再ヒ河川ニ於ケル不定流ニ就テ

工學士　物部長穗

本文ハ曩ニ本誌第三卷第三號ニ掲載セル「河川ニ於ケル不定流ニ就テ」ト題セル拙著(以下單ニ前文ト呼フ)ノ補遺トモ目スヘキモノニシテ洪水波ノ傳播速度及其陵夷並ニ流速公式ヲ洪水ニ適用スル方法等ニ就キ其後ノ考案ヲ述ヘ其實效如何ヲ世評ニ問ハントスルモノナリ

第一章　洪水波ノ傳播速度

第一節　傳播速度ωノ意義

前文ニ論述セシ如ク一ノ洪水波ニ於テモ其傳播速度ハ波ノ各部ニ於テ同シカラス而シテ傳播速度ωノ定義ハ

$$\omega=-\frac{\frac{\partial H}{\partial t}}{\frac{\partial H}{\partial x}}\quad\cdots\cdots(1)$$

ニシテ玆ニωハ一定ノ水位カ下流ニ移動スル速度ニシテHハ水位tハ時刻xハ距離ヲ現ハス

然ルニ波頂附近ニ於テハ(1)ノ分母及分子ハ其何レカヽ負號又ハ零トナリ或ハ同時ニ零トナル等種々ノ場合アルヲ以テωモ亦負トナリ零トナリ無限大トナリ又ハ不定トナル等種々ノ困難ナル

結果ヲ生シ爲ニ波頂ニ近キ部分ニ限リ其定義ヲ多少變更スルカ又ハ波頂前後ニ於テ斯ル矛盾ノ生セサル部分ノωヲ以テ代用スルニアラサレハ波ノ傳播ヲ究ムルニ由ナシ

(一)(1)式ニ於テ分母子共ニ零ナル場合　即洪水波カ其波形ヲ維持シツヽ下流ニ移動スト考フル場合ニシテ實際一樣ナル河路ノ狹キ區間ニ對シテハ斯ク假定スルヲ得ヘシ斯ル場合ニハ波頂ノωハ$\frac{0}{0}$ノ不定形ニ歸スルヲ以テ極限値ノ原理ニ依リ其値ヲ求ムルヲ得ヘシ一般ニ水位Hハx及tノ函數ナルヲ以テ$\frac{\partial H}{\partial t}$及$\frac{\partial H}{\partial x}$モ亦$x$及$t$ノ函數ナリ即

$$\frac{\partial H}{\partial t}=\Phi(x,t) \qquad \frac{\partial H}{\partial x}=\Psi(x,t)$$

今$x=0$ナル斷面ヲ考ヘ其點ニ波頂カ來リシ瞬間ヲ以テ時刻ノ原點ト定メ$x=0,\ t=0$ニ於ケル波頂ノ傳播速度ωヲ求メントスルヲ以テ先ツx及tノ小ナル値ニ對シ$\frac{\partial H}{\partial t}$及$\frac{\partial H}{\partial x}$ノ値ヲTaylorノ定理ニ由テ現ハセハ

$$\frac{\partial H}{\partial t}=\Phi(x,t)=\Phi_0+\left(\frac{\partial \Phi}{\partial x}\right)_0\delta x+\left(\frac{\partial \Phi}{\partial t}\right)_0\delta t+\cdots\cdots=\left(\frac{\partial H}{\partial t}\right)_0+\left(\frac{\partial^2 H}{\partial x\partial t}\right)_0\delta x+\left(\frac{\partial^2 H}{\partial t^2}\right)_0\delta t+\cdots\cdots$$

同樣ニ

$$\Psi(x,t)=\frac{\partial H}{\partial x}=\left(\frac{\partial H}{\partial x}\right)_0+\left(\frac{\partial^2 H}{\partial x^2}\right)_0\delta x+\left(\frac{\partial^2 H}{\partial x\partial t}\right)_0\delta t+\cdots\cdots$$

然ルニ$\left(\frac{\partial H}{\partial t}\right)_0$及$\left(\frac{\partial H}{\partial x}\right)_0$ハ共ニ零ナルヲ以テ(尾添0ハ括弧中ノ從變數ノ$x=0,\ t=0$ナル時ノ値ヲ意味ス)波頂ノ傳播速度$\omega_m$ハ

$$\omega_m=-\frac{\Phi(x,t)}{\Psi(x,t)}=-\frac{\left(\frac{\partial^2 H}{\partial x\partial t}\right)_0\delta x+\left(\frac{\partial^2 H}{\partial t^2}\right)_0\delta t}{\left(\frac{\partial^2 H}{\partial x^2}\right)_0\delta x+\left(\frac{\partial^2 H}{\partial x\partial t}\right)_0\delta t}=-\frac{\omega_m\left(\frac{\partial^2 H}{\partial x\partial t}\right)_0+\left(\frac{\partial^2 H}{\partial t^2}\right)_0}{\omega_m\left(\frac{\partial^2 H}{\partial x^2}\right)_0+\left(\frac{\partial^2 H}{\partial x\partial t}\right)_0}$$

是ヨリω_mヲ解ケハ

$$\omega_m=\frac{-\left(\frac{\partial^2 H}{\partial x\partial t}\right)_0\pm\sqrt{\left(\frac{\partial^2 H}{\partial x\partial t}\right)_0^2-\left(\frac{\partial^2 H}{\partial x^2}\right)_0\left(\frac{\partial^2 H}{\partial t^2}\right)_0}}{\left(\frac{\partial^2 H}{\partial x^2}\right)_0}\quad\cdots\cdots(2)$$

(二)洪水波カ隆起又ハ陵夷スル場合　第一ノ場合ノ如ク洪水波カ波高ヲ變セスシテ傳播ストノ假定ハ限ラレタル範圍ニ於テ實用的ニノミ許サルヘキモノニシテ理論上ヨリ觀レハ種々ノ矛盾ヲ伴フヲ以テ精確ニ論スレハ如何ナル洪水波モ斷エス其形ヲ變シツヽアリト考ヘサルヘカラス然ルニ此場合波頂ノωノ定義トシテ(1)式卽一定水位ノ傳播速度ナル意義ヲ固守スル時ハ其値ハ或ハ零トナリ或ハ無限大トナル而シテ實際問題トシテ必要ナルハ波頂(其高サノ如何ニ係ラス)ノ移動ノ速度ニシテ前文第二章第一節式(7_b)ニ由リ

$$-\frac{\partial H}{\partial x}=ah+\left(bt+\frac{1}{\omega}\right)\frac{\partial H}{\partial t}$$

波頂ニ於テハ　$\frac{\partial H}{\partial x}=0,$　$\therefore\quad \omega_m=-\frac{\frac{\partial H}{\partial t}}{ah+\frac{\partial H}{\partial t}bt}$

若シ懸案ノ點ヲ波頂カ通過スル瞬間ヲ時刻ノ原點ニ採レハ

$$\omega_m=-\frac{\frac{\partial H}{\partial t}}{ah}\quad\cdots\cdots(3)$$

而シテ$\frac{\partial H}{\partial t}=0$ナル場合ニハ$\omega_m$ハ矢張不定ナリト雖モ此場合水面勾配ヲ定ムル爲ニハ$\omega$ヲ要セス

而已ナラス實用上ヨリ云ヘハ(3)式ヲ代用スルモ大過ナカルヘシ

上述ノ如クωハ波頂附近ニ於テ稍複雜ナル意義ヲ有スト雖モ實際觀測ノ對象トシテハ最モ明確ニシテ其測定モ亦容易ナリ

第二節　傳播速度ωト平均流速uトノ關係

ωヲ微分等式ヨリ直接ニ索メントセハ打勝ツヘカラサル數學上ノ困難ニ遭遇スルヲ以テ現時ニアリテハ唯平均流速uトノ關係ヲ知リ間接ニ之ヲ求ムルノ外ナシ而シテωトuトノ關係モ從來ノ解決ハ實際洪水ニ對シ許スヘカラサル假定ノ下ニ得タルモノナルヲ以テBoussinesq氏ノ解法ノ如キ完全ナル數學的取扱ニ據リ理論上ノ價値極テ大ナルモノト雖モ之ヲ實際洪水ニ適用スル事ハ到底不可能ナリ予ハ前文ニ於テ新ナル方面ヨリωトuトノ關係ヲ求メタリシカ猶多クノ缺點ヲ見出シタルヲ以テ次ニ之カ補正ヲナシ併テ運用簡單ナル公式ヲ發表セントス

ωトuトノ關係ヲ洪水波ノ凡テノ點ニ對シ正確ニ求ムル事ハ稍困難ナルヲ(前文中ωヲ求ムルニ際シεヲ積分ノ外ニ置キタル爲メ$\frac{\omega}{u}$ノ誤差ハ其極端ナル場合ニ於テ$\frac{1}{3}$ニ達シ得)今洪水波ノ變曲點(茲ニ變曲點ト名ツクルハ洪水波ニ於テ水位ノ上昇又ハ降下率最大ナル點ナリ)ニ於テ考フルニ水流連續性ノ等式ハ

$$\frac{\partial H}{\partial t}+H\frac{\partial u}{\partial x}+u\frac{\partial H}{\partial x}=0$$

ニシテ流速公式ノ形ヲ

$$u=C\sqrt{HI}$$

トスレハ前文第四章第二節ニ由リ

$$\frac{\partial u}{\partial x}=\frac{C}{2}\left(\sqrt{\frac{I}{H}}\cdot\frac{\partial H}{\partial x}-\sqrt{\frac{H}{I}}\cdot\frac{\partial^2 H}{\partial x^2}\right)$$

然ルニ變曲點ニ於テハ$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2}$ハ零ナルヲ以テ

$$\frac{\partial u}{\partial x}=\frac{u}{2H}\cdot\frac{\partial H}{\partial x}$$

ナリ由テ此關係ヲ式(4)ニ入ルレハ

$$\frac{\partial H}{\partial t}+H\frac{u}{2H}\cdot\frac{\partial H}{\partial x}+u\frac{\partial H}{\partial x}=0,\qquad \text{然ルニ}\quad \omega=-\frac{\frac{\partial H}{\partial t}}{\frac{\partial H}{\partial x}}$$

$$\therefore\ -\omega+\frac{u}{2}+u=0,\qquad \therefore\ \omega=\frac{3}{2}u\ \cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

次ニ出水ノ前後ニ於テハ水位h_0ハ平均速度u_0ヲ以テ移リツヽアリト考ヘ得ルヲ以テ

$$H=h_0\ \text{ニ於テ}\quad \omega=u\ \cdots\cdots\cdots\cdots(5')$$

猶是以外ニωトuト相等シキ點ナキヤ若シ存在スルナラハ如何ナル點ナルヘキヤヲ索メン爲メ(4)式ヲ書換ヘ

$$\frac{\frac{\partial H}{\partial t}}{\frac{\partial H}{\partial x}}+H\frac{\frac{\partial u}{\partial x}}{\frac{\partial H}{\partial x}}+u=0,\qquad \text{or}\qquad -\omega+u+H\frac{\frac{\partial u}{\partial x}}{\frac{\partial H}{\partial x}}=0\ \cdots\cdots\cdots\cdots(6)$$

即$\frac{\partial u}{\partial x}=0$又ハ$\frac{\partial H}{\partial x}=\infty$ナル點ニ於テ$\omega$ハ$u$ニ等シカルヘシ然ルニ後條件ハ實際上不可能ナルヲ以テ前者ノミヲ採レハ即

平均流速最大ナル點ニ於テ

$$\omega=u\ \cdots\cdots\cdots\cdots(5'')$$

即洪水波ノ五點ニ對シ$\frac{\omega}{u}$ノ値ヲ正確ニ定メ得タリ而シテωハ洪水波ノ波形不變ノ場合ニハ一定水位ノ移動スル速度トシ變遷スル場合ニハ波ノ相隣レル位置ニ於テ互ニ相應スル水位ノ傳播

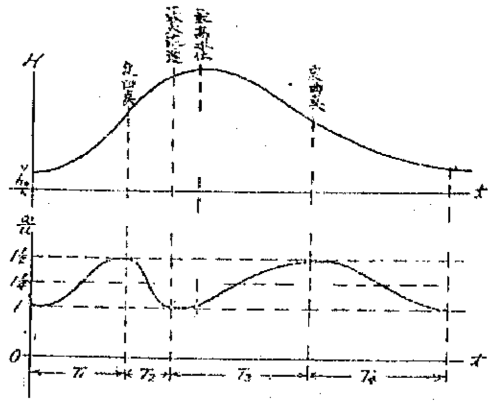
速度ナリト考フル時ハ $\frac{\omega}{u}$ ハ波ノ種々ノ點(即種々ノ x)ニ對シこんちにあすにぐらぢゅあるニ變化スヘシ而シテ其現式ノ形ヨリ見レハ高級ノ微係數ヲ有スヘキヲ以テさいん系函數ヲ以テ其變化ヲ現ハスヲ最モ適當トス此等ノ論據ヨリ半ハ理論的ナル $\frac{\omega}{u}$ ノ現式ヲ求ムレハ(第一圖參照)

T_1……出水ノ始メヨリ變曲點ニ至ル迄ノ期間

T_2……變曲點ヨリ最大流速ノ點ニ至ル迄ノ期間

T_3……最大流速ノ點ヨリ減水時變曲點ニ至ル期間

T_4……變曲點ヨリ常水ニ復スル迄ノ期間



第一圖

T_1 ニ對シ…… $\frac{\omega}{u}=\frac{5}{4}+\frac{1}{4}\sin\left(\frac{\pi}{T_1}t-\frac{\pi}{2}\right)$

T_2 同上…… 〃 $=\frac{5}{4}+\frac{1}{4}\cos\frac{\pi}{T_2}t$

T_3 同上…… 〃 $=\frac{5}{4}+\frac{1}{4}\sin\left(\frac{\pi}{T_3}t-\frac{\pi}{2}\right)$

T_4 同上…… 〃 $=\frac{5}{4}+\frac{1}{4}\cos\frac{\pi}{T_4}t$ ……(7)

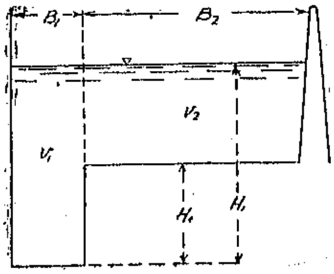
而シテ式(7)ハ距離橫軸ノ洪水波ニ對スル論據ヲ其儘時刻橫軸ノ水位曲線ニ轉用セシヲ以テ聊不徹底ノ嫌アリト雖モ實際上ノ誤差ハ微少ニシテ小範圍ノ水面勾配ノ變化ヲ定ムル爲メノ材料トシテ充分ナリト信ス尚波頂ニ於ケル $\frac{\omega}{u}$ ハ(6)ノ T_2 ニ對スル式ニ由リテ定マリ一ヨリ僅ニ大ナルヘシ

然ルニ波頂ニ於ケル流速ハ最大流速ヨリ僅ニ小ナルヲ以テ結局波頂ノ ω ハ最大流速ニ極テ近似セル値ヲ有スヘシ

第三節　實際河川ニ於ケル傳播速度

上來論セシ所ハ廣キ矩形斷面ヲ有シ水位ヲ直ニ平均水深又ハ動水半徑トシテ用ヒ得ルカ如キ流路ニ關スルモノナリキ故ニ實際河川ノ如キ複雜ナル斷面形ヲ有スルモノニ對シテハ別ニωノ公式ヲ求メサルヘカラス

(一)斷面複形ナル場合　第二圖ニ示ス如ク略矩形ナル常水路ト堤防ニ依リテ限ラレタル洪水路トヨリ成ル河道ニシテ水位ハ常水路敷ヨリ起算スルモノトス(第二圖ハ兩側ノ洪水路ヲ一側ニ合シテ畫キタルモノ)



第二圖

	幅員	平均水深	平均流速	流積	流量	傳播速度
常水路	B_1	H	v_1	A_1	Q_1	ω_1
洪水路	B_2	$H-H_0$	v_2	A_2	Q_2	ω_2
全河道	B		v	A	Q	ω

斯如キ河道ニ於テハB_1ナル常水路ハ河狀良好ニシテ水深モ亦大ナルヲ以テ其流速ハ洪水敷ノ其レニ比シ遙ニ大ナリ從テ出水ニ際シテハ常水路ヲ流ルヽ水ノ一部ハ斷エス斜流シテ洪水路ニ入リ以テ兩路水位ヲ略同一ニ保ツ由テ水流連續ノ法則ヲ現ハス數學式モ亦(4)ト同シカラス今其現式ヲ求メン爲メδxヲ距ル二斷面M Nヲ考ヘ

δtナル期間ニM斷面ヨリ流入セシ水量ハ　$Q\delta t$

同　上ニN斷面ヨリ流出セシ　同　$\left(Q+\frac{\partial Q}{\partial x}\right)\delta t$

∂t ナル期間ニ水位ノ上昇ハ　$\frac{\partial H}{\partial t}\partial t$

同　上ニ MN 間ニ貯ラレシ水量ハ　$B\partial x\frac{\partial H}{\partial t}\partial t$

$$\therefore\quad Q\partial t-\left(Q+\frac{\partial Q}{\partial x}\right)\partial t=B\partial x\frac{\partial H}{\partial t}\partial t \qquad \therefore\quad \frac{\partial Q}{\partial x}+B\frac{\partial H}{\partial t}=0$$

然ルニ

$$Q=Q_1+Q_2=v_1A_1+v_2A_2=v_1B_1H+v_2B_2(H-H_0)$$

$$\therefore\quad \frac{\partial Q}{\partial x}=B_1\left(H\frac{\partial v_1}{\partial x}+v_1\frac{\partial H}{\partial x}\right)+B_2\left\{(H-H_0)\frac{\partial v_2}{\partial x}+v_2\frac{\partial H}{\partial x}\right\}=B_1\left(v_1+H\frac{\frac{\partial v_1}{\partial x}}{\frac{\partial H}{\partial x}}\right)\frac{\partial H}{\partial x}+B_2\left\{v_2+(H-H_0)\frac{\frac{\partial v_2}{\partial x}}{\frac{\partial H}{\partial x}}\right\}\frac{\partial H}{\partial x}$$

$$\therefore\quad B_1\left(v_1+H\frac{\frac{\partial v_1}{\partial x}}{\frac{\partial H}{\partial x}}\right)\frac{\partial H}{\partial x}+B_2\left\{v_2+(H-H_0)\frac{\frac{\partial v_2}{\partial x}}{\frac{\partial H}{\partial x}}\right\}\frac{\partial H}{\partial x}+B\frac{\partial H}{\partial t}=0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(8)$$

是即求ムル所ノ水流連續ノ等式ナリ由テ

$$\omega=-\frac{\frac{\partial H}{\partial t}}{\frac{\partial H}{\partial x}}=\frac{B_1\left(v_1+H\frac{\frac{\partial v_1}{\partial x}}{\frac{\partial H}{\partial x}}\right)+B_2\left\{v_2+(H-H_0)\frac{\frac{\partial v_2}{\partial x}}{\frac{\partial H}{\partial x}}\right\}}{B}$$

今常水路及洪水路ヲ全々獨立セル二ツノ流路ナリト考フル場合ノ兩者ノ傳播速度ヲ各 ω_1 ω_2 トス

レハ式(6)ニ由リ

$$\omega_1=v_1+H\frac{\frac{\partial v_1}{\partial x}}{\frac{\partial H}{\partial x}},\qquad \omega_2=v_2+(H-H_0)\frac{\frac{\partial v_2}{\partial x}}{\frac{\partial H}{\partial x}}$$

此等ノ値ヲ前式ニ入ルレハ

$$\omega=\frac{B_1\omega_1+B_2\omega_2}{B}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(9)$$

即複形斷面ニ對スル傳播速度ハω_1 ω_2ノ幅員ヲ權重率トセル平均値ナリ然ルニ平均流速vハ

$$v=\frac{B_1Hv_1+B_2(H-H_0)v_2}{B_1H+B_2(H-H_0)}=\frac{A_1v_1+A_2v_2}{A}$$

ニシテ洪水路幅員ノ影響ハωニ對シテ遙ニ著シキヲ見ル故ニ流速緩漫ナル廣キ洪水敷ヲ有スル河道ニ於テω/vハ一ヨリ遙ニ少ナル値ヲ探ル事アルヘシ今試ニ雜草繁茂セル洪水敷ヲ考ヘ

$B=300$ 間, $v_1=80\sqrt{HI}$, $I=\frac{1}{2{,}500}$

$B_1=50$ 間, $v_2=30\sqrt{(H-H_0)I}$, $H=15$尺

$B_2=250$ 間, $H_0=10$尺

ノ如ク假定シ各素斷面ニ於テハ波頂ノ傳播速度ハ最高水位ニ於ケル平均流速ニ略相等シトシテ之ヲ求ムレハ

$$v_1=6{\cdot}2^{尺}/_{秒}\fallingdotseq\omega_1;\qquad v_2=1{\cdot}34^{尺}/_{秒}\fallingdotseq\omega_2$$

$$v=\frac{15\times50\times6\times6{\cdot}2+5\times250\times6\times1{\cdot}34}{15\times50\times6+5\times250\times6}\fallingdotseq3{\cdot}17^{秒}/_{尺}$$

$$\omega=\frac{50\times6\times6{\cdot}2+250\times6\times1{\cdot}34}{6(50+250)}=2{\cdot}15^{尺}/_{秒}$$

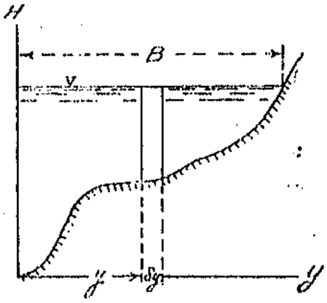
$$\therefore\quad \frac{\omega}{v}=\frac{2\cdot15}{3\cdot17}\fallingdotseq\frac{2}{3}$$

(二)複雑ナル断面形ノ場合　断面カ多数ノ水平又ハ緩傾斜ノ敷ヨリ合成サルヽ場合ハ前場合ノ原則ヲ演繹シテ次ノ如キ公式ヲ得ヘシ

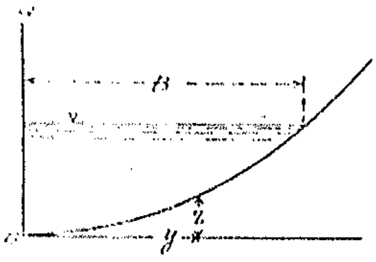
$$\omega=\frac{B_1\omega_1+B_2\omega_2+\cdots\cdots}{B}=\frac{\Sigma B\omega}{B}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(10)$$

若シ河床ノ断面カこんちにあすノ曲線ヲ成ス時ハ之ヲδyナル幅員ヲ有スル多数ノえれめんたる、せくしょんニ分チ各ノ傳播速度ヲω_yトスレハ

$$\omega=\frac{\Sigma\omega_y\delta y}{B}=\frac{1}{B}\int_0^B\omega_y\delta y\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(11)$$



第三圖



第四圖

今式(11)ノ一例トシテ断面抛物線狀ヲナス場合ヲ採リ(第四圖參照)

$$z=ay^2\qquad a=\text{常數}$$

然ル時ハ　$B=\sqrt{\dfrac{H}{a}}$　ニシテ横距yナル素區分ノ水位Rハ

$$R=H-z=H-ay^2$$

今流速公式ノ係數Cヲ假ニ常數ト考ヘ$\omega=nv$ヲ以テ現ハセハ

$$\omega_y=nC\sqrt{(H-z)I}=nCI^{\frac{1}{2}}\sqrt{H-ay^2}$$

$$\therefore\quad\omega=\frac{1}{B}\int_0^B\omega_y dy=nC\frac{I^{\frac{1}{2}}}{B}\int_0^B\sqrt{H-ay^2}\,dy=\frac{nC}{4}\pi I^{\frac{1}{2}}\frac{H}{\sqrt{a}B}=\frac{\pi}{4}nC\sqrt{HI}$$

然ルニ　平均水深$=\frac{2}{3}H$　$\therefore\quad v=C\sqrt{\frac{2}{3}HI}$

$$\therefore\quad \omega \doteqdot \frac{u\times 1{\cdot}22\pi}{4}v \doteqdot uv \quad \cdots\cdots \quad (11')$$

若シ断面三角形ナル時ハ

$$平均水深=\frac{H}{2},\qquad v=C\sqrt{\frac{H}{2}I}$$

$$\omega=\frac{uC}{B}I^{\frac{1}{2}}\int_{0}^{B}\sqrt{H-ay}\,dy=u\frac{2}{3}C\sqrt{HI}$$

$$\therefore\quad \omega=\frac{u2\sqrt{2}}{3}v=0{\cdot}94uv \quad \cdots\cdots \quad (11'')$$

即ωトuトノ關係ハ断面矩形ナル場合ト殆ト相等シキヲ見ル

第四節　式(9)ノ實例

茲ニ掲クル實例ハ荒川筋吹上、川田谷間及古谷、大久保間トス兩者共ニ洪水敷極メテ宏ク其流速甚緩ナルヲ以テ式(9)ノ實例トシテハ頗ル適當ナルモ唯洪水敷ノ状況餘リニ不整ニシテ算出値ノ正確ハ得テ望ムヘカラサルノ憾アリ猶水位ハ凡テ平均低水位ヲ基トシ區間ノ平均流速ハ上下端ノ流量ノ平均ヲ區間ノ平均断面積ヲ以テ除シタルモノナリ

(一)吹上、川田谷間ノ波頂傳播速度

洪水路中心ニ添フ區間ノ長=44,000尺　　洪水路ノ平均幅員=5,090尺

常水路ノ平均幅員　=　310尺　　全河道ノ平均幅員=5,400尺

洪水年月日	吹上水位(H_1)	川田谷水位(H_2)	全河積ノ平均流速(v)	常水路ノ平均流速($v_1 \doteqdot \omega_1$)	洪水路ノ平均流速($v_2 \doteqdot \omega_2$)	(9)ニ由リテ算出セル ω尺/秒	實測セル ω尺/秒
年 月 44–7	尺 18·7	尺 18·3	尺 2·40	尺 8·05	尺 0·51	尺 0·95	尺 1·08

洪水年月日	吹上水位(H_1)	川田谷水位(H_2)	全河積ノ平均流速(v)	常水路ノ平均流速($v_1 \doteqdot \omega_1$)	洪水路ノ平均流速($v_2 \doteqdot \omega_2$)	(9)ニ由リテ算出セル ω尺/秒	實測セル ω尺/秒
年 月 44-8	尺 19.5	尺 18.8	尺 2.47	尺 8.29	尺 0.71	尺 1.12	尺 1.06
1-9	20.7	18.7	2.76	8.35	0.81	1.54	1.17
日 2-8-27	24.9	23.0	5.02	9.60	2.34	2.75	3.97
3-8-13	24.2	23.2	4.82	9.60	2.28	2.70	3.06
3-8-29	25.2	25.4	5.96	10.15	3.00	3.40	3.33
5-7-30	22.7	23.0	4.38	9.30	2.31	2.72	3.06

(二)古谷大久保間ノ波頂傳播速度

洪水路中心線上ノ長＝26,000尺　　洪水路ノ平均幅員＝5,460尺

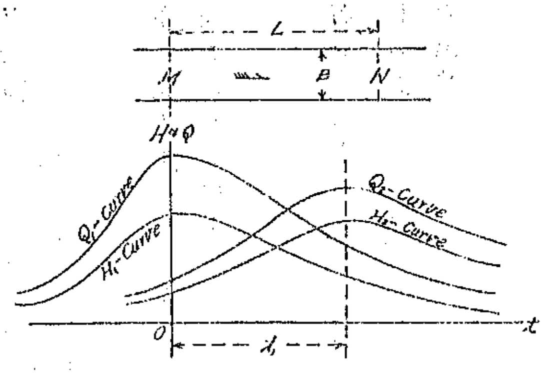
常水路ノ平均幅員　＝　430尺　　全河道平均幅員＝5,890尺

洪水年月日	古谷水位(H_1)	大久保水位(H_2)	全河積ノ平均流速(v)	常水路ノ平均流速($v_1 \doteqdot \omega_1$)	洪水路ノ平均流速($v_2 \doteqdot \omega_2$)	(9)ニ由リテ算出セル ω尺/秒	實測シタル ω尺/秒
年 月 44-7	尺 20.9	尺 18.3	尺 1.41	尺 6.30	尺 0.80	尺 1.20	尺 1.14
44-8	20.1	18.5	1.40	6.30	0.78	1.18	1.13
日 1-9-1	17.7	16.7	1.22	5.90	0.69	1.07	1.01
2-8-27	25.0	22.4	2.00	7.19	1.40	1.82	1.04
3-8-13	24.0	21.3	1.81	6.95	1.18	1.62	1.25
3-8-29	27.6	24.0	2.71	7.72	2.01	2.43	2.71
5-7-30	25.0	22.8	2.02	7.25	1.48	1.91	1.88

第二章　洪水波ノ陵夷

第一節　最大流量算定ノ理論

洪水波カ一ノ流路ニ隨テ流移スル場合ハ支脈川ノ影響ナシト雖モ其波高ハ下ルニ從テ變遷スルヲ常トス而シテ其主因二アリ一ハ河積ノ增減ニ因ルモノ即最大流量ニ變化ナク唯河積ニ由リテ之ニ對スル水位ヲ異ニスルヨリ來ルモノニシテ之ヲ水理學上ヨリ觀レハ極テ簡單ナル現象ニシテ起伏ノ程度モ容易ニ略算シ得ヘシ他ハ一樣ナル流路ヲ流ルヽニ際シ自然其最大流量ニ變動ヲ生シ引テ波高ニ影響スルモノニシテ其算定法タル今猶未解決ニ殘サレタルヲ以テ本節ニ於テ一樣ナル流路ノ上流ニ於ケル最大流量及水位曲線(最高水位ニ達シテヨリ十數時間ノ間ニ對スルモノニテ足ル)ノミヲ用ヒテ餘リ遠カラサル下流ニ於ケル最大流量ヲ算出スルノ一方法ヲ述ヘントス第五圖ニ於テMヲ上流斷面Nヲ下流斷面トシ次ノ如キ記號ヲ用フ



第五圖

H……流量零ナル點ヨリ起算セル水位(尺)

H_m……同上最高水位(尺)

v……平均流速(每秒尺)

v_m……最大平均流速(同上)

Q……流量(每秒立方尺)

Q_m……最大流量(同上)

L……二斷面間ノ距離(尺)

B……水面幅(尺)

A……二斷面間ノ水面面積(平方尺)

t_1……M點ノ最大流量ノ時刻ヨリ起算セル時刻(秒)

V……二斷面間ニ貯ヘラルヽ水量(每秒立方尺)

而シテ尾字1ヲ添フルハM斷面ニ對スルモノニシテ2ヲ添フルハ

N斷面ニ對スルモノナリ從テN斷面ニ於ケル流量ハM斷面ノ流量ヨリ中間ニ貯藏サルヽ量ヲ減シタルモノニ等シキヲ以テ

$$Q_2=Q_1-V$$

今二點ノ距離餘リ大ナラストスレハMN間ノ平均ノ水位昇降率ハ其兩端ノモノヽ平均ヲ以テ代表シ得ルヲ以テ

$$V=A\times\frac{1}{2}\left(\frac{\partial H_1}{\partial t}+\frac{\partial H_2}{\partial t}\right)$$

而シテ右式ハNニ於ケル水位及其昇降率ヲ含ムヲ以テ此等ヲ詳ニスルニアラサレハVヲ算定シ得ス然ルニN點ニ於テ最大流量ハ最高水位ノ時ニ起ルモノト做セハ $\frac{\partial H_2}{\partial t}=0$ ナル關係成立スヘシ由テ

$$Q_2=Q_1-\frac{A}{2}\cdot\frac{\partial H_1}{\partial t}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(12)$$

玆ニAハ猶N點ノ水位ニ關スト雖モ水位ニ因ル河幅ノ變化著シカラサル場合又ハ二點ニ於ケル最高水位ノ差著シカラサル時ハNニ於ケル水位(12)式ノ場合ニハ最高水位ナリ)ノ代リニMニ於ケル最高水位ヲ用ヒテ可ナルヲ以テ

$$A=L_1f\left(\frac{H_m+H_1}{2}\right)\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(12')$$

玆ニ式中H_1ハN點最高水位ノ時刻t_1ニ於ケルM點ノ水位ヲ示ス而シテ(12)式ヲ運用シテN點ニ於ケル最大流量ヲ求メンニハ先ツ洪水波々頂ノ傳播速度ヨリ出現ノ時刻t_1ヲ算定シ是ニ對スルH_1及$\frac{\partial H_1}{\partial t}$ヲ知ルベシ

猶(12)式ハN點ニ於ケル最大流量並ニ最高水位ニ限リ適用サルヽモノニシテ其他ノ流量並ニ水位ヲ索メントスレハ圖式解法ニ依リ多少ノ試算ヲ併用セサルヘカラス即M點ニ於ケル完全ナル水位曲線並ニ流量曲線ヲ知リ貯水面積ハ二點間ノ平均水位トノ關係ニ依リテ曲線ヲ以テ之ヲ表示シ次ノ關係ヲ滿足スル如キH_2ヲ圖上試算ニ依リテ求ムヘシ

$$Q_2=Q_1-\frac{A}{2}\left(\frac{\partial H_1}{\partial t}+\frac{\partial H_2}{\partial t}\right) \quad \text{and} \quad A=f\left(\frac{H_1+H_2}{2}\right) \quad \cdots\cdots(13)$$

此方法ハ河川ノ改修殊ニ河狀ニ著シキ變化ヲ與ンル場合ニ改修後ノ狀況ヲ豫定スル爲ニ頗ル緊要ナルモノニシテN點ニ於ケル最大流量モ亦自ラ知ルヲ得ヘシ余ハ荒川改修計畫ニ際シ改修區域ヲ多數ノ區間ニ分チ上記ノ方法ヲ實際ニ運用セルヲ以テ他日期ヲ得テ其詳細ヲ公表セントス

第二節　最大流量遞下率

下流斷面ニ於ケル最大流量ハ(12)式ニ由テ容易ニ算定シ得ヘシト雖モ若シ豫メ流路ノ形狀ヲ假定スル時ハ簡單ナル公式ヲ以テ其遞下率ヲ表現シ斷面形狀ト遞下率トノ關係ヲモ明ニシ得ヘシ

(一)流路斷面矩形ナル場合　流路矩形ナルカ又ハ兩岸堤防ヲ以テ限ラレ水位ノ昇降ニ伴フ河幅ノ變化微少ナル場合ハ河幅及貯水面積Aハ之ヲ常數ト見做ス事ヲ得今懸案ノ二點M Nヲ餘リ遠カラサル距離ニ採レハ最高水位通過ノ時間t_1モ亦從テ大ナラサルヘキヲ以テ問題ハM點ニ於ケル水位曲線ノ波頂ニ近キ部分ノミニ限ラルヘシ從テ洪水波ノ移動$\frac{\partial H}{\partial x}$及其他ノ源因ニ基ク水面勾配ノ變化モ亦小範圍ニ止マルヘキヲ以テ之ヲ常數ト假定シIヲ以テ現ハス而シテ本問題ニ於テハ流速公式中ノ係數Cノ水位ニ隨テ變動スルハ頗ル不便ナルノミナラス一定ノ流路ノミニ通用セハ足ルヲ以テ指數型流速式ヲ採用ス即

$$v=CH_1^mI^n \quad \text{and} \quad v_{m1}=CH_{m1}^mI^n$$

茲ニC m k等ハ懸案ノ水路ニ對シテ一定セル常數ナリトス今Mニ於ケル流積ヲa_1トスレハ

$$a_1 = BH_1 \qquad \therefore \quad Q_{m1} = CBI^k H_{m1}^{1+m}$$

$$\therefore \quad Q_{m2} = CBI^k H_{t_2}^{1+m} - \frac{BL}{2}\left(\frac{\partial H_1}{\partial t}\right)_{t_2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(14)$$

茲ニt_1ハ洪水波ノ頂カMヨリNニ移ルニ要スル時刻ニシテ前章ニ述ヘタル如ク斷面矩形ナル場合ハωハ略v_mニ等シキヲ以テ

$$t_1 = \frac{L}{\omega} \doteqdot \frac{L}{CI^k H_{m1}^m} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(15)$$

今M點ニ於ケル水位曲線ヲ考ヘ

H_{m1}……………最高水位即時刻零ニ於ケル水位

H_{t_2}……………時刻t_2ニ於ケル水位

$h = H_{m1} - H_{t_2}$

α……………時刻t_2ニ於ケル水位ノ降下率毎秒尺即

$$\alpha = \left(-\frac{\partial H_1}{\partial t}\right)_{t_2}$$

$n = \dfrac{\alpha t_2}{h}$……………一ノ係數

然ルニhハH_mニ比シ小ナルヲ以テ次ノ如キ計算ヲ施シ得

$$CBI^k H_{t_2}^{1+m} = CBI^k (H_m - h)^{1+m} \doteqdot CBI^k H_m^{1+m}\left\{1-(1+m)\frac{h}{H_m}\right\} = Q_m\left\{1-(1+m)\frac{h}{H_m}\right\}$$

$$\frac{BL}{2}\left(\frac{\partial H_1}{\partial t}\right)_n=\frac{B}{2}t_1v_m a=\frac{B}{2}\cdot\frac{Q_{m1}}{BH_m}nh$$

$$\therefore\quad Q_{m2}=Q_{m1}\left\{1-(1+m)\frac{h}{H_m}\right\}+Q_{m1}\frac{n}{2}\cdot\frac{h}{H_m}=Q_{m1}-Q_{m1}\left\{(1+m)\frac{h}{H_m}-\frac{n}{2}\cdot\frac{h}{H_m}\right\}$$

今最大流量逓下率ヲ$\frac{\Delta Q_m}{Q_m}$ヲ以テ現ハセハ

$$\left.\begin{aligned}\frac{\Delta Q_m}{Q_m}&=\frac{Q_{m1}-Q_{m2}}{Q_{m1}}=\frac{h}{H_{m1}}\left\{1+m-\frac{n}{2}\right\}\\ n&=\frac{at_1}{h}=\frac{t_1}{h}\left(-\frac{\partial H_1}{\partial t}\right)_n\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots(15)$$

今時刻零ヨリt_1間ノ水位曲線ヲ

$$H_{m1}-H_1=Ct^n$$

ナル式ヲ以テ現ハシ得ト假定スレハ

$$-\frac{\partial H_1}{\partial t}=nCt^{n-1}\qquad\therefore\quad a=nCt_1^{\,n-1}\qquad\text{and}\qquad h=Ct_1^{\,n}$$

$$\therefore\quad n=\frac{at_1}{h}$$

ニシテnハ抛物線ノ次數ヲ現ハスモノナルヲ知ル從テ其値ハ二乃至三ヲ超過スル事稀ナルヘシ然ルニmハ$\frac{1}{2}$ヨリ大ナルヲ以テ(15)式括弧內ノ値ハ通常正號ニシテ流量ハ次第ニ逓下スヘシ

(二)斷面抛物線形ヲナス場合　此場合平均水深Rハ水位ノ$\frac{2}{3}$ニシテ水面幅ハRノ或函數ナリ而シテ傳播速度ハ矢張略v_mニ等シキヲ以テ

$$R=\frac{2}{3}H, \qquad B=f\left(\frac{2}{3}H\right)^{\frac{1}{2}}, \qquad \omega=v_m=CI^k\left(\frac{2}{3}H_{m1}\right)^m$$

$$Q_{m2}=Q_{t1}+\frac{BL}{2}\alpha$$

茲ニBハ時刻t_1ニ於ケルMN間ノ平均水面幅タルヘキモ流量ノ遞下著シカラサルヲ以テM點ニ於テ時刻零(即最高水位)ニ對スル河幅ト時刻t_1ニ對スル河幅トノ平均ヲ以テ置換スルヲ得ヘシ依テ次ノ計算ヲ為シ得

$$Q_1=a_{t1}v_1=fCI\left\{\frac{2}{3}(H_m-h)\right\}^{\frac{3}{2}+m}=fCI^k\left(\frac{2}{3}H_m\right)^{\frac{3}{2}+m}\left(1-\frac{h}{H_m}\right)^{\frac{3}{2}+m}=Q_{m1}\left\{1-\left(\frac{3}{2}+m\right)\frac{h}{H_m}\right\}$$

$$\frac{BL}{2}\alpha=\frac{1}{2}\cdot\frac{f}{2}\left\{\left(\frac{2}{3}H_{m1}\right)^{\frac{1}{2}}+\left(\frac{2}{3}H_{t1}\right)^{\frac{1}{2}}\right\}t_1CI^k\left(\frac{2}{3}H_{m1}\right)^m\alpha$$

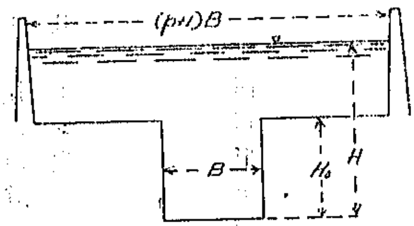
$$=\frac{f}{4}\left(\frac{2}{3}H_m\right)^{\frac{1}{2}}\left(2-\frac{h}{2H_m}\right)\frac{Q_{m1}t_1\alpha}{f\left(\frac{2}{3}H_m\right)^{1/2}}=Q_{m1}\frac{t_1\alpha}{\frac{4}{3}H_m}\left(1-\frac{h}{4H_m}\right)=Q_{m1}\frac{h}{H_m}\cdot\frac{3\alpha}{4}\left(1-\frac{h}{4H_m}\right)$$

$$\therefore\ Q_{m2}=Q_{m1}\left\{1-\left(\frac{3}{2}+m\right)\frac{h}{H_m}+\frac{3\alpha}{4}\left(1-\frac{h}{4H_m}\right)\frac{h}{H_m}\right\}$$

$$\therefore\ \frac{\Delta Q_m}{Q_m}=\frac{h}{H_m}\left\{\frac{3}{2}+m+\frac{3\alpha}{16}\left(\frac{h}{H_m}\right)-\frac{3\alpha}{4}\right\}\doteqdot\frac{h}{H_m}\left\{\frac{3}{2}+m-\frac{3\alpha}{4}\right\}\cdots\cdots\cdots(16)$$

(三)斷面複形ナル場合　第六圖ニ示ス如ク略矩形ナル常水路ト堤防ニ依リテ限ラレタル洪水路トヨリ成ル河道ニシテ次ノ如キ記號ヲ用フ

B……………………常水路河幅



第六圖

Q_b……………………同上最大流量

$(p+1)B$ …………全河幅

u ……………………洪水路平均流速

H_0 ………………洪水路敷高

$H-H_0$……………洪水路水深

Q_p……………………同上最大流量

時刻 t_1 ニ於テ M 點ノ水位ハ H_0 ヨリ高シトスレハ次ノ計算ヲ爲シ得

$$Q_{m1}=BH_m v_m+pB(H_m-H_0)u_m=Q_b+Q_p$$

$$Q_{t1}=B(H_m-h)v_t+pB(H_m-H_0-h)u_t$$

$$V=\frac{(p+1)B}{2}L\alpha=\frac{(p+1)B}{2}\omega t_1\alpha=\frac{(p+1)B}{2}\omega nh$$

此場合 ω ハ v_m ニ等シカラスシテ前章ニ由リ

$$\omega=\frac{pBu_m+Bv_m}{(p+1)B}$$

猶 Q_{t1} Q_{m2} V 等ノ値ヲ書キ換フレハ

$$Q_{t1}=BCI^kH_m^{1+m}\left(1-\frac{h}{H_m}\right)^{1+m}+pBCI^k(H_m-H_0)^{1+m}\left(1-\frac{h}{H_m-H_0}\right)^{1+m}$$

$$=Q_b\left\{1-(1+m)\frac{h}{H_m}\right\}+Q_p\left\{1-(1+m)\frac{h}{H_m-H_0}\right\}$$

$$V=\frac{(p+1)B}{2}nh\frac{1}{(p+1)B}\left\{pB\frac{Q_p}{pB(H_m-H_0)}+B\frac{Q_b}{BH_m}\right\}=\frac{nh}{2}\left\{\frac{Q_p}{H_m-H_0}+\frac{Q_b}{H_m}\right\}$$

$$\therefore\ Q_{m2}=Q_a+V=Q_b\left\{1-(1+m)\frac{h}{H_m}\right\}+Q_p\left\{1-(1+m)\frac{h}{H_m-H_0}\right\}+Q_p\frac{nh}{2(H_m-H_0)}+Q_b\frac{nh}{2H_m}$$

$$=Q_b\left\{1-(1+m)\frac{h}{H_m}+\frac{nh}{2H_m}\right\}+Q_p\left\{1-\frac{h}{H_m-H_0}\left(1+m-\frac{n}{2}\right)\right\}$$

$$=Q_{m1}\left\{1-\frac{Q_b}{Q_{m1}}\cdot\frac{h}{H_m}\left(1+m-\frac{n}{2}\right)-\frac{Q_p}{Q_{m1}}\cdot\frac{h}{H_m-H_0}\left(1+m-\frac{n}{2}\right)\right\}$$

$$\therefore\ \frac{\Delta Q_m}{Q_m}=\frac{h}{H_m}\left(1+m-\frac{n}{2}\right)\left\{\frac{Q_b}{Q_{m1}}+\frac{Q_p}{Q_{m1}}\cdot\frac{H_m}{H_m-H_0}\right\}\quad\cdots\cdots\cdots(17)$$

右式ヲ觀ルニ大括弧内ノ値ハ普通一ヨリ大ナルヲ以テ此場合最大流量ハ單一矩形斷面ヨリ速ニ遞下スヘシ

第三節　三種斷面ニ於ケル遞下率ノ比較

今上流M點ニ於ケル水位曲線及最大流量ヲ與ヘラレ之ヲ導クニ同一ナル水位及水位勾配ヲ有スル三種ノ河道ヲ以テシタル場合同一期間又ハ同一距離流下後最大流量ハ如何ニ低下スヘキカヲ比較セン爲メ假ニ次ノ如キ材料ヲ假定ス

$H_{m1}=18$ 尺　　$t_1=10{,}000$ 秒　　$n=1.5$　　$h=2$ 尺

$Q_{m1}=150{,}000$ 個　　$I=\dfrac{1}{3{,}600}$　　$k=\dfrac{1}{2}$　　$m=\dfrac{2}{3}$　　$C=55$

(一) 斷面矩形ナル場合

$v_{m1}=CI^{\frac{1}{2}}H_{m1}^{\frac{2}{3}}=6.3$ 尺　　$B=\dfrac{Q_{m1}}{v_mH_m}=1{,}320$ 尺

$$\frac{\Delta Q_m}{Q_m}=\frac{h}{H_m}\left\{1+m-\frac{n}{2}\right\}=\frac{2}{18}\left\{1+\frac{2}{3}-\frac{1.5}{2}\right\}\fallingdotseq 0.1$$

$$L=6{\cdot}3\times10{,}000=63{,}000\text{ 尺}$$

(二) 拋物線形斷面

$$R=\frac{2}{3}H \qquad \therefore\ R_m=12\text{ 尺} \qquad \therefore\ v_m=CI^{\frac{1}{2}}R^{\frac{2}{3}}=\frac{55}{60}(12)^{\frac{2}{3}}=4{\cdot}37\ {}^{尺}/_{秒}$$

$$B=\frac{Q_m}{v\left(\frac{2}{3}H_m\right)}=\frac{150{,}000}{4{\cdot}37\times12}=2{,}860\text{ 尺}$$

$$\frac{\Delta Q_m}{Q_m}=\frac{h}{H_m}\left(1{\cdot}5+m-\frac{3n}{4}\right)=0{\cdot}12 \qquad \text{and} \qquad L=43{,}700\text{ 尺}$$

(三) 複形斷面ノ場合　斷面ノ形狀ハ次ノ如ク定ム(左圖參照)

$H_0=10$ 尺　　常水路幅員$=B=660$ 尺　　洪水敷ニ對スル $C=30$

然ル時ハ　　$v_m=6{\cdot}3\ {}^{尺}/_{秒}$

$$Q_b=\frac{150{,}000}{1{,}320}\times660=75{,}000\text{ 個} \qquad \therefore\ Q_p=Q_{m1}-Q_b=75{,}000\text{ 個}$$

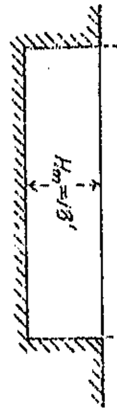
$$u_m=CI^{\frac{1}{2}}(H_m-10)^{\frac{2}{3}}=30\times\frac{1}{60}(8)^{\frac{2}{3}}=2\text{ 尺} \qquad \therefore\ pB=\frac{75{,}000}{2\times8}=4{,}690\text{ 尺}$$

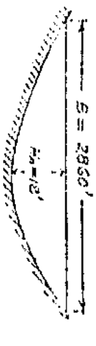
$$\therefore\ \omega=\frac{660\times6{\cdot}3+4{,}690\times2}{660+4{,}690}=2{\cdot}52\ {}^{尺}/_{秒}$$

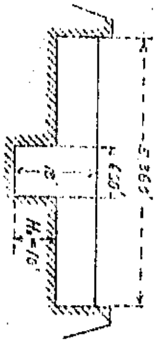
$$\frac{\Delta Q_m}{Q_m}=\frac{2}{18}\left(1+\frac{2}{3}-\frac{1{\cdot}5}{2}\right)\left\{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\cdot\frac{18}{8}\right\}=0{\cdot}1\times1{\cdot}63=0{\cdot}163$$

$$L=25{,}200\text{ 尺}$$

面シテ複形斷面ニ於テハ常水路ニ比シ洪水路ノ幅員大ナル程遞下率モ亦大ナリ
猶單位時刻ニ對スル遞下率ハ時刻 t_0 ニ關係ナシト假定スレハ一萬尺ヲ流下スル間ニ於ケル最大流量ノ低下ヲモ算出シ得ヘシ即此等ヲ百分率ヲ以テ示セハ次ノ如シ







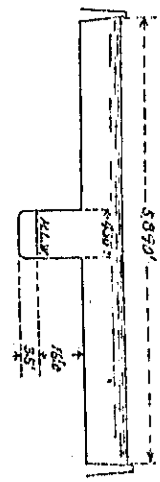
	時間 10,000 秒間ニ	距離 10,000 尺間ニ
$\frac{\Delta Q_m}{Q_m}=$	10	1·6
$\frac{\Delta Q_m}{Q_m}=$	11·5	2·6
$\frac{\Delta Q_m}{Q_m}=$	16·3	6·5

由テ最大流量ノ低下ハ複形斷面ニ於テ最モ顯著ナルヲ知ル

第四節　公式(6)ノ實例

茲ニ用フル實例ハ荒川筋古谷、大久保間ニシテ此區間支川及大樋門ナク其距離ハ洪水敷中心ニ沿フテ約七二・五町即略二六、〇〇〇尺ナリ本川洪水路ハ幅員極テ廣ク平均千間ニ達スルヲ以テ流量ノ調節作用極テ著シク大正三年八月下旬ノ洪水ニ關シ算定セル所ニ由レハ古谷ニ於テ二十二萬餘立方尺ニ達セシ流量モ約六里ノ下流赤羽鐵道橋附近ニ於テハ僅ニ十二萬個ニ過キス而シテ照査トシテ用ツル二點ノ最大流量ハ先ツ式(13)ヲ用ヒテ上流流量測量點ヨリ順次下流ノ流量ヲ算定シ來リ由テ以テ古谷ニ於ケル流量曲線ヲ求メ更ニ該曲線ト式(13)ノ關係トニ依リ大久保ニ對スル

モノヲ算出セルナリ該區間ニ於ケル平均斷面形ハ左圖ノ如シ(水位ハ平均低水位ヲ起點トス)



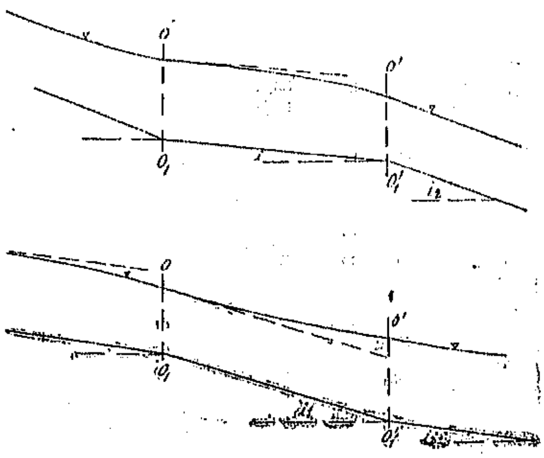
洪水月日	H_{m1}	H_{m2}	$H_{m1}-H_0$	Q_{m1}	Q_{m2}	v_{m1}	t (t_1)	H_{t1}	h	n	Q_r	Q_{t}	$\frac{100h}{H_m}\cdot\left(1+m-\frac{n}{2}\right)$	$\Delta Q\%$	公式ニ由ル $\Delta Q\frac{t}{t_1}$	實際ノ ΔQ
44,7	20·9	18·3	4·9	80,000	58,000	1·55	6^h–20^m (6–00)	20·0	0·9	1·33	43,500	36,500	4·3	1·02	11·0	8,800	22,000
44,8	20·1	18·5	4·1	69,000	60,000	1·47	8^h–50^m (8–00)	19·1	1·0	1·20	41,000	28,000	5·0	1·09	13·6	10,200	9,000
1,9,1	17·7	16·7	1·7	43,000	37,000	1·23	7^h–10^m (7–00)	17·0	0·7	1·30	33,000	10,000	4·0	1·04	12·9	5,550	6,000
2,8,27	25·0	22·4	9·0	152,000	143,000	2·18	7^h–00^m (7–00)	23·6	1·4	1·55	59,000	93,000	5·6	0·81	9·3	14,100	9,000
3,8,13	24·0	21·3	8·0	132,000	116,000	2·00	8^h–00^m (8–00)	23·0	1·0	1·60	56,000	76,000	4·2	0·89	7·8	10,300	16,000
3,8,29	27·6	24·0	11·6	222,000	187,000	2·66	2^h–30^m (2–30)	25·7	1·8	0·83	70,000	152,000	6·5	1·27	16·6	37,000	35,000
5,7,30	25·0	22·8	9·0	152,000	146,000	2·18	3^h–50^m (3–30)	24·4	0·6	1·17	59,000	93,000	2·4	1·10	5·5	9,200	4,000

茲ニ t ハ洪水波頂カ二點間ヲ流過スルニ實際要セシ時刻ニシテ計算ニ際シ豫メ之ヲ知リ置クノ要ナク唯結果ヲ餘リ不正確ナラシメサル爲稍近キ値ヲ假定シテ用フレハ可ナリ之ヲ t_1 ヲ以テ現ハシ表中括弧内ニ入レタリ而シテ m ナル係數ハ大同小異ナルヲ以テ A. Barnes ノ河川ニ對スル指數公式ニ依リ $m=0·694$ ニ採レリ猶右算出ノ結果ハ實例ト稍著シキ相異ヲ有スルモノアリ此等ハ

流路ノ形勢餘リニ複雜ニシテ之ヲ簡單ニ圖示ノ如ク現セル事及流狀曲線ノ妥當ナラサルニモ因ルヘシト雖モ倘一層重大ナル影響ヲ與フルハhニシテ是ハ一ニ水位觀測ノ正確ニ俟タサルヘカラスト雖モ現今ノ狀態ニテ夜間觀測ニ對シ充分ナル精度ヲ望ムハ到底不可能ナリトス故ニ今少シク整正ナル流路ニ於テ該公式ヲ適用シ其効果ヲ驗セラレン事ヲ讀者ニ希望スルモノナリ

第三章　流速公式ノ適用ニ就テ

多クノ流速公式ハ一樣ナル直線流路ニ於ケル定流(Uniform steady flow)ニ關スル實驗ヲ基礎トセリ然ルニ天然河川ニ於テハ低水勾配、斷面等ノ變遷アリテ上下互ニ相影響シ加フルニ所々ニ屈曲アリテ水頭ヲ消費スルヲ以テ水流ハ到底ゆにふぉーむナル能ハス從テ河川ノ或區間ニ於テ其平均水深、水面勾配、粗度等ニ由リ流速公式ヲ用ヒテ平均流速ヲ計算セントセハ區間ヲ充分長キ範圍ニ採リ以テ河狀變化ノ影響ヲ消却スルカ又ハ其上下ノ河狀ニ應シ適當ナル補正ヲ加ヘ且ツ屈曲ニ因ル水頭ノ損失ヲモ參酌スルノ要アリ而シテ流路不等ノ影響ハ水位ノ高キニ從ヒ益著シク從來洪水流速ハ到底公式ヲ以テ律シ得スト考ヘラレタル主因ハ實ニ玆ニ存スルモノヽ如シ猶此等ノ影響ハ極テ複雜ニシテ之ヲ理論上ヨリ一般的ニ解決センハ頗ル困難ナリト雖モ次ニ勾配ノ變遷屈曲等ニ關シ其影響ヲ略算スヘキ理論的方法ヲ述ヘントス

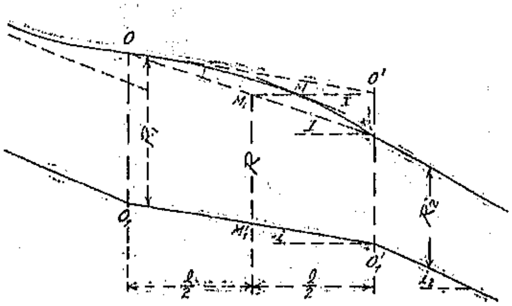


第七圖

第一節　水面勾配ニ對スル上下流ノ影響

一般ニ流路ノ一點ニ於ケル水面勾配ハ水位ニ由テ變化シ而シテ勾配ノ變化中洪水波ノ移動ニ因ルモノハ既ニ前文ニ詳述セシカ次ニ考究セントスル所ハ懸案區間ノ上下ニ於テ低水勾配ニ著シキ差異アル場合ニ任意ノ水位ニ對スル區間ノ水面勾配ヲ算出セン方法ナリ實際河川ニ於ケル勾配ノ緩急ハ多ク交互ニ存在スルヲ以テ問題ヲ次ノ二場合ニ限ラントス即懸案ノ區間カ其上下ニ急勾配(瀬)ヲ控フル緩勾配部(淵)ナル時及上下緩勾配ノ間ニ介在スル急勾配部ナル場合トス今第七圖ニ於テO O'ヲ問題ノ區間トシ低水勾配ハO及ヒO'ニ於テ急變スト考フ

	水位	平均水深	低水勾配	平均流速	河幅	流量
O	H_1	R_1				Q
OO'ノ平均	H	R	i	v	B	Q
$O'N'$	H_2	R_2	i_2	v_2	B_2	Q



第八圖

玆ニ低水勾配ト云フハ流量殆ト零ナル時ノ水面勾配ヲ意味ス

O O'間ノ水面ハ曲線ヲナシ勾配ハOヨリO'ニ次第ニ增減スヘケレハIヲ以テ其平均ヲ現ハス先ツ第一ノ場合ヲ考フルニO'ニ於テハ下流ノ急勾配ノ爲ニ水位低下シ區間ノ勾配ヲ急ナラシムルモOニ於テハ上流ニ當水ヲ生スルヲ以テiニ相當スル水位ヲ保存スト考フヲ得而シテO O'間ノ水面ハ略二次ノ抛物線ヲナスト考ヘ得ルヲ以テ區間ノ平均水深Rト平均勾配IトハM點ニ共存スヘシ然ルニM及O'ノ流量ハ同一ナルヲ以テ(Cヲ不變ナラシムル爲 $v=CR^mI^{\frac{1}{2}}$ナル形ヲ採用ス)

$$v=CR^mI^{\frac{1}{2}} \qquad v_2=CR_2^m i_2^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore \quad Q=CBR^{1+m}I^{\frac{1}{2}}=CB_2R_2^{1+m}i_2^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore \quad R_2=R\left(\frac{B}{B_2}\sqrt{\frac{I}{i_2}}\right)^{\frac{1}{1+m}} \qquad \therefore \quad \Delta R=R-R_2=R\left\{1-\left(\frac{B}{B_2}\right)^{\frac{1}{1+m}}\left(\frac{I}{i_2}\right)^{\frac{1}{2(1+m)}}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(18)$$

然ルニ今求ムル所ハ水面勾配ニ對スル一ノ補正ニ過キサルヲ以テ其算出ハ略算ヲ以テ足レリ因テ平均水深ハ略水位ニ比例シ河幅ハ凡テ同一ニシテ m ハ略 $\frac{1}{2}$ ニ等シト考フレハ

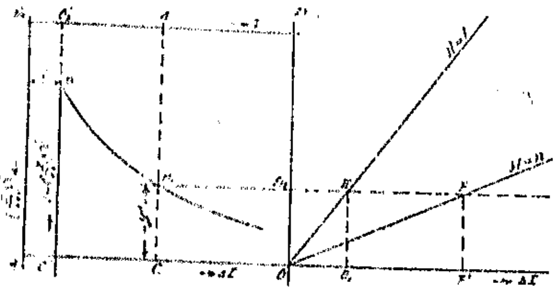
$$\Delta H=H-H_2=H\left\{1-\left(\frac{I}{i_2}\right)^{\frac{1}{3}}\right\}$$

$$\therefore\ I=i+\Delta I=i+\frac{2\Delta H}{l}=i+\frac{2H}{l}\left\{1-\left(\frac{I}{i_2}\right)^{\frac{1}{3}}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(19)$$

第二ノ場合ニ於テモ計算ノ徑路ハ全ク同一ニシテ唯 I ハ i_2 ヨリ始終大ナルヲ以テ ΔI ノ値ハ負ナリ即

1) $i<i_2$　　$\Delta I\cdots\cdots+$

2) $i>i_2$　　$\Delta I\cdots\cdots-$



第九圖

水位ノ昇ルニ從ヒ前者ニアリテハ勾配次第ニ急トナリ後者ニ於テハ次第ニ緩トナル式(19)ハ右邊ニ I ヲ含ムヲ以テ任意ノ水位ニ對シ I ヲ求メントセハ多少ノ試算ヲ行ハサルヘカラス然レトモ豫メ第九圖ノ如キ圖表ヲ作成シ置ク時ハ容易ニ I ヲ求メ得ヘシ H ハ流量零ナル點ヨリ起算シ其點ニ於ケル勾配ヲ i ト定ハ先ヅ O_1I 軸ノ上ニ I ヲ採リ O' 軸 H 上ニ $\left(\frac{I}{i}\right)^{\frac{1}{3}}$ ヲ採ル即 $x=\left(\frac{I}{i}\right)^{\frac{1}{3}}$ ナル曲線 BB_1 ヲ畫ケハ此曲線ト $x=1$ ナル直線 $O'C$ 線トニ挾マル、縱距ハ $x=1-\left(\frac{I}{i}\right)^{\frac{1}{3}}$ ヲ現ハスヘシ

次ニ OD 軸上ニ H ヲ採リ OE 軸上ニ $\frac{2}{l}\left\{1-\left(\frac{I}{i}\right)^{\frac{1}{3}}\right\}=1$ 長ヲ適宜ノ縮尺ヲ以テ採リ之ニ由テ定マル點 E ト原點 O ヲ結ヒ更ニ B_1E ノ延長ヲ B_1E ト等間隔ニ區分シ其各點ヲ原點 O ニ聯結シテ多クノ放射線ヲ出ス今 B_1 ヨリ B_1E ナル距離

ノ點ヲFトスレハ

$$B_2F = nB_2E = n\frac{2}{l}y' = \frac{2n}{l}\left\{1-\left(\frac{I}{i_1}\right)^{\frac{1}{3}}\right\} = OF'$$

即OF'ハ水位nナル時ノΔIヲ現ハス依テ水位ヲ與ヘラレテ逆ニΔIヲ索メンニハOF'軸ニ示スΔIト$O'O$軸上ニ現ハル、ΔIト相等シキ値ヲ有スル點Fヲ索出スレハ可ナリ

第二節　流路屈曲ノ影響

流速公式ヲ用ヒテ河川ノ流量ヲ算定スルニ際シ稍長キ區間ノ斷面、水深、勾配等ノ平均値ヲ用フル時ハ河狀ノ部分的不規則ヨリ來ル誤差ヲ免レ得ヘシト雖モ區間長キニ亘ルニ從ヒ其間ニ多數ノ屈曲ヲ包含スルヲ以テ之ニ基ク勢力消費ハ稍著シキ程度ニ達スヘシ而シテ河川ニ於ケル屈曲ハ通常二種ニ區別スルヲ便トス一ハ砂礫層中ノ屈曲ニシテ或曲率ヲ以テ徐々ニ流向ヲ轉スルモノニシテ他ハ流路岩盤上ニ橫ハル場合ニ存スル急屈折ニシテ曲率半徑殆ト零ニ近キモノナリ而シテ此等二種ノ屈曲ニ對スル水頭損失ニ關シテハ既ニ多數ノ實驗及公式アリト雖モ若干ノ理論的立脚點ヲ有シ運用モ亦困難ナラサルモノハ前者ニ對スル Boussinesq 氏ノ公式及後者ニ對スル J. Weisbach 氏ノ公式ナリトス

(一) 徐々ニ方向ヲ轉スル場合

(Forschheimer :—Hydraulik, S. 241.
Boussinesq :— Essai sur la théorie des eaux courantes, S. 602.)

此場合ニ對シ Boussinesq 氏ノ理論的ニ導キタル公式ハ

$$I = \frac{v^2}{H}\left(\frac{1}{C^2}+\frac{3}{4}\sqrt{\frac{B}{R}}\right) \qquad \cdots\cdots (20_a)$$

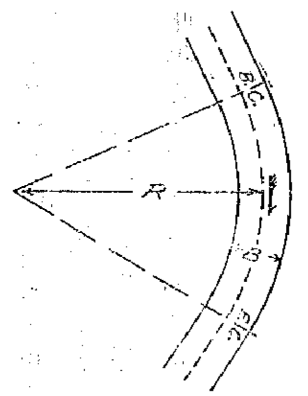
I……實際ノ水面勾配　v……平均流速

H……平均水深　　R……屈曲部ノ平均半徑

B……河幅　　ζ_1……係數

而シテ W. Lahmeyer 氏ノ實驗ニ依レハ

$$\zeta_1 \fallingdotseq \frac{3}{4}\cdot\frac{1}{C^2}$$



第十圖

依テ式(20_a)ヲ書換ヘ有効水面勾配ヲI_1ニテ現ハセハ

$$I = I_1\left(1+\frac{3}{4}\sqrt{\frac{B}{R}}\right),\quad I_1 \fallingdotseq I\left(1-\frac{3}{4}\sqrt{\frac{B}{R}}\right) \quad \cdots\cdots(20)$$

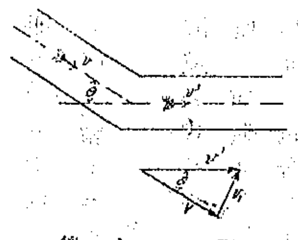
尚屈曲部ノ長ヲlトスレハ屈曲ニ由リテ消費サルヽ水頭h_1ハ

$$h_1 = (I-I_1)l = \frac{3}{4}Il\sqrt{\frac{B}{R}} \quad \cdots\cdots(20_b)$$

(二)急屈折ノ場合

J. Weisbach 氏ハ實驗ニ依リ此場合ニ對スル水頭損失h_2ヲ次式ニ依テ現ハシタリ

$$h_2 = \zeta\frac{v^2}{2g} \qquad \zeta = 0{\cdot}946\sin^2\frac{\theta}{2} + 2{\cdot}05\sin^4\frac{\theta}{2} \quad \cdots\cdots(21_a)$$



第十一圖

而シテ上式ハ全ク實驗上ヨリ得タルモノナルヲ以テ今斯ル場合ノ水頭損失ヲ理論的ニ求ムルニ第十一圖ニ於テ流水ハvナル速度ヲ以テ河岸ニ衝突シθ丈ケノ方向轉換ヲナシv'ナル速度ヲ以テ流レ去ルモノトスレハv'ハ初速度vトv_1ナル速度トノ合成ニ由テ生セシモノナリ依テ衝突ノ爲ニ失ハルヽ水頭ハv_1ナル流速ヲ生スヘキ水頭ニ比例スヘシ即

$$h_2 = \mu\frac{v_1^2}{2g} \qquad \mu\text{……係數}$$

然ルニv'ハvニ等シキ時ハ

$$v_1=2v\sin\frac{\theta}{2}\qquad\therefore\qquad h_2=4\mu\sin^2\frac{\theta}{2}\cdot\frac{v^2}{2g}$$

此式ヲ式21$_a$)ニ比スルニ$\mu=\frac{1}{2}$ニ採レハ略近似セル値ヲ與フルヲ視ル依テ

$$h_2=v^2\frac{\sin^2\frac{\theta}{2}}{g}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(21)$$

故ニ懸案ノ區間(長l)中ニ多クノ急屈折ヲ有スル時ハ有効水面勾配I_2ハ

$$I_2=I-\frac{v^2}{gl}\Sigma\sin^2\frac{\theta}{2}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(21_b)$$

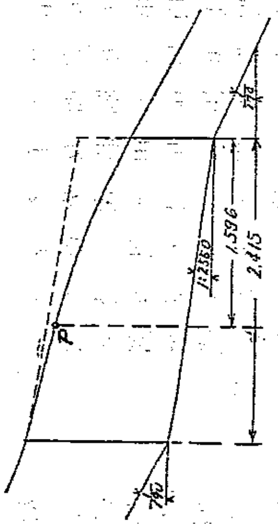
第三節　第一節ノ實例

一般ニ新公式ノ樹立ニ當リテハ其効果如何ヲ實際現象ニ問ハサルヘカラス而シテ理論ノ照査トシテ最モ望マシキハ適當ニ計畫セラレタル實驗(人工設備ニ依ル)ナリト雖モ斯ル設備ハ多クノ場合得テ望ムヘカラサルヲ以テ本節ニ於テハ照査ノ材料ヲ直ニ天然河川ニ求メサルヘカラス本章ノ公式ニ對スル照査トシテ用フル材料ハ荒川筋末野ニ於ケル流量測量ノ結果ニシテ谷口內務技手及脇田氏ノ周到ナル注意ヲ以テ施行セシ所ナリ流量測量ノ方法ハ河幅約六十間ニ對シ適當ナル間隔ニ配附セル五個以上ノ浮子ヲ以テ一回ノ觀測ヲ形成シ充分ナル吃水ノ浮竿ト表面浮子トヲ交互ニ用ヒ得タル所ノ浮竿速度ト表面速度トニ依リテ予ノ考案セル竹竿ニ固有ナル補正法ヲ用ヒテ平均速度ヲ算出セルヲ以テ其値ハ稍信頼スルニ足ルヘキヲ信ス而シテ上下見通線ニ量水標ヲ設ケ一回測量毎ニ之ヲ讀ミ以テ實際水面勾配ヲ算定セントセシモ水位ハ短周期ノ波ト周期數十秒ノ脈動トニ由リ變動甚シク無感覺ナル人夫ニシテ初テ讀數ヲ得ル如キ狀態ニシテ是ニ由

1605

テ算定セル水面勾配ハ著シク不精確ノ嫌アリ

末野附近ノ低水平均勾配約三百分一ニシテ流量觀測地點ハ前後急瀨ノ間ニ介在スル長二四一五尺ノ淵部ニ在リ前後見通線ノ間隔三六〇尺ニシテ其略縱斷圖ハ第十二圖ニ示スカ如シ



第十二圖

H……水位(尺)　　　　R……平均水深(尺)

I……實際測定セシ水面勾配

v……實際測定ノ結果ヨリ求メタル平均流速(每秒尺)

C……R, I, 及 v ヨリ算出セル流速係數 $(v=C\sqrt{RI})$

I_m……公式 (19) ニ依リ算出セル水面勾配

I……P 點ニ於ケル水面勾配

C_1……R, I_1 及 v ヨリ算出セル流速係數

偖此場合ニ於テハ流量測定區域ノ中央點ハ式(19)ニ相當スル點 M トー致セサルヲ以テ之ニ適當ナル修正ヲ加フルヲ要ス今水面ヲ拋物線ト假定シ其兩端 O 及 O' ノ相當水位ヲ H_1 H_2 トス該區間ニ於テハ i 小ナルヲ以テ拋物線ノ軸ハ O_1' ヲ過クル水平線ナリト假定スルヲ得ヘシ依テ次ノ如キ計算ヲ施シ得

$$x+a=ay^2 \quad \text{and} \quad y=H+ix$$

$$\text{if} \quad x=0,\ y=H_1 \quad \therefore \quad a=aH_1^2$$

$$\text{if} \quad x=l,\ y=H_1+il \quad \therefore \quad l+a=a(H_1+il)^2$$

$$\frac{dx}{dH}=2a(H+ix)\left(1+i\frac{dx}{dH}\right)$$

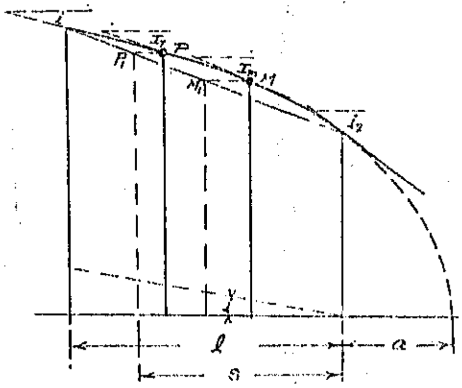
$$\frac{dx}{dy}=2ay \quad \text{or} \quad I=\frac{dy}{dx}=\frac{1}{2ay}$$

$$\therefore \quad I=I_m\frac{y_m}{y} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(22)$$

例示ノ場合ニ於テハ

$$i=\frac{1}{2{,}550}, \quad i_2=\frac{1}{174}, \quad l=2{,}415\text{ 尺} \quad S=266\text{ 間}=1{,}596\text{ 尺}$$

水面曲線ハ水位ニ由リ其形ヲ異ニスレトモ $\frac{y_m}{y}$ ノ値ニアリテ其變動微々タルヲ以テ玆ニハ堰水ノ略中間ニ位スル水位ニ對スル曲線ヲ採リテ $\frac{y_m}{y}$ ノ値ヲ算出セントス即O點ニ於テ二〇尺ナル水位ヲ採リ



第十三圖

$$Q=CBR_1^{1+\frac{1}{2}}i^{\frac{1}{2}}=CBR_2^{1+\frac{1}{2}}i_2^{\frac{1}{2}} \qquad \therefore \quad R_2=R_1\left(\frac{i}{i_2}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\therefore \quad R_2=20\left(\frac{174}{2{,}550}\right)^{\frac{1}{3}}\fallingdotseq 8{\cdot}0 \qquad \therefore \quad a=\alpha H_2^2=64\alpha$$

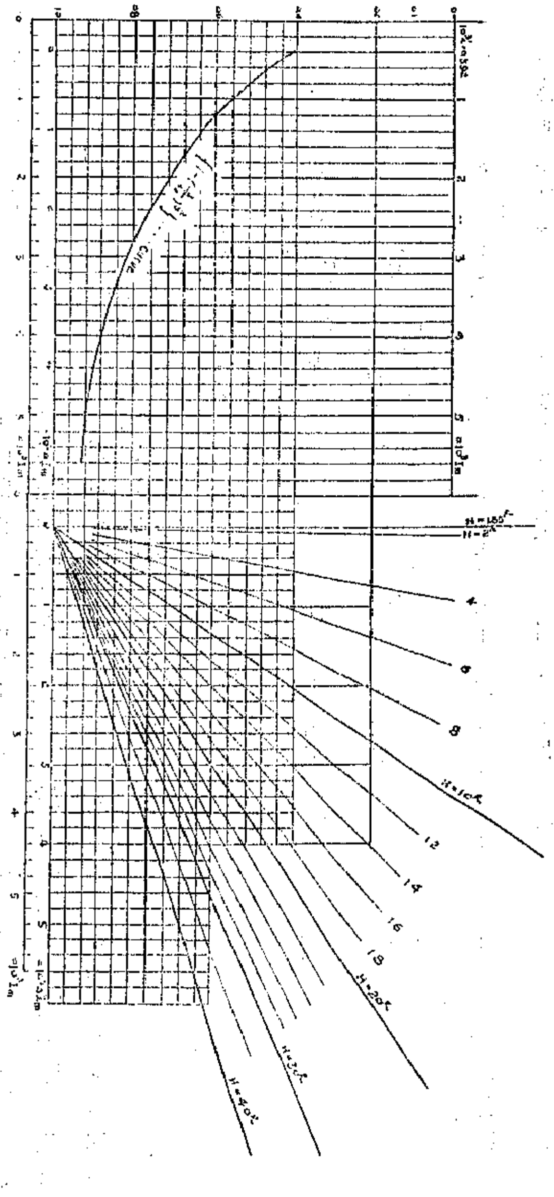
$$l+a=\alpha\left(20+\frac{2{,}415}{2{,}550}\right)^2 \qquad \therefore \quad \frac{l+a}{\alpha}=\frac{441}{64} \qquad \therefore \quad a=410$$

$$\alpha=\frac{a}{H_2^2}=6{\cdot}4 \qquad \therefore \quad x+410=6{\cdot}4y^2 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\text{水面曲線ノ等式}$$

P點ニ對シテ　$1{,}596+410=6{\cdot}4y^2$　$\therefore \quad y=17{\cdot}7$ 尺

然ルニ　$H_m=\frac{20+8}{2}=14$　$y_m\fallingdotseq 14+0{\cdot}5=14{\cdot}5$

$$\therefore \quad I = I_m \frac{y_m}{y} = \frac{14\cdot5}{17\cdot7} I_m = 0\cdot82 I_m$$



第十四圖
末野ニ於ケル水面勾配計算圖表

此等ノ材料ニ依リ I_1 C_1 及 n ヲ計算スレハ次ノ如シ

H(尺)	R(尺)	$10^3 I$	v(尺/秒)	C	$10^3 I_m$	$10^3 I_1$	C_1	n
1·85	3·7	0·391	2·24	58	0·40	0·33	64	0·029
1·86	3·7	0·407	2·3	59	0·40	0·33	66	0·028
3·66	4·4	0·337	3·8	99	0·78	0·64	69	0·028

3·67	4·4	0·337	3·8	99	0·78	0·64	69	0·025
8·36	7·2	2·25	6·9	55	1·33	1·05	78	0·027
12·62	11·2	3·37	9·6	52	1·61	1·32	79	0·028
·15·39	12·8	3·20	10·9	53	1·90	1·56	77	0·0295
16·92	13·3	3·79	10·8	47	2·13	1·75	71	0·033
21·26	17·4	2·25	14·6	74	2·30	1·89	81	0·029
21·45	17·6	2·53	16·6	78	2·32	1·90	91	0·0255
25·40	20·5	0·562	17·4	162	2·45	2·01	85	0 028
27·75	21·5	0·840	18·5	138	2·60	2·13	86	0·028
29·28	22·4	1·264	19·4	115	2·70	2·21	87	0·0275

前例ニ於テ算出セルnノ値ニ多少ノ不一致ヲ見ルハ河床ノ變化洪水波移動ノ影響幅員ノ不等流速測定並ニ式(19)ノ不完全等ニ因ルヘシ末野ニ於テハ渇水時ニ礫洲ノ所々ニ種々ノ深ニ目印ヲ附セル礫ヲ埋沒シ置キ以テ水位ト河床降下トノ關係ヲ觀察シツヽアルヲ以テ他日該現象ニ關スル適當ナル理論ヲ案出シ得ハ併テ誌上ニ發表セントス而シテ前例ニ於テ波動ノ影響ヲ全々無視セルハ水位低キ時ハ其昇降微ニシテ水位高キ時ハ勾配極テ急ナルヲ以テ結局水位ノ如何ニ係ラス勾配ニ對スル波動ノ影響ハ著シカラサルヲ以テナリ尙河幅モ全々一樣ナリト云フヲ得サレトモ不幸ニシテ該地點前後ニ於テ充分ナル横斷測量ヲ施行セサリシヲ以テ之ニ對スル補正ヲ行フニ由ナシ

兎ニ角前例ニ依リ洪水水面勾配ハ實測困難ニシテ是ニ由テ算出セルCハ極テ不規則ニシテ一見流速公式適用ノ不能ヲ思ハシムルト雖モ勾配ニ適當ナル補正ヲ加フル時ハ普通狀態ニ在ル河川ノnヲ用ヒテ實用上充分ナル流速ヲ算出シ得ヘキヲ信ス(完)