$

$q = r - h$  の場合をとれば, 第一項は負符號をとるも, 流速  $v$  の方向は  $+h$  の場合と反對の方向に流るゝを以て, 結局上式成立す可し。

(9) 式は所要の連続の方程式にして, 本式と運動の方程式 (8) とによりて水路に於ける水の運動を決定せんとす。

## 第二章 潮波による流速及び波高

### 第一節 潮波による流速

前章に於て得たる運動及び連続の方程式より相距る 2 點間の流速の關係を知る爲に, (8) 及び (9) 式より  $h$  を消去せんに (8) 式に  $\partial / \partial t$  を, (9) 式に  $g \frac{\partial}{\partial x}$  を乗じ減法により下式を得。

$$\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} - gr \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \omega \tan \theta \frac{\partial v}{\partial t} = 0 \quad \dots\dots\dots (10)$$

本式は  $v$  に就き直線式なり。而して之れが解としては (但し常數項  $v_0$  を省略す),

$$v = \sqrt{g} e^{i\omega t \pm (i\gamma + \sigma)x} \quad \dots\dots\dots (11)$$

但し  $\gamma$  は波長  $\lambda$  の逆數に  $2\pi$  を乘じたるもの, 即ち  $\gamma = 2\pi/\lambda$ ,  
 $\lambda$  は振幅が距離により減少する割合を示す常數なり。

と置く。

さて (10) 式に  $\frac{\partial v}{\partial t}$ ,  $\frac{\partial^2 v}{\partial t^2}$ ,  $\frac{\partial v}{\partial x}$ ,  $\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}$  の値を代入せば,

$$(i\omega)^2 - gr(i\gamma + \sigma)^2 + i\omega^2 \tan \theta = 0$$

或は

$$gr(-\gamma^2 + 2i\gamma\sigma + \sigma^2) = i\omega^2 \tan \theta - \omega^2$$

實數部分と虚數部分とを分離して各相等しと置けば, 實數に對しては

$$\gamma^2 - \sigma^2 = \frac{\omega^2}{gr}$$

又虚數部分に對しては

$$2\gamma\sigma = \frac{\omega^2 \tan \theta}{gr}$$

尙ほ

$$\begin{aligned} (\gamma^2 + \sigma^2)^2 &= (\gamma^2 - \sigma^2)^2 + (2\gamma\sigma)^2 \\ &= \left(\frac{\omega^2}{gr}\right)^2 + \frac{\omega^4 \tan^2 \theta}{g^2 r^2} \\ &= \frac{\omega^4}{g^2 r^2 \cos^2 \theta} \end{aligned}$$

或は

$$\gamma^2 + \sigma^2 = \frac{\omega^2}{gr \cos \theta} \quad \dots\dots\dots (12)$$

故に

$$\begin{aligned} 2\gamma^2 &= \frac{\omega^2}{gr} \left(1 + \frac{1}{\cos \theta}\right) \\ &= \frac{2\omega^2}{gr \cos \theta} \cos^2 \frac{\theta}{2} \end{aligned}$$

及び

$$\begin{aligned} 2\lambda^2 &= \frac{\omega^2}{gr} \left(\frac{1}{\cos \theta} - 1\right) \\ &= \frac{2\omega^2}{gr \cos \theta} \sin^2 \frac{\theta}{2} \end{aligned}$$

之れ等より, 但し正號のみを採るものとす。

$$\left. \begin{aligned} \gamma &= \frac{\omega}{\sqrt{gr \cos \theta}} \cos \frac{\theta}{2} \\ \sigma &= \frac{\omega}{\sqrt{gr \cos \theta}} \sin \frac{\theta}{2} \\ \lambda &= 2\pi/\gamma \\ &= \frac{2\pi \sqrt{gr \cos \theta}}{\omega \cos \frac{\theta}{2}} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (13)$$

(13) 式の値を (11) 式に代入せば、

$$v = \sqrt{e}^{\pm \frac{\omega}{\sqrt{gr} \cos \theta} \sin \frac{\theta}{2} x} e^{i(\omega t \pm \frac{\omega}{\sqrt{gr} \cos \theta} \cos \frac{\theta}{2} x)} \dots \dots \dots (11)_1$$

本式は潮波が水路内を進行する場合に  $x$  點に於ける  $t$  なる時刻の流速を示すものなり。次章に於て述べる如く潮汐が正弦曲線運動をなす場合には、水路の水の流速曲線も亦正弦曲線運動をなす。而して其の最大流速が  $V$  にして、其の地點より  $x$  距離の地點の流速が  $v$  なり。尙ほ其の負符號は  $x$  の正の方向に、正符號は負の方向に進行する場合なり。

今 (11) 及び (11)<sub>1</sub> 式の  $e$  の後の因子を三角函數に直し、且つ實數部のみを探りたる場合の  $x$  の正の方向に進む流速の式は次の如し。

$$\left. \begin{aligned} v &= V e^{-\sigma x} \cos(\omega t - \gamma x) \\ \text{或は} \quad v &= V e^{-\frac{\omega}{\sqrt{gr} \cos \theta} \sin \frac{\theta}{2} x} \cos\left(\omega t - \frac{\omega}{\sqrt{gr} \cos \theta} \cos \frac{\theta}{2} x\right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (14)$$

上式に於て  $V$  は符號に關せず流速の最大値をとる。而して  $e^{-\sigma x}$  は常に正なるを以て、 $v$  の性質は  $\cos(\omega t - \gamma x)$  により次の如くして決定せらる。

第一 表			
$(\omega t - \gamma x)$ の値	餘弦の性質	$v$ の方向	摘 要
$0 \sim \frac{\pi}{2}$	正	正 流	正流とは $-x$ の
$\pi/2 \sim \pi$	負	逆 流	方向に流るゝ場
$\pi \sim 3\pi/2$	負	逆 流	合なり
$3\pi/2 \sim 2\pi$	正	正 流	

$x=0$  の地點に於ては

$$v = V \cos \omega t \dots \dots \dots (14)_1$$

檢潮機の設置場所が海岸なる場合には、水路内に進入せし潮波は必ずしも海岸と  $\gamma x$  丈けの位相の差の運動に非ずして、 $(\gamma x + \varphi)$  の差となる可し、之れ河尻の開敞の状況、河床の不規則等の爲なり。故に此の場合には (14) 式は次の形をとる。

$$v = V e^{\pm \sigma x} \cos\{\omega t \pm (\gamma x + \varphi)\} \dots \dots \dots (14)_2$$

(14) 及び (14)<sub>1</sub> 式は規則正しき横断面を有する無限延長の眞直且つ河底勾配零なる水路に適用せらる可きものにして若し水路延長が有限なるか、又は其の他端に湖沼の如き廣き水面を有する場合には其の他端に於ての流速は幾分異なる結果を將來するものなり。

### 第二節 波 高

連続條件式 (9) に於て流速  $v$  の一般の形は

\*



$$v = V_1 e^{i\omega t + (i\gamma + \sigma)x} + V_2 e^{i\omega t - (i\gamma + \sigma)x} \dots \dots \dots (15)$$

但し  $V_1$  及び  $V_2$  は茲に於ては單なる意味の常數とす、其の水理的意味は後に於て決定す。

此の値を (9) 式に代入せば

$$-\frac{\partial h}{\partial t} = r \frac{\partial v}{\partial x}$$

$$= V_1 r (i\gamma + \sigma) e^{i\omega t + (i\gamma + \sigma)x} - V_2 r (i\gamma + \sigma) e^{i\omega t - (i\gamma + \sigma)x}$$

$t$  に關して積分せば

$$h = -\frac{V_1 r (i\gamma + \sigma)}{i\omega} \left[ e^{i\omega t + (i\gamma + \sigma)x} \right]_{t=0}^{t=t} + \frac{V_2 r (i\gamma + \sigma)}{i\omega} \left[ e^{i\omega t - (i\gamma + \sigma)x} \right]_{t=0}^{t=t} + K$$

常數項  $K$  に關しては  $h$  が平均水面よりの水位の高低を表はし、且つ週期的に變動するものと假定せるを以て  $K$  は消去せらる、故に上式は次の形をとる。

$$h = H_1 e^{i\omega t + (i\gamma + \sigma)x} + H_2 e^{i\omega t - (i\gamma + \sigma)x}$$

但し

$$\left. \begin{aligned} V_1 &= -\frac{i\omega H_1}{r(i\gamma + \sigma)} = -\frac{i\omega(\sigma - i\gamma)}{r(\gamma^2 + \sigma^2)} H_1 = -\frac{\omega(\gamma + i\sigma)}{r(\gamma^2 + \sigma^2)} H_1 \\ V_2 &= -\frac{i\omega H_2}{r(i\gamma + \sigma)} = \frac{i\omega(\sigma - i\gamma)}{r(\gamma^2 + \sigma^2)} H_2 = \frac{\omega(\gamma + i\sigma)}{r(\gamma^2 + \sigma^2)} H_2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (15)_1$$

但し上式中の  $H_1$  及び  $H_2$  は波の振幅なり。

上式を三角函數に直し、且つ實數部分のみをとり  $x=0$  の場所の波高の最大値を  $H$  とせば、 $x=x$  なる地點に於ての波高は次の如し。

$$h = H e^{\pm \sigma x} \cos(\omega t \pm \gamma x) \dots \dots \dots (16)$$

上式に於て負符號は  $+x$  の方向に波が進む場合なり。

而して  $H$  は波の振幅にして符號に關せず、 $e^{\pm \sigma x}$  は常に正なるを以て  $h$  の性質は次の如くして決定せらる。

第 二 表

$\omega t \pm \gamma x$	cos の性質	$h$ の性質	摘 要
$0 \sim \pi/2$	正	正	平均水位以
$\pi/2 \sim \pi$	負	負	上の波を正
$\pi \sim 3\pi/2$	負	負	とす
$3\pi/2 \sim 2\pi$	正	正	

$x=0$  の地點に於ての波高の式は (16) 式より

$$h = H \cos \omega t \dots \dots \dots (16)_1$$

(16) 及び (16)<sub>1</sub> 式は水路の斷面整正にして、無限延長の眞直且つ河底勾配零なるものに適用せらる可きものにして、若し有限延長なるか又は他端に於て廣き感潮水面に接續する場合には其の水面積が大なるに従ひ實際との誤差益々大となる可し。今水路に於ける流量を  $q$  とせば、沼面の上昇又は降下する高さ  $h$  は  $t$  時間に對しては沼面の面積  $F$  が水位により變化なきものとせば

$$h = \frac{1}{F} \int_0^t q dt$$

となるも、後に述ぶる如く、 $\int_0^l q dt$  の一般の値を見出す事は困難なり。一般に有限延長の場合には波の高さは  $x=x$  の地點に於ては獨り海より上流に進む波の式のみにては完全に定むる能はず、同時に水路の終端より海にも向ふ波即ち反射波 ((15) 式参照) 傳はる可し。尙ほ感潮湖沼に連絡せる場合には以上の外にセーシユによる波も傳はる可し。故に海よりと湖沼よりの双方の波の合成波たらざる可からず。今合成前の海よりの波の高さ及び位相を求めんには、先づ海岸と水路内の  $x=0$  の處の位相の差を  $\varphi_1$  とし、海に向ふ波の位相の差を  $\varphi_2$  とし、水路の全長を  $l$  とし、且つ

$$x' = l - x$$

$H_1'$  = 波が合成せざる前の川尻に於ての波の振幅  
 $H_2'$  = 波が合成せざる前の川頭に於ての波の振幅

とせば、海より水路に進む波の式は

$$h_1' = H_1' e^{-\sigma x} \cos(\omega t - \gamma x - \varphi_1)$$

水路の上流端又は湖沼より海に向ふ波の式は

$$h_2' = H_2' e^{-\sigma x'} \cos(\omega t - \gamma' x' - \varphi_2)$$

にして、合成波の式は兩者の代数和なり。即ち

$$h = h_1' + h_2' = H_1' e^{-\sigma x} \cos(\omega t - \gamma x - \varphi_1) + H_2' e^{-\sigma x'} \cos(\omega t - \gamma' x' - \varphi_2) \dots \dots \dots (17)$$

尙ほ  $\gamma$  及び  $\gamma'$  に関しては水路に固有の流量ある場合に其の流速を  $v_0$  とし、波の傳播速度を  $C$  とせば、

$$\left. \begin{aligned} C - v_0 &= \omega / \gamma \\ C + v_0 &= \omega / \gamma' \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (18)$$

(18) 式に於て  $x=0$  及び  $x'=l$  と置けば、川尻に於ての波の實際の高さを得可し。此の場合の  $h$  を  $h_1$  とせば、

$$h_1 = H_1' \cos(\omega t - \varphi_1) + H_2' e^{-\sigma l} \cos(\omega t - \gamma' l - \varphi_2) \dots \dots \dots (19)$$

同様に  $x=l$  及び  $x'=0$  と置けば、川頭に於ての高さとなる。此の場合の  $h$  を  $h_2$  とせば

$$h_2 = H_1' e^{-\sigma l} \cos(\omega t - \gamma l - \varphi_1) + H_2' \cos(\omega t - \varphi_2) \dots \dots \dots (19)_1$$

今  $H_1^0$  を川尻に於ての波の振幅、 $H_2^0$  を川頭に於てのそれとせば、次式を得。

$$h_1 = H_1^0 \cos \omega t \dots \dots \dots (20)$$

$$h_2 = H_2^0 \cos(\omega t - \Phi) \dots \dots \dots (20)_1$$

故に  $H_1^0$ 、 $H_2^0$ 、 $\omega$  及び  $\Phi$  の 4 値は観測より決定するを得。

偕て (19) 式を展開して

$$h_1 = H_1' \cos \omega t \cos \varphi_1 + H_2' e^{-\sigma l} \cos \omega t \cos(\gamma' l + \varphi_2) + H_1' \sin \omega t \sin \varphi_1 + H_2' e^{-\sigma l} \sin \omega t \sin(\gamma' l + \varphi_2)$$

(19) 式と (20) 式とより等置す、而して  $\omega t$  が如何なる値にてもよき故に、 $\sin \omega t$  と  $\cos \omega t$

の係数は兩邊にて夫々相等し、依つて

$$H_1' \cos \omega t \cos \varphi_1 + H_2' e^{-\sigma l} \cos \omega t \cos(\gamma' l + \varphi_2) = H_1^0 \cos \omega t$$

或は  $H_1' \cos \varphi_1 + H_2' e^{-\sigma l} \cos(\gamma' l + \varphi_2) = H_1^0 \dots \dots \dots (21)_1$

$$H_1' \sin \omega t \sin \varphi_1 + H_2' e^{-\sigma l} \sin \omega t \sin(\gamma' l + \varphi_2) = 0$$

或は  $H_1' \sin \varphi_1 + H_2' e^{-\sigma l} \sin(\gamma' l + \varphi_2) = 0 \dots \dots \dots (21)_2$

次に (19)<sub>1</sub> 式を展開して、

$$h_2 = H_1' e^{-\sigma l} \cos(\omega t - \Phi) \cos(\gamma l + \varphi_1 - \Phi) + H_2' \cos(\omega t - \Phi) \cos(\varphi_2 - \Phi) \\ + H_1' e^{-\sigma l} \sin(\omega t - \Phi) \sin(\gamma l + \varphi_1 - \Phi) + H_2' \sin(\omega t - \Phi) \sin(\varphi_2 - \Phi)$$

故に  $H_1' e^{-\sigma l} \cos(\gamma l + \varphi_1 - \Phi) + H_2' \cos(\varphi_2 - \Phi) = H_2^0 \dots \dots \dots (21)_3$

及び  $H_1' e^{-\sigma l} \sin(\gamma l + \varphi_1 - \Phi) + H_2' \sin(\varphi_2 - \Phi) = 0 \dots \dots \dots (21)_4$

斯く (18) 式に對し (21)<sub>1-4</sub> の 4 條件を得たり。是等を解く爲に

$$H_1' \cos \varphi_1 = X, \quad H_1' \sin \varphi_1 = Y, \quad H_2' \cos \varphi_2 = U, \quad H_2' \sin \varphi_2 = V$$

と置けば、(21)<sub>1-4</sub> 式は次の形をとる。

(21)<sub>1</sub>  $X + e^{-\sigma l} \cos \gamma' l U - e^{-\sigma l} \sin \gamma' l V = H_1^0$

(21)<sub>2</sub>  $Y + e^{-\sigma l} \sin \gamma' l U + e^{-\sigma l} \cos \gamma' l V = 0$

(21)<sub>3</sub>  $e^{-\sigma l} \cos(\gamma l - \Phi) X - e^{-\sigma l} \sin(\gamma l - \Phi) Y + \cos \Phi U + \sin \Phi V = H_2^0$

(21)<sub>4</sub>  $e^{-\sigma l} \sin(\gamma l - \Phi) X + e^{-\sigma l} \cos(\gamma l - \Phi) Y - \sin \Phi U + \cos \Phi V = 0$

是等の聯立方程式をデタミナントにて解き且つ

$$\tan \varphi_1 = Y/X, \quad \tan \varphi_2 = V/U$$

により未知數  $H_1'$ ,  $H_2'$ ,  $\varphi_1$  及び  $\varphi_2$  の 4 値を計算することを得。

上式は反射波の場合の如く、双方の波が等しき角速度を有する場合にして、之れが異なる場合は未知數が條件式より多くなるを以て解くを得ず。尚ほ初速なき場合は  $\gamma = \gamma'$  となる。

### 第三節 波の傳播速度

波の傳播速度を  $C$  とせば、(13) 式より

$$C = \frac{\lambda}{T} = \frac{\sqrt{gr \cos \theta}}{\cos \frac{\theta}{2}} \dots \dots \dots (22)$$

河床の摩擦なきものありとせば、 $\theta = 0$ 、故に上式は次の如くなる。

$$C = \sqrt{gr} \dots \dots \dots (22)_1$$

本式は (22) 式の特別の場合にして、河床の摩擦を考慮せざる點異なる。而して従來長波の傳播速度を示す式として用ひられ、其の適用せらるゝ範圍は波長が水深の 5 倍以上にして、波による水の水平運動は表面のみならず河底迄も及ぼすを以て、潮波が水路内を進行する場合には (22) 式を適用するを妥當なりと信ず (寺田博士著海の物理學第 2 版 42 頁参照)。

(22) 式を觀察するに、 $\cos \frac{\theta}{2}$  は常に  $\cos \frac{\theta}{2}$  より小なるを以て摩擦は波の傳播速度を減ぜしむるものなり。

### 第三章 波高と流速との關係

#### 第一節 水面勾配

感潮水路に於ては水面勾配は時々刻々變化する事は前記の如し。今假に特定の時刻  $t_0$  を考へ、其の瞬間に於て水流が定流なりと假定せば、(8) 式の初項は零となり、其の時の流速を  $v_0$  とせば、但し符號は  $h$  の正負により適當に定む。

$$g \frac{\partial h}{\partial x} = \omega v_0 \tan \theta$$

$\partial h / \partial x$  は水面勾配なるを以て之れを  $i$  とせば、

$$\left. \begin{aligned} i &= \frac{\omega v_0}{g} \tan \theta \\ \text{或は (7) 式により} &= k v_0 / g \\ &= 0.849 \frac{V}{c^2 r} v_0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (23)$$

本式より最急勾配は齊流 (uniform flow) としての最大流速の時、即ち  $v_0 = V$  の時にして (23) 式中の  $v_0$  を  $V$  に置換へたる時なり。

#### 第二節 波高による流速の算定

波の高さを檢潮機又は量水標により知り、其の讀數より直ちに其の地點、若しくは  $x$  距離の地點の流速を計算により知らんとす。水理學の諸流速公式は齊流に對するものにして、不定流に適用し得ざるのみならず、熟れも 2 地點の水位を測り、其の水面勾配を基として流速を算出せしも、此の場合に於ては波の振幅及び 1 地點の水位を知りて波に由る流速を得んとす。今 (15) 式の  $V_1$  及び  $V_2$  に (15)<sub>1</sub> 式のその値を代入せば、

$$v = - \frac{\omega(\gamma + i\sigma)}{r(\gamma^2 + \sigma^2)} H_1 e^{i\omega t + (i\gamma + \sigma)x} + \frac{\omega(\gamma + i\sigma)}{r(\gamma^2 + \sigma^2)} H_2 e^{i\omega t - (i\gamma + \sigma)x} \dots \dots \dots (15)_2$$

然るに (12) 及び (13) 式より

$$\frac{\gamma + i\sigma}{\sqrt{\sigma^2 + \gamma^2}} = \cos \frac{\theta}{2} + i \sin \frac{\theta}{2} = e^{i \frac{\theta}{2}}$$

依つて (15)<sub>2</sub> 式は次の如くなる。

$$v = - \frac{\omega H_1}{r\sqrt{\sigma^2 + \gamma^2}} e^{i(\omega t + \frac{\theta}{2} + \gamma x) + \sigma x} + \frac{\omega H_2}{r\sqrt{\sigma^2 + \gamma^2}} e^{i(\omega t + \frac{\theta}{2} - \gamma x) - \sigma x} \dots \dots \dots (24)$$

今上式の  $x$  の正の方向に進む項のみをとり三角函數に直し、且つ虚數部を除外し  $x=0$  即

ち川尻に於ける合成波の振幅を  $H$  とせば、 $x=x$  に於ける波の高さを因子にもつ流速の式は次の如し。

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{\omega H}{r\sqrt{\sigma^2 + \gamma^2}} e^{-\sigma x} \cos\left(\omega t + \frac{\theta}{2} - \gamma x\right) \\
 \text{或は (12) 式により} \quad &= \sqrt{\frac{g}{r}} \cos\theta H e^{-\sigma x} \cos\left(\omega t + \frac{\theta}{2} - \gamma x\right) \dots\dots\dots (25)
 \end{aligned}$$

上式の  $v$  の性質は第三表による。

第 三 表			
$\omega t + \frac{\theta}{2} - \gamma x$	cos の性質	流 向	摘 要
$0 \sim \pi/2$	正	正 流	正流とは $-x$
$\pi/2 \sim \pi$	負	逆 流	の方向に流る
$\pi \sim 3\pi/2$	負	逆 流	$\searrow$ を云ふ
$3\pi/2 \sim 2\pi$	正	正 流	

$x=0$  の點の流速は (25) 式に  $v=0$  と置いて、

$$v = H \sqrt{\frac{g}{r}} \cos\theta \cos\left(\omega t + \frac{\theta}{2}\right) \dots\dots\dots (25)_1$$

是等の式より波の振幅  $H$  を観測せば、 $x$  距離若しくは其の地點に於ての波による特定の時刻の流速を知る。

上式を見るに此の流速は水深の平方根に逆比例す。然るに齊流の流速式に於ては流速は水深の平方根に正比例するを以て、波に依る流速の外に後者による流速なかる可からず。故に整正なる断面の水路を潮波により流るゝ場合には是等兩者の和たらざる可からず。即ち

$$v = c\sqrt{(r \pm h)}i + \sqrt{\frac{g}{r \pm h}} \cos\theta \cos\left(\omega t + \frac{\theta}{2} - \gamma x\right) H e^{-\sigma x} \dots\dots\dots (26)$$

$x=0$  の地點に於ては

$$v = c\sqrt{(r \pm h)}i + H \cos\left(\omega t + \frac{\theta}{2}\right) \sqrt{\frac{g}{r \pm h}} \cos\theta \dots\dots\dots (26)_1$$

上式に (14), (16) 及び (23) 式の関係代入せば、

$$v = c\sqrt{(r \pm H \cos\omega t)} \frac{\omega v_0}{g} \tan\theta + H \cos\left(\omega t + \frac{\theta}{2}\right) \sqrt{\frac{g \cos\theta}{r \pm H \cos\omega t}} \dots\dots\dots (26)_2$$

上式に於ける  $i$  は  $t=t$  の時刻の水面勾配にして、其の時の水深は  $r \pm h$  なり。波高  $h$  が平均水位以下即ち負の場合は正流、正の場合は逆流となる。

上式を觀察するに、流速は

(a) (26) 式の第二項に於ては水深の平方根に逆比例するを以て、水路の流速を殺がんとせば水深を深くせば可なるが如きも、波による流速 (第二項) は第一項の水深の平方根に比例するものに比し甚だ小なるを以て、結局第一項に支配せらる。

(b)  $\cos^{\frac{1}{2}}\theta$  及び  $e$  に比例するを以て、河床面の摩擦を大にする方法をとれば流速を減殺するは無論なり。

(c)  $H$  に比例するを以て、波高き程流速大なり。

第三節 流速、波速及び水位の時間的關係

(a) 潮波による最大流速は最高水位の時に起らず。

流速及び水位は共に週期的に変化をなし、其の状態は (25) 及び (16) 式に示す如くにして兩者の間には位相の差ありて一致せず。即ち其の差は兩式より

$$(\omega t + \theta/2 \pm \gamma x) - (\omega t \pm \gamma x) = \theta/2 \dots \dots \dots (27)$$

即ち潮波による最大流速の起りたる後  $\theta/2$  にして最高低水位起る。故に摩擦の大なる水路程其の懸隔大なり、従て摩擦なき場合ありとせば、兩者は同時に起る可し。

(b) 潮波による最大流速の起る時刻

(25) 式より最大流速の起る時刻は  $t$  に關し微分して零に等しと置けば得らる。即ち

$$t = \frac{\gamma x}{\omega} - \frac{\theta}{2\omega} \dots \dots \dots (28)$$

従て最大流速の式は (24) 式に此の値を代入して波による最大流速を得、次の如し。

$$v = He^{-\sigma x} \sqrt{\frac{g}{r}} \cos \theta \dots \dots \dots (24)_2$$

(c) 最高低水位の起る時刻

(16) 式より最高低水位の起る時刻は  $t$  に關し微分して前同様に得らる。

$$\frac{dh}{dt} = He^{-\sigma x} \omega \sin(\omega t - \gamma x) = 0$$

$$t = \frac{\gamma x}{\omega} \dots \dots \dots (29)$$

此の結果は (22) 式により 2 點間の波の傳播速度より時間を求めると同一なり。最高低水位に關しては

$$h = He^{-\sigma x} \dots \dots \dots (16)_2$$

(d) 最高低水位の時刻と潮波による最大流速の時刻との時差

最高低水位と最大流速との各起る時差を  $t$  とせば、(28) 及び (29) 式より

$$t = \frac{\gamma x}{\omega} - \left( \frac{\gamma x}{\omega} - \frac{\theta}{2\omega} \right) = \frac{\theta}{2\omega} \dots \dots \dots (30)$$

即ち最大流速の起りたる後  $\theta/2\omega$  にして最高低水位が同所に起る事を示す。河床に摩擦なき場合を假想せば  $\theta=0$  なるを以て、兩者は同時に起る事前記の如し。又是等兩者間の距離を  $d$  とせば、

$$d = Ct = \frac{\omega}{\gamma} \frac{\theta}{2\omega} = \frac{\theta}{2\gamma} \dots \dots \dots (31)$$

(e) 最大流速の起る時刻

(26) 式の最大流速の起る時刻を求むるは困難なるも、第二項に關しては (b) に示せる如し。第一項に關しては  $x=0$  の所に於ては  $t=0$  の時最大最小なるを以て、最大流速は  $t=0$  と  $t=\frac{\gamma x}{\omega}-\frac{\theta}{2\omega}$  との間の時刻に於て起る。

### 第四章 潮汐の半週期間内に水路を流るゝ流量

流量は水路の横斷面積と其の時刻に其の斷面を通過する水の流速との相乗積なり。而して潮波の場合には兩者共に變數なる

を以て或時刻に於ての流量を  $q$  と

し、且つ

$H$  = 懸案地點に於ての波の振幅

$h = t$  の時の波の高さ  $= H \cos \omega t$

$A$  = 平均水深  $r$  なる時の水路横斷面積

$b$  = 平均水深  $r$  なる時の水路の水面幅

但し水位により變化なきものと假定す

とせば、

$$q = (A \pm bh) \left\{ c\sqrt{(r \pm h)i} + H\sqrt{\frac{g}{r \pm h}} \cos \theta \cos \left( \omega t + \frac{\theta}{2} \right) \right\}$$

上式に  $h = H \cos \omega t$  及び  $i = \frac{\omega r_0}{g} \tan \theta$  を代入せば

$$q = (A \pm bH \cos \omega t) \left\{ c\sqrt{(r \pm H \cos \omega t) \frac{\omega r_0}{g} \tan \theta} + H\sqrt{\frac{g \cos \theta}{r \pm H \cos \omega t}} \cos \left( \omega t + \frac{\theta}{2} \right) \right\}$$

故に任意の時間内の流量  $\int_0^t q dt$  を求むる事は困難なるを以て、今は潮汐の半週期間を一期としての總流量を求めんとす。而して此の場合には水路の横斷面積も流速も共に半週期間の平均値を見出し、夫れ等の相乗積を以て其の期間内の總流量とす。

(a) 水路横斷面積の潮波の半週期間内の平均値

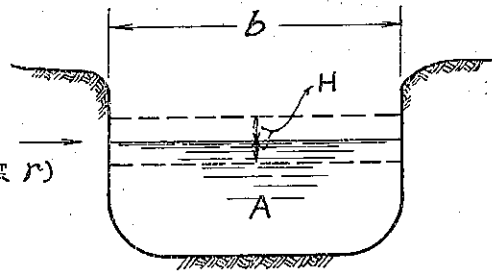
$A_m$  を懸案地點に於ての水路の半週期間の平均横斷面積とせば

$$A_m = A \pm \frac{2bH}{T/2} \int_{\omega t=0}^{\omega t=\frac{\pi}{2}} \cos \omega t dt$$

然るに  $T/2 = \pi/\omega$  なるを以て

$$A_m = A \pm \frac{2bH}{\pi} \dots \dots \dots (32)$$

上式中正號は波面が平均水位より上位にある場合にして、負號は其の下位にある場合なり。



(b) 流速の平均値

$x=0$  なる點に於ての流速の一般式は (25)<sub>1</sub> 式により

$$v = c\sqrt{ri} + \sqrt{\frac{g}{r}} \cos \theta H \cos\left(\omega t + \frac{\theta}{2}\right)$$

上式中  $c\sqrt{ri}$  の内  $r$  は一週期間の平均水深なるを以て、半週期間に對しては (a) の場合の如く、 $r_m$  を平均水深とせば

$$\begin{aligned} r_m &= r \pm \frac{2H}{T/2} \int_0^{T/2} \cos \omega t \, dt \\ &= r \pm 0.6366 H \dots\dots\dots(32)_1 \end{aligned}$$

$i$  に付ては  $v=0$  及び  $v=V$  間の平均勾配をとるものとせば、 $i$  は  $v$  の一乗に比例するの假定 (31) 式なるを以て、その平均は兩者の場合の  $i$  の値の和の  $1/2$  なり。即ち (31) 式により

$$i_m = \frac{0.849}{2} \frac{V^2}{c^2(r \pm H)}$$

$$\begin{aligned} \therefore c\sqrt{r_m i_m} &= c\sqrt{(r \pm 0.6366H) \times 0.4245 \frac{V^2}{c^2(r \pm H)}} \\ &\doteq 0.65 V \left(1 \pm 0.3183 \frac{H}{r}\right) \left(1 \mp 0.5 \frac{H}{r}\right) \end{aligned}$$

二乗項を省略して、

$$\doteq 0.65 V \left(1 \mp 0.1817 \frac{H}{r}\right)$$

上式中の負符號は波面が平均水位以上の場合なり。

第二項に關しては

$$H \sqrt{\frac{g \cos \theta}{r \pm h}} \cos \omega t \doteq H \sqrt{\frac{g}{r}} \cos \theta \left(1 \mp \frac{H}{2r} \cos \omega t\right) \cos \omega t$$

$\cos \omega t$  の二乗項を省略せば、

$$\doteq H \sqrt{\frac{g}{r}} \cos \theta \cos \omega t$$

之れが平均値は

$$\frac{2}{T} \int_0^{\pi} H \sqrt{\frac{g}{r}} \cos \theta \cos \omega t \, dt = 0.6366 H \sqrt{\frac{g}{r}} \cos \theta \dots\dots\dots(32)_2$$

故に半週期間の流速の平均値  $v_m$  は次の如し。

$$v_m = 0.65 V \left(1 \mp 0.1817 \frac{H}{r}\right) + 0.6366 H \sqrt{\frac{g}{r}} \cos \theta \dots\dots\dots(33)$$

(c) 半週期間の總流量

半週期間内に水路の或る斷面を通過する流量を  $Q$  とせば、

$$Q = \frac{T}{2} A_m V_m$$



$$= \left( \frac{\pi}{\omega} A \pm \frac{2bH}{\omega} \right) \left[ 0.65V \left( 1 \mp 0.1817 \frac{H}{r} \right) + 0.6366 H \sqrt{\frac{g}{r} \cos \theta} \right] \dots (34)$$

上式中、上の符號は波面が平均水位以上に在る場合なり。

## 第五章 涸沼川の水位及び流速測定

### 第一節 涸沼及び涸沼川の概説

涸沼は水戸市の南方約2里、大洗の海岸に近き湖沼にして、其の流域面積 29.47 方里、沼の平均幅（南北）約 0.5 里、長さ（東西）約 2 里、其の間2箇所に 6~7 町の幅狭き所あり、水面積は平均水位にて 147 815 000 平方尺（約 0.9 方里）、水深は概して浅く、深き所にて 12 尺餘なり、沼の南北兩方面は高臺、東西兩方面は平地にして、其の西部の平地より來る涸沼川は一旦沼に流入し、其の東北端より再び水路となりて東北に向つて流るゝ事 2 里にして那珂川に合流し、東流 6 町にして磯濱町の祝町にて海に注ぐ。

沼より海に至る間の涸沼川（本文に稱する涸沼川は以下此の區間のみを指す）は川幅上流に於て約 60 間、下流に至るに従ひ幾分擴がり、合流後は急に擴大し、海門橋に於ては其の橋長 135 間あり。河口は平時砂洲の爲に狭められ約 40 間、水深も上流は 20 數尺に及ぶ所あるも、下流に至るに従ひ幾分浅くなり河口に於ては 10 尺にも充たざる時あり。

涸沼と海との連絡水路は涸沼川のみにして、且つ本川には途中支派川もなし、只徳川時代に人工を以て大貫町を横斷して海への直路を開鑿せしも、現今にては完全に閉塞せられ、其の派流點の擴大せられたる水面は船溜として利用せられつゝあり。而して全川を通じ兩岸は概ね田畑にして、水路は横斷圖附圖第三に見る如く概して岸より急に深くなり、葭密生し波打際には豆大乃至寸大の砂利散在し、河底は細砂を混ぜる泥土なり。

本川の特徴とする處は海の満干潮につれて或る時間後、沼面は稍規則正しく上下運動をなすを以て、其の都度水路の水流の方向は或る時間沼に、或る時間海に向つて流れ、其の方向の變換する或る時間は水流の靜止するを見るを以て、恰も上來の理論を實地に試験するの適例なり。但し天然排水路なるを以て幾多の小排水路を沼に受け入ると、水路の屈曲甚だしく且つ横斷面形亦不規則なるを以て、本理論を直ちに適用する場合は幾分の差異を生ずるは勿論なり。

沼に注入する水量は 141.2 立方尺/秒にして第四表の如し。

第 四 表

河川名及び番號	流量(立方尺/秒)	摘 要
前 川 (No. 1)	9.75	
涸沼川 (No. 2)	92.02	沼の西部
3	9.38	

4	1.05	
5	3.72	(1) 本流量測定は茨城縣
6	2.33	土木課にてせられし
7	0.39	も、之れが年月日等
8	10.94	不明
9	2.72	
10	0.11	(2) 本流量は沼以下の濁
11	2.06	沼川の流量に比し小
12	3.42	なるを以て計算に便
13	0.57	する爲、之れを除外
14	2.74	す
合計	14 箇川	141.20

祝町量水標に於ての海面の各種平均潮位は第五表の如し（茨城縣廳の調査による）。

平均満潮位	尺 4.36
平均潮位	1.28
平均干潮位	0.58
満干の平均差	3.78

沼面の平均水位は下石崎量水標の 2.2 尺にして、祝町量水標に換算せば  $2.2 + 0.82 = 3.02$  尺となつて、上記平均潮位に比し 1.74 尺の差ありて沼面が海面より夫れ丈け高き事を示すも、本計算には平均潮位の取り方を異にするを以て之れを考慮せず。

## 第二節 流速曲線

大正 15 年 9 月 20 日より同 21 日に亘り坂本茨城縣土木課長（現福岡縣土木課長）の好意により川庄同縣技師監督の下に梶同縣技手に依り濁沼橋（濁沼川 0 里 25 町附近）の直下流に於て森式流速計を以て濁沼川の横斷面を 7 區に分ち、各區の表面及び水深 0.6 尺の處に於ける流速の測定をなせり。其の結果は附表第一に示すが如し。

測定當日は無風にして、水戸測候所に於ける蒸發量は第六表の如し。

日附	19日	20日	21日	22日
蒸發量	3.2 mm	3.2 mm	5.0 mm	3.5 mm

此の量は濁沼川の流量に比し微量なるを以て計算より除外せり。

測定に際し 1 斷面の觀測所要時間は約 30 分にして此の間に 0.02~0.3 尺の水位の變動あれども、總ての計算には觀測中是不動のものと見做せり。

水路内の流水が方向變換の或る時間、水の靜止狀態所謂憩流時間は時により長短あるも約 40 分と推定せらる。

水流の方向の垂直面内の平均流速の決定方法としては、流速測定に於て

(1) 0.6 水深, (2) 水面

の二方法をとりたるを以て是等兩者を適當に考慮して平均流速を定めんとす。

Hoyt's River Discharge によれば, (1) の方法に對しては “The method is applicable over a wide range of conditions, is easy of executions, and is reasonably accurate for normal flow in the straight reaches of all streams except very deep and very shallow ones.” 又 (2) の方法の適用に關しては “The surface method is used in the measurement of velocity of swift streams, especially at times of freshet, when it is impracticable to sink the meter much below the surface.” とありて, 本川の如き平穩なる水流に對しては前者の方法に重きを置く可きなるも, 測定當日は無風なりしを以て後者の方法に對しても適當なる係數を乘じて用ひたらんには差支なからむ。然らば surface method の場合に用ふ可き係數を如何に定む可きかは同書 (p. 56) の表中の range of depth 及び range of velocity より考ふるも本川に適合す可きやに思料せらるゝを以て (川幅は記載なきを以て比較し得ず), top の場合の平均係數たる 0.87 をとり, 又 0.6 depth に對しても同様 0.99 なる係數をとる事とし, 附表第一の觀測表より附表第二の計算表を得。

以上により流速曲線を得んに附表第二により横軸に時刻を縦軸に流速をとり, 滑かなる曲線にて是等を連結す可し。而して縦軸の正の方向には沼より海へ即ち正流の方向を, 負の方向には海より沼へ即ち逆流の流向を示すものとす。

附圖第二を見るに大體に於て半日の週期を有する事を知るも, 觀測せし時を秋分の最大満干潮の時 (舊曆 8 月 14 日及び 15 日) を選びたるを以て波の形に可なりの不同を來たせるも, 視察により大略後の一週期は前の一週期に比し縦横共に大なり。尙ほ觀測時を 20 日 (舊曆 14 日) の午後 6 時より翌日の午前 6 時に至る 24 時間の毎時觀測なりしを以て, 二週期としては尙ほ 1~2 回の觀測を要せしも, 曲線の傾向週期等より推定して不足せる一觀測を圖上に於て補ふ事とせり。

流速曲線の横軸と交はる點は憩流を意味す可し, 而して實際に於ては前記の如く約 40 分間なるも, 曲線に於ては此の時間を示さず, 而して其の時刻の量水標の高さは必ずしも各時同高ならず, 表示せば第七表の如し。

第七表

日附	時刻	量水標高	摘要
20	午後 6 35	3.74	(1) 濁沼橋標高を視町標高に換算 (以下同)
21	午前 0 25	3.60	(2) 流速曲線圖より流速零の
	“ 5 00	3.71	時刻を出し次に示す水位
	午後 1 40	3.06	

21

午後 7 00

3.60

曲線圖により高さを出す

### 第三節 水位曲線

流速測定の場合に於ける各量水標の毎時観測より其の讀數を縦軸とし、時刻を横軸とせる水位曲線圖（附圖第五参照）を得可し。今之れに使用せし量水標の位置及び其の基準高は第八表の如し（附圖第一参照）。

第 八 表

量水標	位置 (丁杭)	祝町標を基準とせる各標零尺の高さ	記 事
祝 町	0/2	0.000	既設、自記、海門橋の上流、右岸（川尻）
濁沼橋	0/25	+0.898	假設、毎時観測、濁沼橋下流、右岸（中流）
川 口	1/32	+1.402	假設、毎時観測、渡船場、右岸（川頭）
下石崎	沼岸	+0.820	既設、毎時観測

而して是等の観測の結果を表示せば附表第三の如し。但し祝町標に於ては自記圖を縮尺により測りて記入す。

水位曲線圖を視るに第 I 波及び第 III 波共各標の波形は水位の降下しつつある間は滑らかなる波形をとらずして、内方に變形（各細線の波形）せるは沼へ注げる諸小川の流量；反射波セーシュ若しくは 1 日週期の潮波によるか不明なるも、此の場合には變形なきものとして實線の波形をとりて論ぜんとす。

### 第四節 測定より得たる諸數値

流速測定、水位観測、縦斷測量及び横斷測量等により計算上の諸數値を得。而して之れが基準とす可き平均潮位及び平均水位を如何にとる可きか、1 箇年間の水位曲線圖より面積を等分する線、例せば第五章第一節の平均潮位 1.28 尺の如き 9 月 20 日及び 21 日の水位に比し餘りに低きに過ぎ、到底本例の平均水位として利用する能はず、故に測定當日の波にのみ適用し得可き平均水位を求むるを要す。而して本例の 4 波の内

(1) 前 2 波と後 2 波との 2 組と考へ夫々の上下の面積が等しき水平線を求め其の高さを平均水位とする場合

(2) 水流が流向を轉換する時に起る憩流時の水位を連結せる線を平均水位とする場合の二つの場合あり。今假りに前者を面積平均線、後者を憩流平均線と命名す可し、以降是等の二つの場合につき諸數値を求めんとす。但し III 及び IV 波の面積平均線に於ける濁沼橋の場合に見る如く、其の平均線は V 波の最低點に切する如き結果を來たすを以て、此の平均線は場合により満足なる結果を得るに難からむ。

(a) 面積平均水位の高さ及び其の時刻

4波を2組に區別して面積の平均線を求めたるを以て、2平均線が相互に連絡せざる場合の生ずるは當然の結果にして、(b)の場合に比し此の缺點あるを認めざる可からず。

第九表

波→ 量水標 ↓	高	I 及び II			備考 水位曲線圖 附圖第五参照のこと
		時 刻			
		0-I	I-II	II-III	
祝町	尺 3.485	時分 6 45	時分 0 20	時分 5 00	
潤沼橋	尺 3.615	時分 6 57	時分 0 28	時分 5 13	
川口	尺 3.605	時分 7 405	時分 1 20	時分 6 13	
下石崎	尺 3.740	時分 8 36	時分 2 23	時分 8 30	

波→ 量水標 ↓	高	III 及び IV			記事 水位曲線圖 附圖第五参照のこと
		時 刻			
		II-III	III-IV	IV-V	
祝町	尺 2.995	時分 6 00	時分 1 25	時分 7 53	
潤沼橋	尺 3.115	時分 6 30	時分 1 45	時分 9 30	
川口	尺 3.220	時分 8 30	時分 2 35	時分 8 37	
下石崎	尺 3.440	時分 11 30	時分 4 25	時分 9 35	

(b) 憩流平均水位の高さ及び其の時刻

憩流平均水位に對しては潤沼橋に於てのみ流速測定をなせしを以て、憩流時の水位は同橋の所のみ知るを得。故に他の量水標箇所は推定するを要す、其の方法は祝町に就ては潤沼橋の流速曲線の憩流時の前の極水位の兩所の時刻の差と後の極水位の兩所の時差の平均を潤沼橋の憩流時より減じ（川口及び下石崎量水標に對しては加へ）たる時刻を其の箇所の憩流時とす。即ち

第十表

波→ 量水標 ↓	0-I		I-II		II-III		記事 水位曲線 圖参照
	高	時刻	高	時刻	高	時刻	
祝町	尺 3.66	時分 6 20	尺 3.44	時分 0 15	尺 3.66	時分 4 45	
橋	尺 3.74	時分 6 35	尺 3.60	時分 0 25	尺 3.71	時分 5 00	
川口	尺 3.66	時分 7 15	尺 3.60	時分 1 20	尺 3.65	時分 6 00	
下石崎	尺 3.81	時分 8 05	尺 3.76	時分 2 30	尺 3.81	時分 7 30	
波→ 量水標 ↓	III-IV		IV-V				
祝町	尺 2.91	時分 1 20	尺 3.54	時分 6 50			

橋	3.06	1 40	3.60	7 00
川口	3.20	2 30	3.32	8 10
下石崎	3.41	4 10	3.38	10 15

(c) 憩流平均水位の平均高

憩流の場合は第五章第二節の最後に示せる如く、各時同高ならざるに依り計算に便せん爲、第十表の相隣る高さを平均して平均高とす、即ち第十一表の如し。

第十一表

量水標波→	I	II	III	IV
視町	尺 3.55	尺 3.55	尺 3.29	尺 3.23
酒沼橋	3.66	3.66	3.39	3.33
川口	3.63	3.63	3.43	3.26
下石崎	3.79	3.79	3.61	3.40

(d) 兩極水位の高さ及び時刻

水位曲線圖に於て圖式により最高低點を求め、其の高及び時刻を表示せば第十二表の如し。

第十二表

量水標波→	0		I		II	
	時分	尺	時分	尺	時分	尺
視町	3 55	4.50	9 30	2.78	2 55	4.35
橋	4 00	4.30	9 50	3.09	3 00	4.20
川口	4 30	3.91	10 40	3.34	4 00	3.90
下石崎	5 20	3.97	11 30	3.56	5 30	3.93

量水標波→	III		IV		V	
	時分	尺	時分	尺	時分	尺
視町	10 45	1.80	4 30	4.50	10 05	2.35
橋	11 10	2.25	4 45	4.05	10 10	3.10
川口	0 05	2.75	5 30	3.66	11 45	2.90
下石崎	2 00	3.27	6 50	3.60	2 30	3.20

(e) 兩極水位の平均水位よりの高低(潮波の振幅)

(a), (c) 及び (d) より第十三表を得、之れは各量水標地點に於て各波の振幅を示すものなり。

第十三表

標波→	I		II		III		IV	
	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流
視町	-0.71	-0.77	0.87	0.80	-1.20	-1.49	1.51	1.25
橋	-0.53	-0.58	0.59	0.54	-0.87	-1.14	0.94	0.72
川口	-0.27	-0.29	0.29	0.27	-0.47	-0.68	0.44	0.40
下石崎	-0.18	-0.23	0.19	0.14	-0.17	-0.34	0.16	0.20

第十三表中正符號は平均水位以上、負符號は以下を示す。但し振幅としては符號に關する事なし。

(f) 最大流速と其の起りし時刻

流速曲線圖より圖式的に其の最高低點を求めて第十四表を得。

第十四表

	I	II	III	IV	記 事
最大流速	$\frac{\text{尺}}{\text{秒}}$ 1.95	-1.84	3.03	-2.12	正號は沼より海に
其の時刻	$\frac{\text{時}}{\text{分}}$ 9 15	2 50	9 15	4 10	向ふ場合なり

(g) 兩極水位と最大流速との起りし時刻の差

第十五表

	I	II	III	IV	記 事
兩極水位の起りし時刻	$\frac{\text{時}}{\text{分}}$ 9 50	$\frac{\text{時}}{\text{分}}$ 3 00	$\frac{\text{時}}{\text{分}}$ 11 10	$\frac{\text{時}}{\text{分}}$ 4 45	水位曲線圖参照
最大流速の起りし時刻	9 15	2 50	9 15	4 10	流速曲線圖参照
時 差	0 35	0 10	1 55	0 35	

上表より孰れの場合も最大流速の起りたる後に同所に最高低水位の起る事を知る可し。

(h) 波の傳播時間

波の傳播時間は各量水標に於て起りし兩極水位の時刻の差によるものとす(附圖第五水位曲線圖及び(d)参照)。

第十六表

波→ 標 ↓	時→	I		II		III		IV	
		時刻	時差	時刻	時差	時刻	時差	時刻	時差
視 町	橋	$\frac{\text{時}}{\text{分}}$ 9 30	$\frac{\text{時}}{\text{分}}$ 0 20	$\frac{\text{時}}{\text{分}}$ 2 55	$\frac{\text{時}}{\text{分}}$ 0 05	$\frac{\text{時}}{\text{分}}$ 10 45	$\frac{\text{時}}{\text{分}}$ 0 25	$\frac{\text{時}}{\text{分}}$ 4 30	$\frac{\text{時}}{\text{分}}$ 0 15
		9 50	0 50	3 00	1 00	11 10	0 55	4 45	0 45
川 口	下 石 崎	10 40	0 50	4 00	1 30	0 05	1 55	5 30	1 20
		11 30		5 30		2 00		6 50	

時差は波が兩地點を傳播するに要せし時間なり。

(i) 週期及び角速度

附圖第五水位曲線圖に於て平均水位を記入したる場合其の上及び下の波は夫々の各週期の半分宛なりとして週期を出し、夫れを以て  $2\pi$  を除せば角速度を得。

1. 面積平均水位の場合

第十七表

波→ 標 ↓	I		II		III		IV	
	週 期	角速度	週 期	角速度	週 期	角速度	週 期	角速度
視 町	$\frac{\text{秒}}{\text{秒}}$ 40 200	$\frac{-1}{\text{秒}}$ 0.0001563	$\frac{\text{秒}}{\text{秒}}$ 33 600	$\frac{-1}{\text{秒}}$ 0.0001870	$\frac{\text{秒}}{\text{秒}}$ 53 400	$\frac{-1}{\text{秒}}$ 0.0001177	$\frac{\text{秒}}{\text{秒}}$ 46 530	$\frac{-1}{\text{秒}}$ 0.0001350
	橋	40 000	0.0001571	34 200	0.0001837	52 200	0.0001204	55 800

川口	40 200	0.0001563	35 040	0.0001793	43 800	0.0001435	43 440	0.0001446
下石崎	41 640	0.0001509	44 040	0.0001427	35 400	0.0001775	37 200	0.0001689

2. 憩流平均水位の場合

第十八表

波→ 標↓	I		II		III		IV	
	週期	角速度 -1	週期	角速度 -1	週期	角速度 -1	週期	角速度 -1
祝町	42 000	0.0001496	33 000	0.0001904	61 800	0.0001017	39 600	0.0001587
橋	42 000	0.0001496	33 000	0.0001904	62 400	0.0001007	38 400	0.0001636
川口	43 800	0.0001435	33 600	0.0001870	61 200	0.0001027	40 800	0.0001540
下石崎	46 200	0.0001360	37 200	0.0001689	61 200	0.0001027	43 800	0.0001435

(j) 水理水深

附圖第二縦斷圖の各量水標地點に (a) 及び (c) より得たる各平均水位の高さを置き各區間に落差を分配し、夫れ等の高さを横斷圖に置き定法により水理水深を求む。各區間の平均水理水深は次の如し。此の水理水深は平均水深として用ふる事あり。

第十九表

波→ 區↓	I 及び II		III		IV	
	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流
祝町一橋	9.12	9.19	8.81	9.01	8.81	8.97
橋一川口	10.50	10.56	10.33	10.46	10.33	10.39
祝町一川口	10.13	10.19	9.91	10.07	9.91	10.01

(k) 各量水標間の水面勾配

附表第一流速測定表又は水位曲線圖より毎時の各量水標間の落差を得。其の値を相互の距離にて除せば其の時刻に於ての水面勾配を得 (附表第四参照)。

(l) 河積と水位との關係

各種平均水位と潤沼橋に於ての河川の横斷面積を縦横 1/100 圖 (大正 15 年 9 月 20 日測量) より縮尺により第二十表を得。

第二十表

水位	尺	3.12	3.33	3.39	3.62	3.66
河積	平方尺	2 080	2 155	2 175	2 260	2 275

上表の水位は潤沼橋の量水標による又同所に於て水位零尺の水面幅は 338.5 尺なり。



### 第六章 諸公式の適用

#### 第一節 Chézy 式の係数の選定

Chézy 式の係数  $c$  の値は水面勾配に關係ありとせる流速式と然らざるものとの 2 種ありて、齊流の場合の如く水面勾配一定せる場合には孰れを採るも差支なからむも、水面勾配が時々刻々に變動する場合に  $c$  の値を決定せんとせば、自然水面勾配を因子に含まざる公式に依らざる可からず。依つて Bazin 式を用ひんとす、即ち

$$c = \frac{157.6}{1 + m/\sqrt{r}} \text{ (單位呎)}$$

に於て河床の粗率  $m$  の値を King (Liddell's stream gaging p. 176) の earth canals m good condition 中の good の場合の値 1.25 をとり、水理水深は總ての水位の場合に渉る平均値として 10 尺をとり、上式より  $c$  の値を計算せば約 110 となる。然るに大河に於ては  $c$  は水面勾配の増すと共に減じ、小川に於ては水面勾配の増すと共に増すを原則とするも、小川の場合は大河の場合の如く其の率甚だ大ならず (Bovey's Hydraulics p. 146)、故に本川の場合には勾配に差異あるも小川なるを以て常に  $c$  を常數と考ふる事とす。然し此の値の適用は水流に關する方面即ち水面勾配、流速 (定流としての) 等に用ひ、波に對する方面は實際に適合す可く先づ以て其の 1/2 位をとりて  $c=55$  とす。

#### 第二節 相距る二點間の波高の關係

(16) 式 
$$h = He^{-\sigma x} \cos(\omega t - \gamma x)$$

を適用するには祝町標の所在地點を  $x=0$  とす、同所は河尻を距る約 3 町にして、地勢上全く河川の形を成す部分に在り、然れ共那珂川との合流點より下流に在るの缺點あり、距離を測るには祝町標より始め合流點に關せず上流に向ひ丁杭に従ふ、縦斷圖に見る如く潤沼橋標に於て  $x=11\ 000$  尺、上流川口標は沼岸を下流に距る約 3 町にして  $x=26\ 300$  尺 (潤沼橋標川口標間 15 300 尺) なり。尙ほ  $-x$  の方向 (沼より海に向ふ) の場合を正流とし、 $+x$  の方向 (海より沼に向ふ) の場合を逆流として上式を使用す。方向に關して今後總て之れに倣ふ、又波の最高及び最低點に對しては下式となる。

$$h = He^{-\sigma x}$$

但し 
$$\sigma = \frac{\omega}{\sqrt{gr \cos \theta}} \sin \frac{\theta}{2} \dots\dots\dots(16)_2$$

本式中の  $H$ ,  $\omega$ ,  $r$  及び  $\theta$  等の値に測定より得たる前節の數値を面積及び憩流平均水位の場合に夫れに適用して、祝町又は潤沼橋標の波高が潤沼橋又は川口標に進める時何程の波高となるかを檢せんとす。

(a) 祝町標・酒沼橋標間 (距離  $l=11000$  尺)

第二十一表

波→	I		II		III		IV		記 事
	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流	
水位別→									
$r$	9.12	9.19	9.12	0.19	8.81	9.01	8.81	8.97	第五章第四節(j)による
$H$	0.71	0.77	0.97	0.80	1.20	1.49	1.51	1.25	同上(c)による
$\omega$	0.0001563	0.0001498	0.0001870	0.0001904	0.0001177	0.0001017	0.0001350	0.0001587	同上(d)祝町の値
$V$	1.95		1.84		3.03		2.12		同上(f)
$k$	0.001931865	0.001911585	0.001822888	0.001805752	0.003103750	0.00809606	0.00217800	0.00219484	$c=55'$
$\tan \theta$	12.56	12.78	9.748	9.47	26.37	28.95	16.09	15.45	$\tan \theta = k/\omega$
$\theta$	85°23'	85°32'	84°09'	83°58'	87°50'	88°05'	86°27'	85°45'	
$\sqrt{gr \cos \theta}$	4.882	4.801	5.471	5.375	3.274	3.114	4.191	4.628	$g=32.2$
$\frac{\omega}{\sqrt{gr \cos \theta}}$	0.00003215	0.0000312	0.00003418	0.0000341	0.00003595	0.0000327	0.0000322	0.0000348	
$\sigma$	0.00002160	0.00002118	0.0000234	0.00002281	0.0000249	0.00002274	0.0000220	0.00002332	$\sigma = \frac{\omega}{\sqrt{gr \cos \theta}} \sin \frac{\theta}{2}$ (12) 式
$\sigma l$	0.2398	0.2390	0.2404	0.2510	0.2739	0.2501	0.2420	0.2565	$l=11000R$
$e^{-\sigma l}$	0.78680	0.79215	0.78161	0.77802	0.75709	0.77872	0.78505	0.77375	
$h$	0.56	0.61	0.68	0.62	0.91	1.16	1.18	0.96	標に於ての計算波高
観測高	0.53	0.58	0.59	0.54	0.87	1.14	0.94	0.72	標に於て

(b) 酒沼橋標・川口標間 (距離  $l=15300$  尺)

第二十二表

波→	I		II		III		IV		記 事
	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流	
水位別→									
$r$	10.50	10.56	10.50	10.56	10.33	10.46	10.53	10.39	酒沼橋に於て
$H$	0.53	0.58	0.59	0.54	0.87	1.14	0.94	0.72	
$\omega$	0.0001571	0.0001498	0.0001837	0.0001904	0.0001204	0.0001097	0.0001126	0.0001637	
$k$	0.001677	0.00168842	0.001582	0.00157430	0.002650	0.00261781	0.001854	0.00164355	
$\tan \theta$	10.61	11.152	8.61	8.288	22.01	25.991	16.51	11.261	
$\theta$	84°37'	84°53'	83°23'	83°06'	87°24'	87°48'	86°32'	84°56'	
$\sqrt{gr \cos \theta}$	5.031	5.506	6.235	6.388	3.810	3.595	4.484	5.435	
$\frac{\omega}{\sqrt{gr \cos \theta}}$	0.0000279	0.0000272	0.0000295	0.0000296	0.0000316	0.0000289	0.0000251	0.0000301	
$\sigma$	0.00001378	0.00001334	0.00001982	0.00001977	0.00002188	0.00001942	0.00001720	0.00002032	
$\sigma l$	0.2373	0.2306	0.3001	0.3025	0.3340	0.2971	0.2632	0.3109	
$e^{-\sigma l}$	0.75028	0.75533	0.74074	0.73896	0.71605	0.74296	0.76859	0.73278	
$h$	0.40	0.44	0.43	0.40	0.62	0.85	0.72	0.53	
観測高	0.27	0.29	0.29	0.27	0.47	0.68	0.44	0.40	

これ等の結果を見るに (a) の場合に比し (b) の場合に誤差大に且つ観測値が常に計算値より小なるは水路の屈曲多きと沼の廣き水面積の影響を受くる爲めなり。

第三節 波の傳播速度

(22) 式  $C = \omega/\gamma = \frac{\sqrt{gr \cos \theta}}{\cos \theta/2}$

により第二十三表を得。但し固有水量による流速を省略す。

(a) 祝町標及び酒沼橋標間

第二十三表

波→	I		II		III		IV		記 事
	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流	
$V$		尺/秒 +1.95		-1.84		+3.03		-2.12	第五章第四節(f)による酒沼橋實測最大流速

T	40 200	42 000	33 600	33 000	53 400	61 800	46 560	39 600	同上 (i) による $\sqrt{gr \cos \theta}$ は前節 (a) による $C = \frac{\sqrt{gr \cos \theta}}{\cos \theta / 2}$ $t = \frac{11 000}{60 C}$
C	尺/秒 7.66	6.54	8.53	7.60	4.55	4.33	5.74	6.31	
t	分 24	28	22	24	40	42	32	29	
観測値	分 20		5		25		15		

(b) 澗沼橋標及び川口標間

第二十四表

波→	I		II		III		IV		記 事
	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流	
水位→	40 000	42 000	34 200	33 000	52 200	62 400	55 800	38 400	V は (a) の場合のもの をとる $r, \omega, k, \theta$ 及び $\sqrt{gr \cos \theta}$ は前節 (b) による, $t = \frac{15 300}{60 C}$
T	尺/秒 7.60	尺/秒 7.46	8.35	8.53	5.10	5.00	6.16	7.36	
C	分 34	分 34	30	30	50	51	41	35	
t	分 40		50		50		40		

上の計算表を通覧するに、區間毎に比較せば可なりの差異あるを認むるも、兩區間を通じての値は略類似す、下の如し。

第二十五表

波→	I		II		III		IV		記 事
	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流	
計算値	58	62	52	54	90	93	73	64	(a) と (b) との場合の合計分數
實測値	分 70		65		80		60	同	上

尚ほ 5~10 分の誤差は水位圖又は實地の觀測に於ても最高低水位の點を見出すに免れ難き量なりと思料す。

第四節 最高低水位と最大流速との起る時刻の差

第二十六表

	I		II		III		IV		記 事
	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流	
$\theta$	1.4902203	1.4928323	14.686946	1.4654948	1.5329609	1.5373442	1.5088371	1.4966198	(30) 式 $t = \theta / 2\omega$ 祝町、橋間 第二節 (a) の $\theta$ の弧度 計算時差 第五章第二 節 (g)
t	時分 1 19	時分 1 23	1 05	1 05	1 48	2 06	1 27	1 18	
観測時差	分 35		10		時分 1 55		分 35		

上表の觀測時差は本論に所謂齊流と不定流との結合せるもの、最大流速に對するものなるを以て、上表の如く單に波による流速のみと比較するは當を得ず。而して齊流と不定流とは其の最高低點は後者先きなるを以て、兩者を加ふる場合その結果の曲線は對稱的ならず、流速曲線圖に於て見る如く時刻の進む方に緩勾配にして、後の方に急勾配なるを見るは以上の

結果と合致するものなり。

今 (26)<sub>2</sub> 式より最大流速の起る時刻を求むる事は困難なるを以て、齊流と不定流によるものを各別に算出し、上記の實測と對照せんとす。

第二十七表

波→ 平均水位	I		II		III		IV		記 事 公式 (28) $\frac{\gamma r}{\omega} - \frac{\theta}{2\omega}$ 齊流の 最高流速の起りし時刻を時 の標準とす この兩者の結合せる最大流速 時は兩者の中間なる事明かな り 本章第三節 (a) による實際の 時差は此の値に上記の中間の 或る時間を加へたるものなり 第五章第二節 (g)
	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流	面積	憩流	
波による最大流速 の起りし時刻	分 -55	分 -55	-43	-41	-68	-84	-55	-49	最高流速の起りし時刻を時 の標準とす この兩者の結合せる最大流速 時は兩者の中間なる事明かな り 本章第三節 (a) による實際の 時差は此の値に上記の中間の 或る時間を加へたるものなり 第五章第二節 (g)
齊流として最高 流速の起りし時刻	00	00	00	00	00	00	00	00	
水位曲線の最高 流速の起りし時刻	24	28	22	24	40	42	32	29	
觀 測 時 差	35 <sup>分</sup>		10 <sup>分</sup>		1 <sup>時</sup> 55 <sup>分</sup>		35 <sup>分</sup>		

上表に於て II 波に於ては觀測時差小に過ぎ、III 波は大に過ぎるも、I 波に於ては 35 分は計算値の 24 分或は 28 分より大に -55~0 分間に達し、IV 波に於ても觀測値 32 分或は 29 分より大に -55 分或は -49~0 分間に至り合成流速の最大値と合致するを見る可し。

第五節 水面勾配

(23) 式は  $i = \partial h / \partial x$  より誘導せるを以て短距離の間の落差より水面勾配を算定す可きものなるも、實地に於ては相當の距離を取るを要す。本問題の場合の如き非常なる緩勾配に對しては測定に一層の精密度を要す可きにより、尙ほ更ら相當長き距離を取るを要す。而して此の事たるや水路の局部的變化による影響を消去するを以て、反つて水流に相應せる勾配を得るものと思料す。且つ潮波に於ては其の波長非常に長きを以て長距離を取るも差支なし、尙ほ此の場合には量水標の位置により祝町・涸沼橋間及び涸沼橋・川口間の 2 區とせるを以て、橋の附近に於ける流速に對應せる勾配と直ちに對照する能はず。

(a) 祝町標・涸沼橋標間 (距離 11 000 尺)

第二十八表

時刻	波	V	v	r		i		觀測勾配	記 事
				面積	憩流	面積	憩流		
午後 7	I	1.95	0.55	9.10	9.12	0.000008	0.000008	0.000022	公式 (23)
8	"	"	1.61	8.85	8.87	0.000025	0.000025	0.000028	$i = 0.849 \frac{U}{c^2 r} v_0$
9	"	"	1.95	8.65	8.67	0.000031	0.000031	0.000032	但し $c = 110$
10	"	"	1.84	8.60	8.62	0.000029	0.000029	0.000027	
11	"	"	1.42	8.70	8.72	0.000022	0.000022	0.000018	
12	"	"	0.48	9.00	9.02	0.000007	0.000007	0.000010	
1	II	1.84	-0.84	9.30	9.33	0.000012	0.000012	0.000004	
2	"	"	-1.50	9.60	9.63	0.000020	0.000020	0.000005	

3	"	"	-1.84	9.70	9.73	0.000025	0.000024	0.000014
4	"	"	-1.18	9.60	9.63	0.000016	0.000016	0
5	"	"	0	9.20	9.23	0	0	0.000018
6	III	3.03	1.18	8.99	8.92	0.000028	0.000028	0.000027
7	"	"	2.35	8.69	8.62	0.000058	0.000058	0.000033
8	"	"	2.80	8.39	8.32	0.000071	0.000072	0.000039
9	"	"	3.03	8.14	8.07	0.000079	0.000080	0.000044
10	"	"	2.95	8.04	7.97	0.000078	0.000079	0.000044
11	"	"	2.72	7.94	7.87	0.000073	0.000074	0.000041
12	"	"	2.15	7.99	7.92	0.000057	0.000058	0.000027
1	"	"	1.38	8.29	8.22	0.000035	0.000036	0
2	IV	2.12	-0.77	8.99	8.94	0.000013	0.000013	0.000014
3	"	"	-1.71	9.49	9.44	0.000027	0.000027	0.000027
4	"	"	-2.12	9.69	9.64	0.000033	0.000033	0.000036
5	"	"	-1.87	9.74	9.69	0.000029	0.000029	0.000032
6	"	"	-1.39	9.54	9.49	0.000022	0.000022	0.000011
7	"	"	0	9.29	9.24	0	0	0.000013

本表中： $r$ は第五章第四節(j)の祝町標・橋標間の水理水深に波の平均水位よりの高低を加減せるものなり。

(b) 洞沼橋標・川口標間(距離 15300 尺)

第二十九表

時刻	波	V	v	$r$		$z$		観測勾配	記事
				面積	憩流	面積	憩流		
午後 7	I	1.95	0.55	10.48	10.49	0.000007	0.000007	0.000005	公式・同上
8	"	"	1.61	10.23	10.24	0.000021	0.000021	0.000016	
9	"	"	1.95	10.03	10.04	0.000027	0.000027	0.000020	
10	"	"	1.84	9.98	9.99	0.000025	0.000025	0.000017	
11	"	"	1.42	10.08	10.09	0.000019	0.000019	0.000009	
12	"	"	0.48	10.38	10.39	0.000006	0.000006	0.000003	
1	II	1.84	-0.84	10.68	10.70	0.000010	0.000010	0.000016	
2	"	"	-1.50	10.98	11.00	0.000018	0.000018	0.000025	
3	"	"	-1.84	11.08	11.10	0.000021	0.000021	0.000023	
4	"	"	-1.18	10.98	11.00	0.000014	0.000014	0.000013	
5	"	"	0	10.58	10.60	0	0	0.000009	
6	III	3.03	1.18	10.51	10.37	0.000024	0.000024	0.000022	
7	"	"	2.35	10.21	10.07	0.000049	0.000048	0.000031	
8	"	"	2.80	9.91	9.77	0.000060	0.000061	0.000039	
9	"	"	3.03	9.66	9.52	0.000067	0.000068	0.000044	
10	"	"	2.95	9.56	9.42	0.000066	0.000067	0.000044	
11	"	"	2.72	9.46	9.32	0.000061	0.000062	0.000039	

時刻	波	V	v	r		i		観測勾配	記事
				面積	憩流	面積	憩流		
12	"	"	2.15	9.51	9.37	0.000048	0.000049	0.000029	
1	"	"	1.38	9.81	9.67	0.000030	0.000030	0.000014	
2	IV	2.12	-0.77	10.51	10.36	0.000011	0.000011	0.000017	
3	"	"	-1.71	11.01	10.86	0.000023	0.000023	0.000029	
4	"	"	-2.12	11.21	11.06	0.000028	0.000029	0.000029	
5	"	"	-1.87	11.26	11.11	0.000025	0.000025	0.000026	
6	"	"	-1.39	11.06	10.91	0.000019	0.000019	0.000016	
7	"	"	0	10.81	10.66	0	0	0.000003	

以上の結果より観測値と対照するに、流速小なる時は観測値と計算値とは稍一致せるも、流速大なる場合には其の差異大なり。換言せば、観測勾配を以て齊流として流速を出さば其の結果は實際の流速より小なる事を示すものにして、勾配小なる間は稍一致するも大なるに従ひ其の差異大となる、之れ波による流速を加算せざる可からざる所以なり。後節流速の場合に實測と計算値とを比較せば猶ほ明瞭なり。

### 第六節 流速

波高を観測せる地點に於て  $t$  時の流速を得んには (26)<sub>1</sub> 式による。

$$v = c\sqrt{(r \pm h)i} + H \cos\left(\omega t + \frac{\theta}{2}\right) \sqrt{\frac{g}{r \pm h} \cos\theta} \dots \dots \dots (26)_1$$

本式により洞沼橋に於ての毎時の流速を求め實測の結果と対照せんとす。先づ右邊の第一項より計算せんに、 $c$  は上來通り 110 とし、 $r \pm h$  は各時刻の水利水深なる可きも便宜上前節の如く水利水深に夫々の時刻の波の高低を加減したるものにとり、 $i$  は前節の水面勾配をとるものとす。

(a) 面積平均水位の場合

第三十表 (其一)

日	時刻	r 尺	平均 水位	水位	±h	r±h	110√(r±h)i		H	θ	ω	t 秒	ωt
							計算 i	實測 i					
20 午後	7	9.12	3.62	3.60	-0.02	9.10	0.297	1.555	0.53	85° 23'	0.0001571	-10 200	-1.60242
	8	"	"	3.35	-0.27	8.85	1.639	1.732	"	"		- 6 600	-1.03686
	9	"	"	3.15	-0.47	8.65	1.800	1.830	"	"		- 3 000	-0.47130
	10	"	"	3.10	-0.52	8.60	1.735	1.676	"	"		600	0.09426
	11	"	"	3.20	-0.42	8.70	1.520	1.375	"	"		4 200	0.65982
21 午前	12	"	"	3.50	-0.12	9.00	0.873	1.048	"	"		7 800	1.22538
	1	"	"	3.80	0.18	9.30	-1.228	-0.608	0.59	84° 09'	0.0001837	11 040	2.028048
	2	"	"	4.10	0.48	9.60	-1.524	-0.762	"	"		14 640	2.689368
	3	"	"	4.20	0.58	9.70	-1.706	-1.282	"	"		18 240	3.350688
	4	"	"	4.10	0.48	9.60	-1.364	0	"	"		21 840	4.012008

5	9.12	3.62	3.70	0.08	9.20	0	1.414	0.59	84° 09'		25 440	4.673328
6	8.81	3.12	3.30	0.18	8.99	1.745	1.713	0.87	87° 50'	0.0001204	....	....
7	"	"	3.00	-0.12	8.69	2.470	1.861	"	"		-15 000	- 1.8060
8	"	"	2.70	-0.42	8.39	2.684	1.991	"	"		-11 400	-1.37256
9	"	"	2.45	-0.67	8.14	2.790	2.181	"	"		- 7 800	-0.93912
10	"	"	2.35	-0.77	8.04	2.754	2.068	"	"		- 4 200	-0.50568
11	"	"	2.25	-0.87	7.94	2.648	1.983	"	"		600	-0.07224
12	"	"	2.30	-0.82	7.99	2.347	1.615	"	"		3 000	-0.36120
午後 1	"	"	2.60	-0.52	8.29	1.873	0	"	"		6 600	-0.79464
2	"	"	3.30	0.18	8.99	-1.189	-1.234	0.94	86° 27'	0.0001126	13 500	1.52010
3	"	"	3.80	0.68	9.49	-1.760	-1.760	"	"		17 100	1.92546
4	"	"	4.00	0.88	9.69	-1.966	-2.043	"	"		20 700	2.33081
5	"	"	4.05	0.93	9.74	-1.848	-1.942	"	"		24 300	2.73618
6	"	"	3.85	0.73	9.54	-1.592	-1.127	"	"		27 900	3.14154
7	"	"	3.60	0.48	9.29	0	1.210	"	"		31 500	3.54690

- 上表中： (1) 計算  $i$  は第六章第五節 (a) による、但し祝町橋標間をとりたり  
 (2) 實測  $i$  は附表第四による。  
 (3)  $H$  は第五章第四節 (e) 酒沼橋標に於ての値  
 (4)  $\theta$  は第六章第二節 (a) の場合による  
 (5)  $\omega$  は第五章第四節 (i) 橋に於ての値  
 (6)  $t$  のとり方は酒沼橋標の水位曲線に於ての最高低點を起點とす

第三十表 (其二)

日	時刻	$\omega t + \theta/2$	$\cos(\omega t + \theta/2)$	$\sqrt{\frac{g}{r \pm h}} \cos \theta$	$H \cos(\omega t + \theta/2)$ $(\sqrt{\frac{g}{r \pm h}} \cos \theta)$	$v$ 尺/秒		
						計算 $i$	實測 $i$	観測流速
20	午後 7	-49° 07'	0.65452	0.534	0.185	0.482	1.740	0.550
	8	-16 43	0.95774	0.541	0.275	1.914	2.007	1.614
	9	15 42	0.96269	0.548	0.280	2.080	2.110	1.951
	10	48 06	0.66783	0.549	0.195	1.930	1.871	1.837
	11	80 30	0.16505	0.546	0.048	1.568	1.423	1.421
21	12	112 54	-0.38912	0.537	-0.123	0.750	0.920	0.484
	午前 1	158 17	-0.92903	0.594	-0.326	-1.554	-0.934	-0.797
	2	196 10	-0.96046	0.585	-0.331	-1.855	-1.093	-1.504
	3	234 04	-0.58684	0.582	-0.202	-1.908	-1.484	-1.835
	4	271 57	0.03403	0.585	0.012	-1.352	0.012	-1.183
	5	309 49	0.64033	0.597	0.226	0.226	1.640	0
	6							1.179
	7	-59 34	0.50654	0.375	0.165	2.635	2.026	2.346
	8	-34 43	0.82198	0.381	0.273	2.957	2.264	2.800
	9	- 9 54	0.98511	0.387	0.331	3.121	2.512	3.033
10	14 57	0.96615	0.389	0.327	3.081	2.395	2.953	

日	時刻	$\omega t + \theta/2$	$\cos(\omega t + \theta/2)$	$\sqrt{\frac{g}{r \pm h}} \cos \theta$	$H \cos(\omega t + \theta/2)$ $(\sqrt{\frac{g}{r \pm h}} \cos \theta)$	$v$ 尺/秒		
						計算 $i$	實測 $i$	観測流速
21	11	48 03	0.66848	0.392	0.228	2.876	2.211	2.716
	12	64 37	0.42867	0.390	0.145	2.492	1.760	2.151
	午後 1	89 27	0.00960	0.383	0.003	1.876	0.003	1.383
	2	130 20	-0.64723	0.471	-0.287	-1.476	-1.521	-0.774
	3	153 33	-0.89532	0.458	-0.386	-2.146	-2.146	-1.710
	4	176 47	-0.99842	0.454	-0.426	-2.392	-2.469	-2.120
	5	200 00	-0.93969	0.452	-0.400	-2.248	-2.342	-1.870
6	223 14	-0.72857	0.458	-0.314	-1.906	-1.441	-1.386	
7	246 29	-0.39902	0.463	-0.174	-0.174	1.036	0(?)	

(b) 憩流平均水位の場合

第三十表 (其一)

日	時刻	$r$ 尺	平均 水位 尺	水位	$\pm h$	$r \pm h$	$110\sqrt{(r \pm h)}i$		$H$	$\theta$	$\omega$	$t$ 秒	$\omega t$
							計算 $i$	實測 $i$					
20	午後 7	9.19	3.67	3.60	-0.07	9.12	0.297	1.555	0.58	85° 32'	0.0001496	-10 200	-1.52590
	8	"	"	3.35	-0.32	8.87	1.636	1.732	"	"	"	- 6 600	-0.98736
	9	"	"	3.15	-0.52	8.67	1.804	1.831	"	"	"	- 3 000	-0.44880
	10	"	"	3.10	-0.57	8.62	1.739	1.679	"	"	"	600	0.08976
	11	"	"	3.20	-0.47	8.72	1.522	1.378	"	"	"	4 200	0.62832
	12	"	"	3.50	-0.17	9.02	0.874	1.043	"	"	"	7 800	1.16688
21	午前 1	"	3.66	3.80	0.14	9.33	-1.164	-0.669	0.54	83° 58'	0.0001904	11 400	2.17056
	2	"	"	4.10	0.44	9.63	-1.527	-0.762	"	"	"	15 000	2.85600
	3	"	"	4.20	0.54	9.73	-1.681	-1.283	"	"	"	18 600	3.54144
	4	"	"	4.10	0.44	9.63	-1.364	0	"	"	"	22 200	4.22688
	5	"	"	3.70	0.04	9.23	0	1.417	"	"	"	25 800	4.91232
	6	9.01	3.39	3.30	-0.09	8.92	1.733	1.707	1.14	88° 05'	0.0001007	-18 600	-1.87302
	7	"	"	3.00	-0.39	8.62	2.459	1.855	"	"	"	-15 000	-1.51050
	8	"	"	2.70	-0.69	8.32	2.692	1.982	"	"	"	-11 400	-1.14798
	9	"	"	2.45	-0.94	8.07	2.794	2.072	"	"	"	- 7 800	0.78546
	10	"	"	2.35	-1.04	7.97	2.759	2.058	"	"	"	- 4 200	-0.42294
	11	"	"	2.25	-1.14	7.87	2.654	1.975	"	"	"	600	0.06042
	12	"	"	2.30	-1.09	7.92	2.357	1.609	"	"	"	3 000	0.30210
午後 1	"	"	2.60	-0.79	8.22	1.892	0	"	"	"	6 600	0.66462	
2	8.97	3.30	3.33	-0.03	8.94	-1.185	-1.230	0.72	85° 45'	0.0001636	12 300	2.01228	
3	"	"	3.80	0.47	9.44	-1.659	-1.659	"	"	"	15 900	2.60124	
4	"	"	4.00	0.67	9.64	-1.961	-2.049	"	"	"	19 500	3.19020	
5	"	"	4.05	0.72	9.69	-1.843	-1.936	"	"	"	23 100	3.77916	
6	"	"	3.85	0.52	9.49	-1.588	-1.122	"	"	"	26 700	4.36812	
7	"	"	3.60	0.27	9.24	0	1.204	"	"	"	30 300	4.95708	



第三十表 (其二)

日	時刻	$\omega t + \theta/2$	$\cos(\omega t + \theta/2)$	$\sqrt{\frac{g}{r \pm h}} \cos \theta$	$H \cos(\omega t + \theta/2)$	$v$ 尺/秒			
					$(\sqrt{\frac{g}{r \pm h}} \cos \theta)$	計算 $i$	實測 $i$	観測流速	
20	午後	7	-44° 40'	0.71121	0.524	0.216	0.513	1.771	0.55 (0?)
		8	-13 48	0.97182	0.532	0.300	1.936	2.032	1.614
		9	17 03	0.95605	0.538	0.298	2.102	2.129	1.951
		10	47 55	0.67021	0.539	0.210	1.949	1.889	1.837
		11	78 49	0.19395	0.536	0.060	1.583	1.438	1.421
21	午前	12	109 37	-0.33573	0.527	-0.113	0.761	0.930	0.484
		1	166 20	-0.97169	0.609	-0.320	-1.484	-0.989	-0.797
		2	205 37	-0.90171	0.593	-0.289	-1.816	-1.051	-1.504
		3	244 54	-0.42420	0.590	-0.135	-1.816	-1.418	-1.835
		4	284 10	0.24474	0.593	0.079	-1.285	0.079	-1.183
		5	323 26	0.80316	0.606	0.263	0.263	1.680	0
		6	-63 16	0.44932	0.347	0.178	1.916	1.885	1.179
		7	-42 30	0.73728	0.354	0.298	2.757	2.153	2.346
		8	-21 43	0.92903	0.360	0.382	3.074	2.364	2.800
		9	- 1 15	0.99976	0.365	0.416	3.210	2.488	3.033
		10	19 49	0.94078	0.368	0.395	3.154	2.453	2.953
		11	40 35	0.75946	0.370	0.320	2.974	2.295	2.716
		12	61 22	0.47920	0.369	0.202	2.559	1.811	2.151
午後	1	82 08	0.13687	0.362	0.057	1.949	0.057	1.333	
	2	158 11	-0.92838	0.517	-0.345	-1.530	-1.575	-0.774	
	3	191 56	-0.97839	0.503	-0.354	-2.013	-2.009	-1.710	
	4	225 40	-0.69883	0.498	-0.251	-2.212	-2.300	-2.120	
	5	259 25	-0.18367	0.496	-0.139	-1.982	-2.075	-1.870	
	6	293 10	0.39341	0.447	0.127	-1.715	-1.249	-1.386	
	7	326 54	0.83772	0.508	0.306	0.306	1.51	0 (?)	

以上の結果より内港と外港とを連絡する如き水路の設計に際し其の流速を計算せんには

1. 可航最高流速  $V$  [(5)式] 及び Chézy 式の粗率  $c$  (波の場合の値) を先づ決定し、水路の水深  $r$  を適當に定めて (6)<sub>2</sub> 式により  $h$  を求む。

2. 勾配の式 (23) より  $i$  を得、但し最大流速  $v = V$  の場合をとる。

3. Chézy 式の粗率  $c$  (水流の場合の値) を 1. の場合とは別に定めて齊流としての流速を計算す、此の式にて豫め  $r$  及び  $c$  の適否を大體決定す、即ち (26) 式右邊第一項。

4. 懸案地點の波高により流速を算出す、即ち (26) 式右邊第二項、此の値と 3. の場合の値とを合計して潮波の流速とす。

5. 前項の潮波の値が假定の  $V$  よりも餘りに大となる場合は、工法上河岸及び河床を粗にして  $c$  をなる可く小となし、且つ水深  $r$  をなる可く浅くし、反對に流速が假定より小とな

る場合はその流速に従ふか河岸及び河床を滑らかとなし水深を深くす可し。

第七節 潮汐の半週期間に水路を通過する流量

潤沼橋標の断面を通過する潮汐の半週期間の流量を求めんに

$$I. \quad Q = \left( \frac{\pi}{\omega} A + \frac{2bH}{\omega} \right) \left[ 0.65 V \left( 1 - 0.1817 \frac{H}{r} \right) + 0.6366 H \sqrt{\frac{g}{r} \cos \theta} \right] \dots \dots (34)$$

但し  $H$  は平均線より上なる時正、下なる時は負符號をとる。

を用ふる場合。

(a) 面積平均水位の場合

第三十二表

	I	II	III	IV	記 事
$\omega$	0.0001571	0.0001837	0.0001204	0.0001126	第五章第四節 (i) 橋に於て
$A$	2 260(水位 3.'62)	2 260 ( " )	2 080(水位 3.'12)	2 080 ( " )	
$\pi A/\omega$	45 200 000	38 646 000	54 288 000	58 032 000	
$b$	377 尺	377	377	377	常數なりとす
$H$	-0.53	0.59	-0.87	0.94	第五章第四節 (c)
$2bH/\omega$	-2 923 200	2 138 500	-8 535 800	3 318 400	
$(\pi A/\omega + 2bH/\omega)$	42 276 800	40 784 500	45 752 200	61 350 400	
$V$	1.95	-1.84	3.03	-2.12	第五章第四節 (f)
$r$	9.12	9.12	8.81	8.81	同上 (j), 視町・橋間
$1 - 0.1817 \frac{H}{r}$	1.0106	0.9882	1.0179	0.9806	
$0.65 V \left( 1 - 0.1817 \frac{H}{r} \right)$	1.281	1.182	2.467	1.351	
$\frac{2H}{\pi}$	0.369	0.344	0.726	0.458	
$\cos \theta$	0.0804889	0.1019245	0.0378065	0.0619196	第六章第三節 $\cos \theta$
$\sqrt{\frac{g}{r} \cos \theta}$	0.662	0.600	0.372	0.476	
$\frac{2H}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \cos \theta}$	0.244	0.206	0.270	0.218	
(34) 式 [ ] の中	1.525	1.388	2.737	1.569	
$Q$	64 472 100 <sup>立方尺</sup>	56 608 900	125 223 800	96 258 800	
$\Sigma Q$					342 564 000 <sup>立方尺</sup>

但し  $\Sigma Q$  は橋の断面を通過せる (方向に關せず) 總流量なり。

(b) 懸流平均水位の場合

第三十三表

	I	II	III	IV	記 事
$\omega$	0.0001496	0.0001904	0.0001007	0.0001636	第五章第四節 (i) 橋に於て
$A$	2 750(水位 3.'66)	2 275 ( " )	2 175(水位 3.'39)	2 155(水位 3.'33)	
$\pi A/\omega$	47 775 000	37 537 500	67 860 000	41 376 000	
$b$	377 尺	377	377	377	常數なりとす

$H$	-0.58	0.54	-1.14	0.72	第五章第四節(c)
$2bH/\omega$	2 923 000	2 139 000	8 535 000	3 318 000	
$(\frac{\pi}{\omega} A + \frac{2bH}{\omega})$	44 852 000	39 676 500	59 325 000	44 694 000	
$V$	$\frac{尺}{秒}$ 1.95	-1.84	3.03	-2.12	第五章第四節(f)
$r$	9.19	9.19	9.01	8.97	同上(j), 祝町・橋間
$1 - 0.1817 \frac{H}{r}$	1.0114	0.9898	1.0220	0.9855	
$0.65 V (1 - 0.1817 \frac{H}{r})$	1.282	1.183	2.013	1.358	
$\frac{2H}{\pi}$	0.370	0.344	0.726	0.459	
$\cos \theta$	0.0778791	0.1051070	0.0334459	0.0741085	第六章第三節 $\cos \theta$
$\sqrt{\frac{g}{r} \cos \theta}$	0.522	0.607	0.346	0.516	
$\frac{2H}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \cos \theta}$	0.193	0.209	0.251	0.237	
(34) 式の [ ] の中	1.475	1.392	2.264	1.595	
$Q$	66 156 700	55 229 700	134 311 800	71 286 900	
$\Sigma Q$				326 985 000 立方尺	

II. 潤沼橋標の断面を通過せる實測流量による場合

第三十四表 實測總流量

時刻	時間	流量	平均流量	時間内流量	計	記事
時分		立方尺	立方尺	立方尺	立方尺	流量の項は
6 35		0				附表第二による
7 00	1 500	1 240	620	980 000		
8 00	3 600	3 517	2 379	8 564 400		
9 00	"	4 070	3 794	13 658 400		
10 00	"	3 796	3 933	14 158 800		
11 00	"	2 988	3 392	12 211 200		
12 00	"	1 073	2 031	7 311 600	波 I	
0 25	1 500	0	537	805 500	57 639 900	
1 00	2 100	1 856	928	1 948 800		
2 00	3 600	3 668	2 762	9 943 200		
3 00	"	4 545	4 107	14 785 200		
4 00	"	2 887	3 716	13 377 600	波 II	
5 00	"	0	1 444	5 198 400	45 253 200	
6 00	"	2 525	1 263	4 546 800		
7 00	"	4 761	3 643	13 114 800		
8 00	"	5 376	5 069	18 248 400		
9 00	"	5 549	5 463	19 666 800		
10 00	"	5 299	5 424	19 526 400		
11 00	"	4 774	5 037	18 134 400		
12 00	"	3 819	4 297	15 469 200		

時刻	時間	流量	平球流量	時間内流量	計	記事
時分		立方尺	立方尺	立方尺	立方尺	
1 00	〃	2 607	3 213	11 566 800	波 III	
1 40	2 400	0	1 304	3 129 600	123 401 200	
2 00	1 200	1 659	830	996 000		
3 00	3 600	3 978	2 819	10 148 400		
4 00	〃	5 092	4 535	16 326 000		
5 00	〃	4 526	4 809	17 312 400		
6 00	〃	3 251	3 889	14 000 400	波 IV	
7 00	〃	0	1 626	5 853 600	67 636 800	
合計					293 931 100	立方尺

本表が公式の場合より小なる結果を得るの一因は本表に於ては曲線に内接せる多角形とせる爲なるか。

附表第一(其一) 流速測定表

日	時刻	水位	断面	水面		流向	備考
				回数	時間		
20年6月	5時	4.10 (3.90)	VII	60	0.53	逆流	○本測定は8月20日 は旧暦8月14日に相当 す。 ○船上測量に向つて流況 は至正流、某五寸至 逆流、流速遅くは視 察せざるを以て視 知不能なるを認流 とせず。 ○括弧内は水位曲線 上面の流速から算出 可能な回轉流速存在 の。 ○本測定には流速流 測器を使用して其位は 誤りなし。 $v = 0.65V + 0.10$ 但しV=流速(秒) F=1秒間回数
			VI	60	1.10	"	
			V	60	0.40	"	
			IV	60	0.30	"	
			III	60	0.30	"	
			II	60	0.00	"	
			I	60	0.00	"	
			VII	0	0	總流	
			VI	0	0	"	
			V	0	0	"	
20年6月	8時	3.40	VII	80	1.06	正流	8月15日
			VI	80	0.27	"	
			V	80	0.28	"	
			IV	80	0.31	"	
			III	80	0.23	"	
			II	80	0.43	"	
			I	80	0.57	"	
			VII	80	0.42	正流	
			VI	80	0.25	"	
			V	80	0.24	"	
VI	80	0.24	"				
III	80	0.21	"				
II	80	0.25	"				
I	80	0.57	"				

(上表は全長第十七号測器による)

日	時刻	水位	断面	水面		流向	備考
				回数	時間		
20年6月	5時	5.10	VII	80	0.45	正流	8月15日
			VI	80	0.24	"	
			V	80	0.24	"	
			IV	80	0.24	"	
			III	80	0.21	"	
			II	80	0.24	"	
			I	80	0.46	"	
			VII	80	0.55	正流	
			VI	80	0.30	"	
			V	80	0.34	"	
IV	80	0.32	"				
III	80	0.26	"				
II	80	0.45	"				
I	80	1.02	"				
21年6月	5時	3.50	VII	0	0	總流	8月15日
			VI	80	1.02	正流	
			V	80	0.15	"	
			IV	80	0.13	"	
			III	80	0.27	"	
			II	80	0.00	總流	
			I	80	0.00	"	
			VII	60	1.15	逆流	
			VI	60	1.14	"	
			V	60	0.45	"	
VI	60	0.40	"				
III	60	0.43	"				
II	60	0.34	"				
I	60	1.00	"				

附表第一(其二) 流速測定表

日	時刻	水位	断面	水面		0.6水深		流向	備考
				回数	所要時間	回数	所要時間		
21	午前2時	4.10	VII	60	0.35	60	0.50	逆流	
			VI	"	27	"	34	"	
			V	"	20	"	25	"	
			IV	"	"	"	26	"	
			III	"	"	"	23	"	
			II	"	25	"	29	"	
			I	"	40	"	35	"	
5	4.20	4.20	VII	60	0.27	60	0.34	逆流	
			VI	"	"	"	31	"	
			V	"	15	"	20	"	
			IV	"	"	"	"	"	
			III	"	"	"	16	"	
			II	"	25	"	30	"	
			I	"	30	"	35	"	
4	4.10	4.10	VII	60	0.38	60	0.54	逆流	
			VI	"	33	"	40	"	
			V	"	26	"	30	"	
			IV	"	25	"	"	"	
			III	"	28	"	"	"	
			II	"	36	"	40	"	
			I	"	1.04	"	1.09	"	
5	3.70	3.70	VII	0	"	0	"	逆流	
			VI	"	"	"	"	"	
			V	"	"	"	"	"	
			VI	"	"	"	"	"	
			III	"	"	"	"	"	
			II	"	"	"	"	"	
			I	"	"	"	"	"	

(土木學會編輯部 第三號附誌)

日	時刻	水位	断面	水面		0.6水深		流向	備考
				回数	所要時間	回数	所要時間		
21	午前6時	3.30	VII	60	1.05	60	0.40	正流	
			VI	"	30	"	32	"	
			V	"	"	"	35	"	
			IV	"	31	"	36	"	
			III	"	23	"	24	"	
			II	"	40	"	39	"	
			I	"	55	"	1.00	"	
7	3.00	3.00	VII	60	0.26	60	0.21	正流	
			VI	"	15	"	17	"	
			V	100	27	100	25	"	
			IV	"	25	"	22	"	
			III	"	21	"	"	"	
			II	"	30	"	30	"	
			I	"	1.03	"	0	"	
8	2.30	2.30	VII	100	0.34	100	0.32	正流	
			VI	"	21	"	21	"	
			V	"	14	"	20	"	
			IV	"	20	"	23	"	
			III	"	12	"	21	"	
			II	"	27	"	27	"	
			I	"	30	"	34	"	
9	2.45	2.45	VII	100	0.37	100	0.38	正流	
			VI	"	14	"	21	"	
			V	"	18	"	23	"	
			VI	"	14	"	21	"	
			III	"	"	"	20	"	
			II	"	21	"	23	"	
			I	"	24	"	31	"	

附表第一(其の三) 流速測定表

日	時刻	水位	断面	水面		0.6水深		流向	備考
				回数	時間	回数	時間		
21	午前10時	2.35	Ⅷ	100	0.37	100	0.34	正流	
			Ⅵ	"	20	"	20	"	
			Ⅴ	"	"	"	21	"	
			Ⅳ	"	17	"	10	"	
			Ⅲ	"	18	"	21	"	
			Ⅱ	"	25	"	25	"	
			Ⅰ	"	26	"	27	"	
11		2.25	Ⅷ	100	0.40	100	0.35	正流	
			Ⅵ	"	22	"	20	"	
			Ⅴ	"	25	"	22	"	
			Ⅳ	"	"	"	23	"	
			Ⅲ	"	20	"	19	"	
			Ⅱ	"	24	"	24	"	
			Ⅰ	"	60	"	60	27	"
15	午前	2.30	Ⅷ	60	0.28	60	0.25	正流	
			Ⅵ	"	17	"	17	"	
			Ⅴ	"	"	"	14	"	
			Ⅳ	"	16	"	16	"	
			Ⅲ	"	15	"	15	"	
			Ⅱ	"	18	"	21	"	
			Ⅰ	"	0	"	31	"	
14	午前	2.60	Ⅷ	60	0.47	60	0.35	正流	
			Ⅵ	"	21	"	24	"	
			Ⅴ	"	24	"	38	"	
			Ⅳ	"	25	"	34	"	
			Ⅲ	"	19	"	"	"	
			Ⅱ	"	27	"	35	"	
			Ⅰ	"	0	"	0	0	逆流

(土木部資料第十七卷三三三頁)

日	時刻	水位	断面	水面		0.6水深		流向	備考
				回数	時間	回数	時間		
21	午前10時	2.50	Ⅷ	0	0	0	0	逆流	
			Ⅵ	60	1.04	60	1.19	逆流	
			Ⅴ	"	1.00	"	1.05	"	
			Ⅳ	"	0.34	"	0.43	"	
			Ⅲ	"	37	"	47	"	
			Ⅱ	"	34	"	50	"	
			Ⅰ	"	56	"	55	"	
3		3.20	Ⅷ	100	0.53	100	1.05	逆流	
			Ⅵ	"	44	"	0.49	"	
			Ⅴ	"	35	"	40	"	
			Ⅳ	"	24	"	32	"	
			Ⅲ	"	26	"	35	"	
			Ⅱ	"	31	"	45	"	
			Ⅰ	"	43	"	60	"	
2		4.00	Ⅷ	100	0.46	100	0.56	逆流	
			Ⅵ	"	34	"	42	"	
			Ⅴ	"	27	"	30	"	
			Ⅳ	"	24	"	26	"	
			Ⅲ	"	25	"	25	"	
			Ⅱ	"	26	"	35	"	
			Ⅰ	"	46	"	117	"	
3		4.05	Ⅷ	100	0.54	100	1.13	逆流	
			Ⅵ	"	35	"	0.46	"	
			Ⅴ	"	31	"	35	"	
			Ⅳ	"	24	"	29	"	
			Ⅲ	"	"	"	30	"	
			Ⅱ	"	24	"	41	"	
			Ⅰ	"	60	1.26	60	1.42	"
6		5.05	Ⅷ	60	1.24	60	0.57	逆流	
			Ⅵ	100	0.59	100	1.15	"	
			Ⅴ	"	34	"	1.00	"	
			Ⅳ	"	30	"	44	"	
			Ⅲ	"	23	"	42	"	
			Ⅱ	"	35	"	50	"	
			Ⅰ	"	0	"	0	0	逆流

附表第二(其一) 平均流速計算表

日	時刻	断面	断面 V. % 平均	断面 V. % 最大	断面 V. % 最小	流量		更正	流量	平均断面 流速	
						A.V.	A.V2				
Z0	午後6時	VII	0.84	0.64	1.54	133.56	101.76				
		VI	0.66	0.72	389	256.74	288.00				
		V	0.75	1.08	414	310.50	447.12				
		IV	1.40	0.97	423	582.20	410.31				
		III		1.03	450	630.00	463.50				
		II	0.72	0	460	331.20	0				
		I	0		143	0					
		合計			2,438	2,254.20	1,702.77	961.15	1,485.74	823.45	-0.747
		VIII	0	0	0	0					
		合計									(1,624) (0.55)
0	午後6時	VII	0.80	1.37	135	110.80	164.95				
		VI	2.03	1.78	347	704.41	671.66				
		V	1.96	1.84	372	729.12	684.48				
		IV	1.78	1.96	361	618.10	746.76				
		III	2.37	1.89	408	966.96	771.12				
		II	1.31	1.44	418	547.58	601.92				
		I	1.01	0.89	117	110.17	104.15				
合計			2,170	3,652.25	3,111.02	331.00	3,003.61	3,113.91	1.614		

表中  
括弧( )は計製因の結果及び断面時間流速ハ最大流速ニ入リ  
ハコト見科也。

(土木学会誌第十七卷第三號附誌)

日	時刻	断面	断面 V. % 平均	断面 V. % 最大	断面 V. % 最小	流量		更正	流量	平均断面 流速
						A.V.	A.V2			
Z0	午後9時	VII	1.34	1.68	127	170.18	213.36			
		VI	2.16	2.16	332	723.76	723.76			
		V	2.27	2.27	357	810.39	810.39			
		IV	2.27	2.37	366	830.82	671.42			
		III	2.58	2.16	373	1,033.46	856.74			
		II	2.18	1.63	403	870.34	656.86			
		I	1.01	1.00	107	108.07	107.00			
		合計			2,065	4,535.70	3,353.56	193.20	4,065.65	1.951
		VIII	1.26	1.54	125	157.50	198.15			
		合計			3,291	7,463.83	5,330.87			
11	午後9時	V	2.27	2.16	354	803.58	771.72			
		IV	1.81	2.16	363	686.07	771.34			
		III	2.58	2.16	370	1,016.20	814.00			
		II	2.27	1.84	400	908.00	736.00			
		I	1.18	1.12	105	123.90	117.60			
		合計			2,065	4,482.00	3,713.20	655.41	3,735.58	1.837
		VII	1.05	1.26	126	134.40	161.28			
		VI	1.84	1.59	335	616.40	532.68			
		V	1.44	1.44	360	518.40	518.40			
		IV	1.73	1.84	364	638.37	646.16			
III	2.10	1.57	396	831.60	621.60					
II	1.26	1.26	406	511.56	511.56					
I	0.94	0.53	104	102.48	57.71					
合計			2,103	3,333.11	2,910.24	412.87	2,913.62	1.421		

表中  
括弧( )は計製因の結果及び断面時間流速ハ最大流速ニ入リ  
ハコト見科也。



附表第二(其の二) 平均流速計算表

日	時刻	断面	水深 V, 尺	流速 V, 尺/秒	面積 A, 平方尺	流量 Q, 立方尺/秒	平均流速 平均流速, 尺/秒	合計	流量		合計		
									A, V	A, V			
21	午前0時	VII	0	0	138								
		VI	0.44	0.81	353	285.95							
		V	0.80	0.66	378	249.48							
		IV	0.81	0.71	387	274.71							
		III	0.70	0.65	414	269.00							
		II	0	0	424	0							
		I	0		120								
		合計			2,214	1,227.49	1,097.26	1,068.44	1,072.55	0.464			
		2	午後0時	VII	0.62	0.53	149	78.36	79.97				
				VI	0.65	0.56	371	253.75	207.16				
V	0.97			0.66	396	384.12	261.36						
IV	1.08			0.93	405	437.40	376.25						
III	1.01			0.95	432	434.32	410.40						
II	1.25			1.01	442	457.50	446.42						
I	0.75			0.70	131	98.25	91.90						
合計					2,326	2,154.70	1,075.26	1,051.11	1,055.68	0.797			
2	午後0時			VII	1.21	0.88	159	142.34	137.12				
				VI	1.54	1.25	389	599.06	486.25				
		V	2.05	1.66	414	848.70	607.24						
		IV		1.44	429	619.15	430.57						
		III		1.80	456	822.50	610.00						
		II	1.66	1.44	468	763.68	642.60						
		I	1.08	1.21	143	154.44	173.03						
		合計			2,428	4,347.84	3,581.11	3,532.23	3,547.92	1.504			

表 中  
括弧( )内は断面の流速と総流量の平均流速を示す。  
括弧( )内は断面の流速と総流量の平均流速を示す。

日	時刻	断面	水深 V, 尺	流速 V, 尺/秒	面積 A, 平方尺	流量 Q, 立方尺/秒	平均流速 平均流速, 尺/秒	流量		合計		
								A, V	A, V			
21	午前3時	VII	1.54	1.25	143	251.02	203.75					
		VI		1.36	395	640.30	537.20					
		V	2.70	2.05	420	1,134.00	861.00					
		IV			429	1,158.30	879.45					
		III		2.54	456	1,231.20	1,158.24					
		II	1.66	1.40	446	773.56	652.60					
		I	1.40	1.21	147	205.80	177.87					
		合計			2,416	5,362.18	4,441.4	4,651.04	4,252.16	1.835		
		4	午後3時	VII	1.13	0.42	164	174.47	66.78			
				VI	1.20	1.08	389	477.42	420.12			
V	1.60			1.40	414	662.40	577.10					
IV	1.66				423	702.18	542.20					
III	1.44				450	670.50	630.00					
II	1.18			1.08	440	542.80	446.80					
I	0.71			0.64	143	101.55	95.81					
合計					2,458	5,357.00	4,861.31	4,701.54	4,892.50	2.864	1.185	
5	午後3時			VII	0	0	9	0	0			
				VI								
		V										
		IV										
		III										
		II										
		I										
		合計										

表 中  
括弧( )内は断面の流速と総流量の平均流速を示す。  
括弧( )内は断面の流速と総流量の平均流速を示す。

附表第二(其三) 平均流速計算表

日	時刻	断面	水深 V <sub>1</sub> 尺/秒	流速 V <sub>2</sub> 尺/秒	修正 0.877V <sub>1</sub> 0.998V <sub>2</sub>	流量 Q V	断面积 A V <sub>1</sub>	修正 0.877V <sub>1</sub> 0.998V <sub>2</sub>	流量 Q V <sub>1</sub>	平均流速 平均流速 尺/秒
21	午前6時	VII	0.70	1.00	0.877	42.40	162.54	0.877	37.00	
		VI	1.40	1.32	1.21	477.40	450.12	1.21	548.48	
		V	"	1.21	"	512.40	442.04	"	512.40	
		IV	1.36	1.18	1.18	510.00	442.50	1.18	498.18	
		III	1.80	1.44	1.44	402	473.88	1.44	473.88	
		II	1.05	1.10	1.10	442	444.76	1.10	444.76	
		I	0.81	0.75	0.75	41.33	64.75	0.75	64.75	
合計					2141.28	2294.25	2141.28	2294.25	2.565	
7		VII	1.60	1.46	1.46	121	143.60	1.46	121	
		VI	2.70	2.54	2.54	323	872.10	2.54	323	
		V	2.51	2.70	2.70	348	873.60	2.70	348	
		IV	2.70	3.05	3.05	357	465.90	3.05	357	
		III	3.19	"	"	304	1224.96	111.20	304	
		II	2.27	2.27	2.27	346	846.36	846.36	346	
		I	1.13	0	0	102	115.24	0	102	
合計					2102.4	5137.48	2102.4	5137.48	2.566	
8		VII	1.77	2.13	2.13	112	198.26	2.13	112	
		VI	3.19	3.14	3.14	305	472.95	472.95	305	
		V	3.52	3.35	3.35	330	161.60	163.50	330	
		IV	3.35	2.45	2.45	334	1135.65	465.27	334	
		III	3.71	3.14	3.14	366	1397.86	157.36	366	
		II	2.51	2.51	2.51	376	463.76	463.76	376	
		I	2.27	2.01	2.01	42	208.04	168.42	42	
合計					1420.5	498.40	1420.5	498.40	2.800	

表 中  
指矢( )は各断面の流速及び断流時間を平均したものである  
べしと見解せしむ。  
指矢( )は各断面の最大流速を示す。

日	時刻	断面	水深 V <sub>1</sub> 尺/秒	流速 V <sub>2</sub> 尺/秒	修正 0.877V <sub>1</sub> 0.998V <sub>2</sub>	流量 Q V	断面积 A V <sub>1</sub>	修正 0.877V <sub>1</sub> 0.998V <sub>2</sub>	流量 Q V <sub>1</sub>	平均流速 平均流速 尺/秒
21	午前9時	VII	1.06	1.81	1.81	104	153.44	1.81	188.24	
		VI	3.52	3.19	3.19	240	1020.00	925.10	240	
		V	3.71	2.43	2.43	315	1168.65	422.45	315	
		IV	3.52	3.19	3.19	324	1140.48	1035.56	324	
		III	2.35	2.35	2.35	351	1235.21	115.25	351	
		II	3.19	2.43	2.43	361	1152.81	1051.13	361	
		I	2.34	2.20	2.20	85	147.40	187.00	85	
合計					1850	4508.30	4404.35	1850	4555.55	2.615
10		VII	1.86	1.77	1.77	101	187.86	173.77	101	
		VI	3.35	3.35	3.35	284	451.40	451.40	284	
		V	"	3.19	3.19	304	1035.15	485.71	304	
		IV	3.86	3.71	3.71	318	1277.48	149.76	318	
		III	3.71	3.19	3.19	345	1244.35	100.55	345	
		II	2.70	2.70	2.70	355	458.50	458.50	355	
		I	2.60	2.51	2.51	82	213.20	205.82	82	
合計					1714	5033.54	5033.55	1714	5042.36	2.615
11		VII	1.73	1.46	1.46	93	154.54	142.08	93	
		VI	3.05	3.35	3.35	270	847.40	431.30	270	
		V	2.70	3.05	3.05	303	816.10	424.15	303	
		IV	"	2.45	2.45	312	662.40	414.16	312	
		III	3.35	3.71	3.71	334	1155.61	287.64	334	
		II	2.81	2.81	2.81	344	400.44	480.64	344	
		I	1.72	1.44	1.44	78	133.16	112.32	78	
合計					1757	4488.44	4532.34	1757	4542.74	2.716

表 中  
指矢( )は各断面の流速及び断流時間を平均したものである  
べしと見解せしむ。  
指矢( )は各断面の最大流速を示す。

附表第二(其の四) 平均流速計算表

日	時刻	断面	水深 m	流速 m/s	修正 係数	流量		平均流速 m/s		
						修正 流量	断面 流量			
Z1	五午	VII	1.66	49	147.51	164.36				
		VI	2.39	281	671.59	671.59				
		V	2.15	306	731.54	657.90				
		IV	2.54	315	800.10	850.10				
		III	3.10	342	1060.20	925.60				
		II	2.27	352	799.04	689.92				
		I	0	80	0	108.00				
	合計			1775.4	2047.04	855.053	662.513	976.903	818.70	2.151
Z2	五時	VII	0.93	109	101.37	151.89				
		VI	1.46	299	586.04	514.20				
		V	1.72	324	557.28	366.12				
		IV	1.66	333	552.78	416.25				
		III	2.15	360	776.00	648.00				
		II	1.44	370	532.80	471.70				
		I	0	89	0	0				
	合計			1866.3	3106.27	2582.42	700.712	312.812	266.77	1.363
Z	Z	VII	0	132	0	0				
		VI	0.71	341	242.11	201.19				
		V	0.75	366	276.50	285.22				
		IV	1.10	375	412.50	370.75				
		III	1.15	402	462.30	379.86				
		II	1.10	412	453.20	362.56				
		I	0.77	113	87.01	91.53				
	合計			2141.1	1931.62	1681.11	660.511	656.501	658.54	0.776

表 中  
 注(1) 断面Iは断面IVに就いて時間平均流速を以て計算  
 注(2) 断面IIは断面IVに就いて時間平均流速を以て計算  
 注(3) 断面IIIは断面IVに就いて時間平均流速を以て計算

日	時刻	断面	水深 m	流速 m/s	修正 係数	流量		平均流速 m/s		
						修正 流量	断面 流量			
Z1	五時	VII	1.33	106	149.17	157.96				
		VI	1.56	271	366.18	291.00				
		V	1.46	346	716.16	650.08				
		IV	2.36	405	947.00	827.16				
		III	2.42	432	1045.44	897.28				
		II	2.20	472	1047.60	881.42				
		I	1.01	131	132.31	124.45				
	合計			2326.6	2080.35	1422.02	1175.982	1175.982	1.710	
Z	Z	VII	1.51	126	156	235.56	146.54			
		VI	2.01	303	741.03	531.98				
		V	2.51	408	1026.00	828.16				
		IV	2.81	477	1331.77	1044.20				
		III	2.43	474	1160.42	898.00				
		II	2.60	452	1180.40	934.78				
		I	1.51	134	204.84	130.74				
	合計			2401.5	2082.55	1408.115	1264.64	1264.64	1.722	
Z	Z	VII	1.50	0	158	265.40	164.42			
		VI	1.81	1.51	364	148.11	532.80			
		V	2.20	1.96	471	94.20	605.54			
		IV	2.81	2.36	420	180.20	932.00			
		III	2.27	2.27	447	256.07	664.91			
		II	2.34	1.69	457	104.30	772.33			
		I	0.55	0.66	141	71.35	90.28			
	合計			2420.5	371.466	644.904	600.576	510.856	525.71	1.070
Z	Z	VII	0.56	0.70	150	84.00	117.00			
		VI	1.22	0.49	378	456.28	370.22			
		V	2.01	1.18	349	801.93	470.02			
		IV	2.27	1.43	488	926.14	595.64			
		III	2.42	1.65	435	1027.78	711.15			
		II	1.46	1.40	445	872.20	625.08			
		I	0	0	133	0	0			
	合計			2344.8	1453.92	882.273	648.202	603.69	520.82	1.384

表 中  
 注(1) 断面Iは断面IVに就いて時間平均流速を以て計算  
 注(2) 断面IIは断面IVに就いて時間平均流速を以て計算  
 注(3) 断面IIIは断面IVに就いて時間平均流速を以て計算

附表第三 水位観測表

月日	時刻	観測標	川口標	下石塔標
4 20	午後0時	2.40	3.25	3.69
	1	3.20	3.30	3.72
	2	3.00	3.55	3.62
	3	4.25	3.70	3.86
	4	4.50	3.90	3.72
	5	4.25	3.85	3.76
	6	3.75	3.80	"
	7	3.40	3.70	3.72
	8	3.15	3.60	3.62
	9	2.80	3.40	3.64
	10	"	"	3.66
	11	3.00	3.55	3.63
4 21	午前12	3.35	3.40	3.56
	1	3.75	3.55	3.54
	2	4.15	3.70	3.64
	3	4.35	3.85	3.82
	4	4.10	3.92	3.86
	5	3.50	3.85	3.82
	6	3.00	3.65	"
	7	2.70	3.45	3.66
	8	2.50	3.30	3.62
	9	2.00	3.15	3.64
	10	1.85	3.05	3.54
	11	1.80	2.85	3.53
午後	午前12	2.00	2.75	3.34
	1	2.60	2.85	3.30
	2	3.45	3.00	3.26
	3	4.10	3.35	3.30
	4	4.60	3.55	3.34
	5	"	3.65	3.53
	6	4.00	3.85	3.56
	7	3.45	3.55	3.54
	8	3.00	3.35	3.56
	9	2.50	3.15	3.52
	10	2.35	3.05	3.34
	11	2.40	2.95	3.33
午前12	2.80	2.92	"	

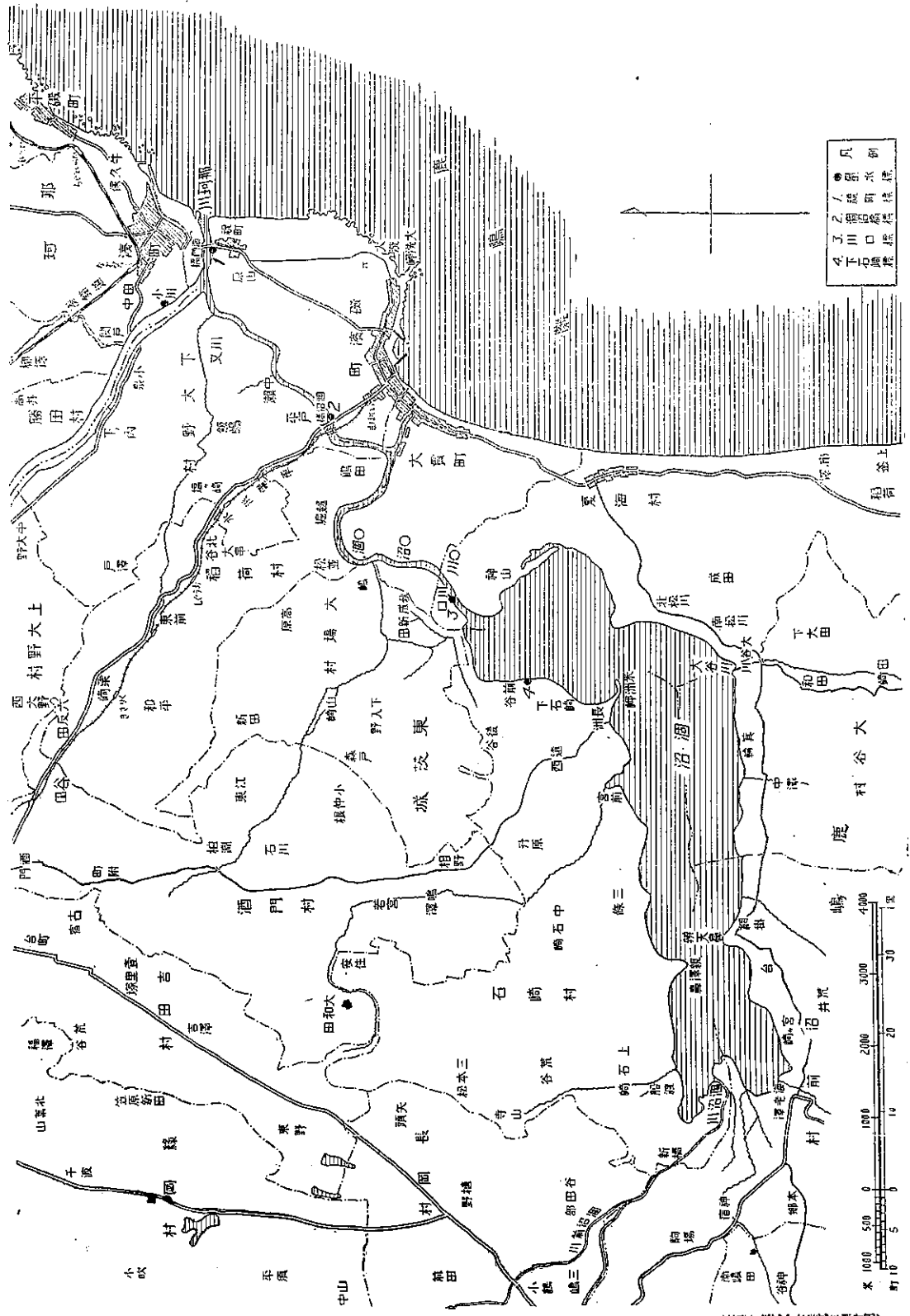
注 観測標の標高は旧記の曲線より補正したものである。  
川口標は旧標準尺を基面として換算した。  
標高は旧標準尺を用いた結果から旧記の値を差した。

(土木部測量課第三測量班製)

附表第四 水面勾配表

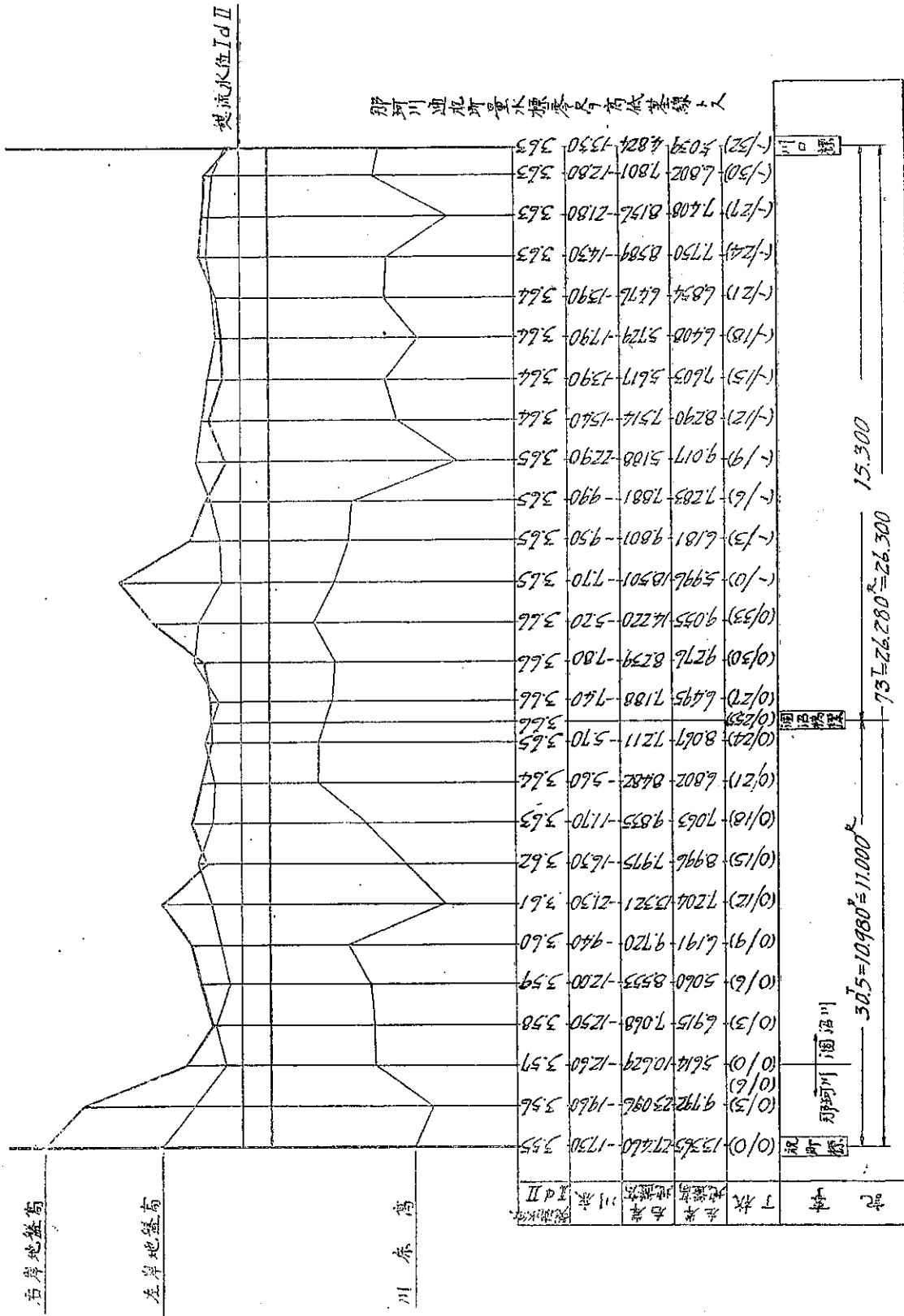
月日	時刻	観測標間(単位)		傾斜(%)		備考
		落差	勾配	落差	勾配	
4 20	午後5時	-0.05	-0.000 005	-0.000 014	-0.000 014	傾斜は池に向 て傾斜する正 なり 傾斜は正三表 に上る
	6	-0.10	0.000 004	-0.000 010	-0.000 010	
	7	0.24	0.000 022	0.000 005	0.000 005	
	8	0.31	0.000 026	0.000 016	0.000 016	
	9	0.35	0.000 032	0.000 020	0.000 020	
	10	0.30	0.000 027	0.000 017	0.000 017	
	11	0.20	0.000 018	0.000 009	0.000 009	
	午前0	0.11	0.000 010	-0.000 003	-0.000 003	
	1	0.14	0.000 004	-0.000 016	-0.000 016	
	2	-0.05	-0.000 005	-0.000 025	-0.000 025	
	3	-0.15	-0.000 014	-0.000 023	-0.000 023	
	4	0	0	-0.000 013	-0.000 013	
午後	5	0.20	0.000 018	0.000 009	0.000 009	
	6	0.50	0.000 027	0.000 022	0.000 022	
	7	0.56	0.000 033	0.000 031	0.000 031	
	8	0.43	0.000 034	0.000 034	0.000 034	
	9	0.48	0.000 044	0.000 044	0.000 044	
	10	"	"	"	"	
	11	0.45	0.000 041	0.000 034	0.000 034	
	正午	0.30	0.000 027	0.000 024	0.000 024	
	1	0	0	0.000 014	0.000 014	
	2	-0.15	-0.000 014	0.000 017	0.000 017	
	3	-0.30	-0.000 027	0.000 024	0.000 024	
	4	-0.40	-0.000 036	"	"	
5	-0.35	-0.000 032	0.000 026	0.000 026		
6	-0.12	-0.000 011	0.000 016	0.000 016		
7	0.15	-0.000 014	0.000 003	0.000 003		
8	0.02	0.000 002	0.000 001	0.000 001		

附圖第一 沼沼及次濁沼川附近平面圖



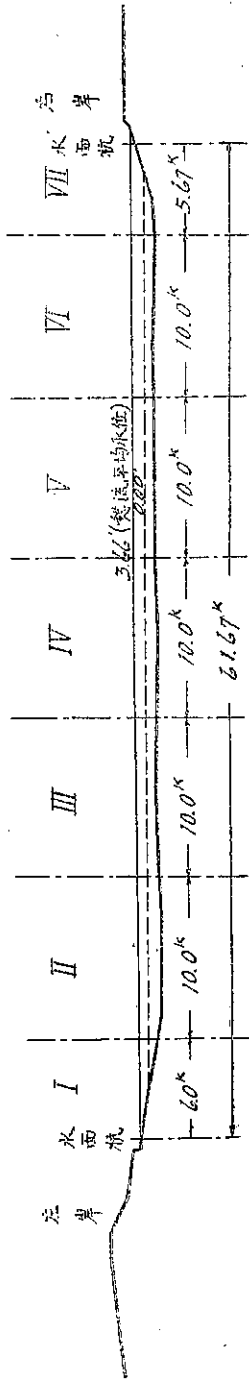
(土木部地誌第十七卷沼川附近圖)

附圖第二 洞沼川縱斷面圖

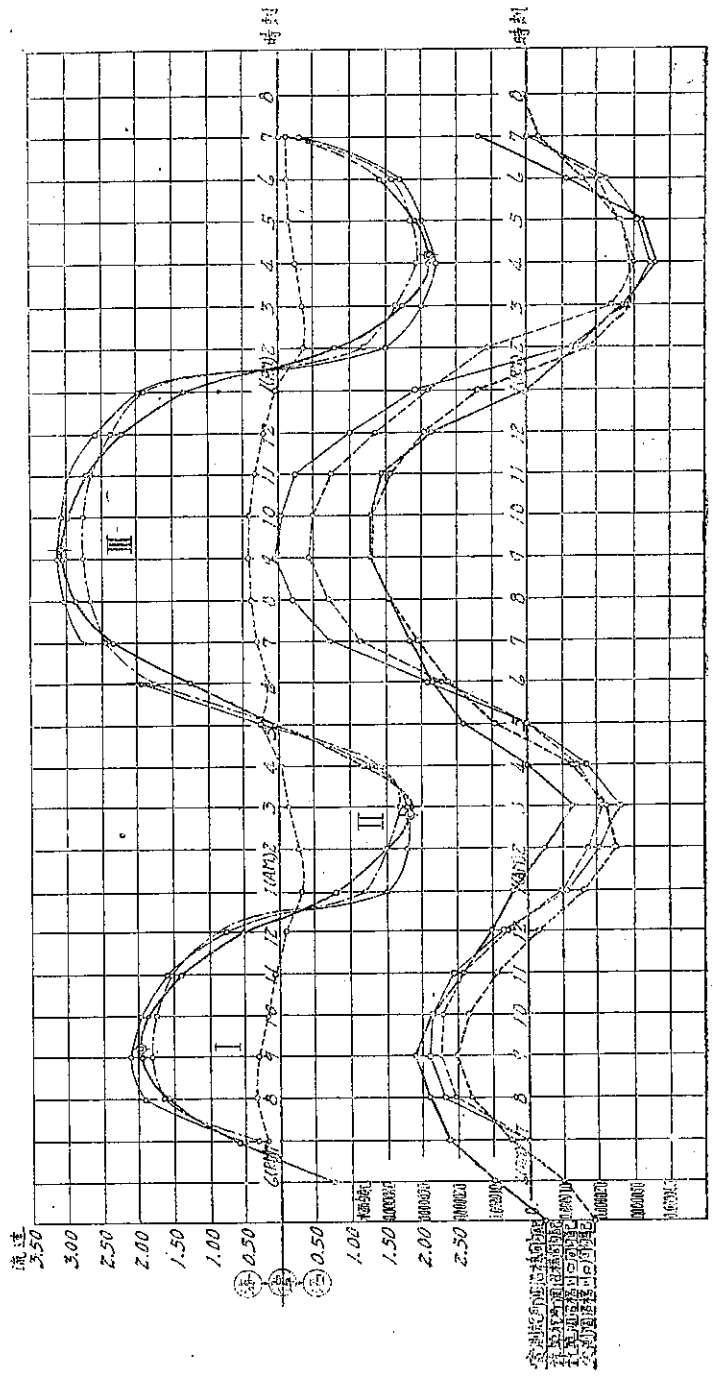


(此圖係根據測量資料繪製)

附圖第三 滲透測定箇所橫斷面圖

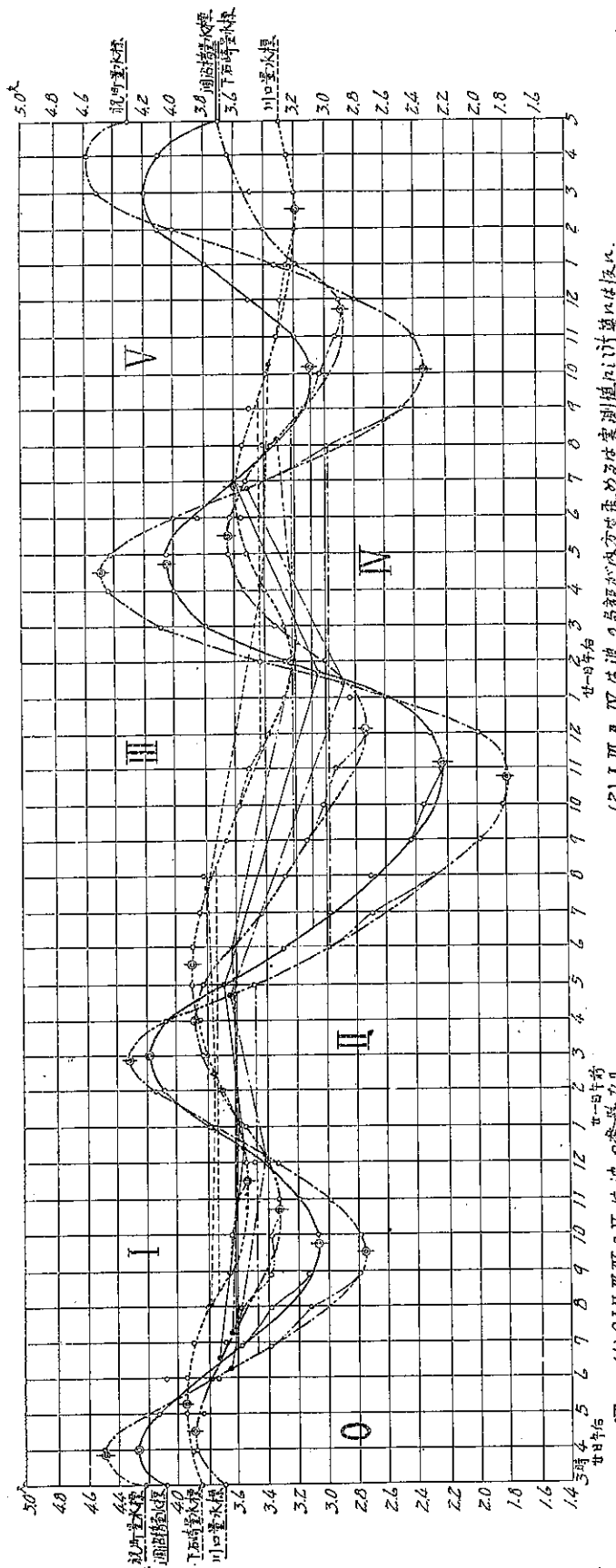


附圖第四 流速曲線圖(附水面勾配圖)



(土木學會第十七卷第十七號附圖)

附圖第五 水位曲線圖

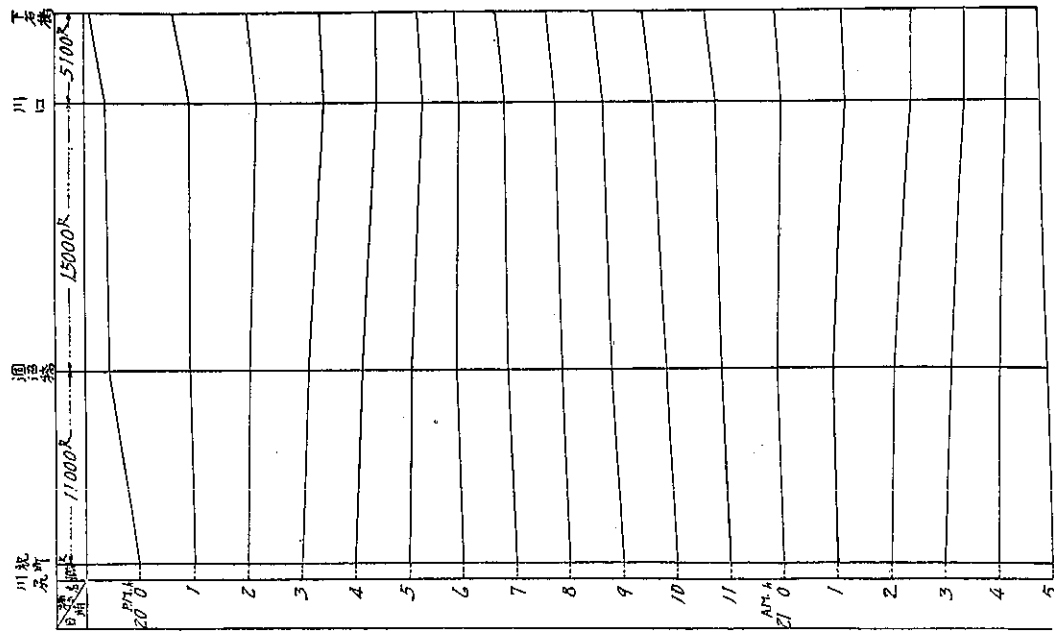
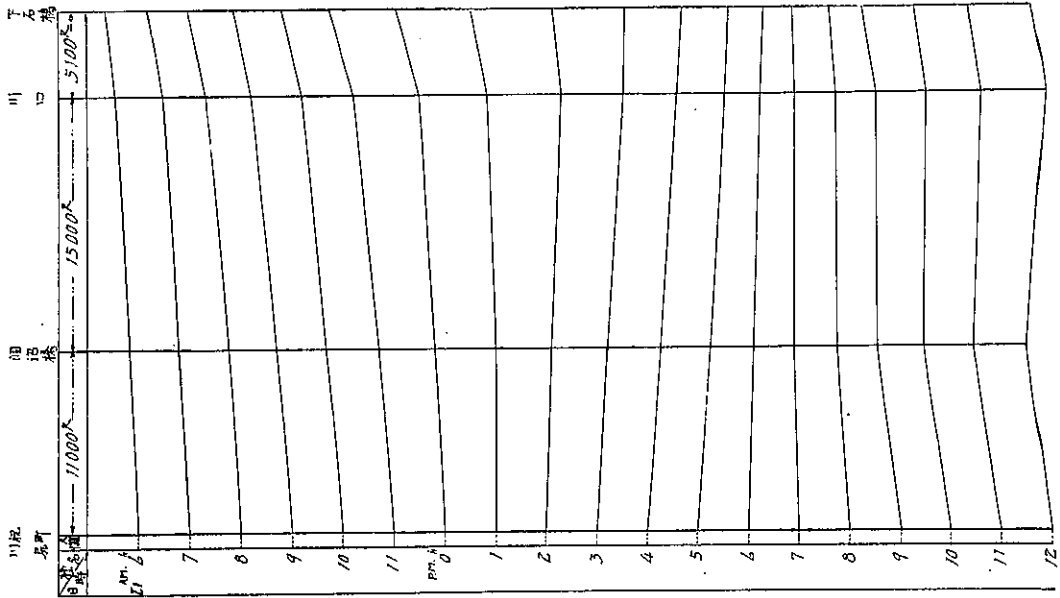


(1) I, II, III, IV, V 各波の高低は實測値に計算した水位。  
 至其の差は誤差。  
 (2) I, III 及 IV 各波の高低は實測値に計算した水位。  
 至其の差は誤差。  
 (3) I, II 及 III-IV 各波の高低は實測値に計算した水位。  
 至其の差は誤差。  
 (4) 各波の高低は實測値に計算した水位。  
 至其の差は誤差。

264-17



附圖第六 水位觀測圖



(圖三第 三 號 十 五 號 全 本 水 平)