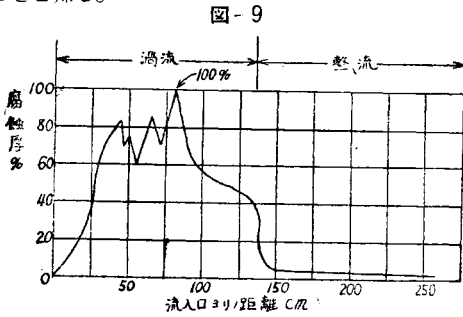


のより遙に大である。図-9 はそれを示す実験結果で、真鍮管に蒸溜水を流した場合、限界流速に近い状態で入った流水が渦流を形成し、やがて後半整流となり、その轉移点において腐蝕量も明瞭に変化していることを知る。



Bengough, G. D. and R. Mog; Seventh Report to the Corrosion Research Committee of the Institute of Metals, J. Inst. Metals, 32, 1924, P. 213.

Frank, N. Speller; 前出 P. 157~159.

(6) 鉄鋼の腐蝕は年と共に進行するが、同じく鉄鋼材でも静かな水の中と、空気を含んだ水を攪拌しながら供給する場合とでは其の程度を異にする。水圧鋼管の呑口、傾斜の変る部分、水車附近、或いは各継手附

近等では此の様な状態にあるのではなからうか。金属の腐蝕量については文献は極めて多くあるが其の一つを紹介する。此の腐蝕量は試験片の腐蝕減量をもとの表面積で除した数値で減少した平均厚を示している。使用された試験片は $6 \times 6 \times 0.062$ (吋) の圧延鋼材及び $6 \times 6 \times 0.125$ (吋) の鑄鉄、水質は $20^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ の蒸溜水、浸漬期間は 1000 日である。

表一五 鉄鋼の腐蝕量

材 料	腐蝕量 吋/年, 括弧中は mm/年	
	静 水 中	攪 拌 水 中
鑄 鉄	0.00123 (0.031)	0.00375 (0.095)
鍊 鉄	0.00150 (0.038)	0.00849 (0.215)
平 炉 鋼	0.00087 (0.022)	0.00781 (0.198)
轉 炉 鋼	0.00102 (0.025)	0.00791 (0.202)
純 鉄	0.00099 (0.025)	0.00704 (0.178)

Richardson, W. D.; Experiments on the Corrosion of Iron and Steel, Trans. Am. Inst. Chem. Eng., 13, pt. 1. (1920), P. 169~263.

Frank, N. Speller; 前出, P. 246~250

河川の洪水量に就て

正員 工学博士 鶴 見 一 之*

1. 総論

河川の最大流量をどれ位にとるかは、河川に関係する人々には最初に出会う重要な問題である。而して今迄諸先輩が與えた算出法や、曲線や、又は表などを参考に供し、或は、実際に河川について測定をしたものを参考し、心中不安をいだきながらも、多分大差はなからうと、多少安全側の値をとつて來た様である。然し、何となく信頼性に乏しい感がある。それで、私は次の様な算出方法を考へて見た。そして幾分か信頼性もてるのではなからうかと思つて居るので、ここに会誌をかりて發表し、諸彦の御叱正を仰ぎたいと思ふ。

2. 本論

河水の源は降水であり、此の水が多いのが洪水を起すのである。よつて如何なる原因によつて降水の多量が生ずるかを、先ず以て調べて見よう。我邦では中央氣象台で明治 33 年から昭和 21 年に至る 47 年間に起つた水害と、之をひき起した降水の原因とをしらべた所、次表を得たということを發表されて居るから之を拜借する。

原因	台風	低氣圧	旋風	不連続線	雷雨	氣流性降雨	不明
回数	146	60	42	16	12	1	4

又月別にした回数は次表の様である。

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
回数	0	2	4	17	17	32	64	58	56	21	9	6	381

之によつて見れば、7, 8, 9 の 3 ヶ月が漸然、他の月

*仙台工業専門學校長

よりも多いし、此3ヶ月が低気圧と台風の発生が多い月であることは一般によく知られて居る通りである。

以上により更に之を要約すると、急激性の強い雨と慢性的の強雨と、之に風の強弱、氣團の配置、交錯の具合、温度、氣圧等と地形的の諸情况等が入り乱れて地方的に強雨が生じたり、雷雨を生じたりする。然も、降水量の強度の大なる時間は、左程長くつづくものではないことが知られて居る。せいぜい4又は5時間程度つづく強雨があつて、其の前後は、ずつと強度がおちるのが、一般である。

洪水量をきめるに当り、過去永年の記録から、夫れ以上には達せぬという量があれば、之を探れば安全である。

之には長い年月間の観測をとらねばならぬことは明かである。そしてそれから、想定出来るのであるがそれが無い時には致し方なく流量を実測して見る必要が生ずる。此の測定も短かい年月では信頼性が乏しいのである。それよりは、むしろ統計的方法で永年の観測を基とした値から、何等かの拠ある値をきめた方が確さは大である。幸にも我邦では氣象台が明治の初年から設けられ、永年の記録が各地でとられて来た。之を基として強雨量の時間的変化を明かにする関係が求められて居るので、之から流量を求めることとする。

兎に角、河川流域に降つた雨の全量が河川に流れると考えて見れば、夫れ以上に流量が大きくなることはない。

實際は降水の一部は地中に滲透したり、一部は蒸発したりするけれど、今は之を除外して考を進めることにする。又簡単のため河川流域は地表の流域と同じとする。

衆知の如く、 t 時間の降水量を R とし、 F を流域面積とすると、 t 時間の平均流量は

$$q = \frac{RF}{t} \quad \text{となることは明かな事である。}$$

普通 q は $m^3/秒$ R は mm 、 F は km^2 、 t は秒を單位とするので

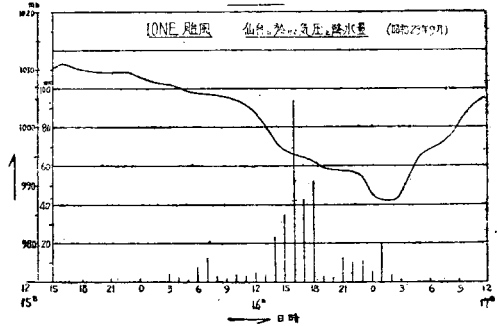
$$q = c \cdot \frac{RF}{t}$$

にて表わせる、 c は前記の單位を用いたための常数である。今吾々の考へて居るのは短かい時間内の雨量をいうので t は1日か或は普通数時間又は数分という間に降つた降雨をとる、従つて、強雨が時間的に、如何に変化するか、即ちどんな降り方をするかを、先ず以てとりあげて見ねばならぬ。此の様に短時間な降雨の情況を知るには自記雨量計の記録によるのが、最もしかである。

例えば昭和 23 年 9 月 16 日仙台市では記録的強雨

が降つた、之は Ione 台風に伴つた強雨であり、其の時間的变化の模様を線の高さで示すと、図-1 の様に

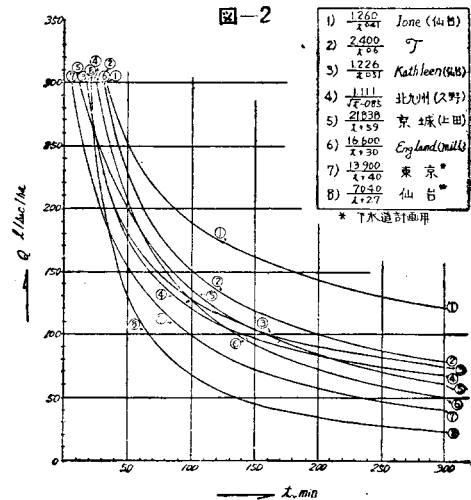
図-1



なる。之を見ると最強の降雨は5時間つき、其の最大は一時間で 94.3mm に達した。之に類する強雨で、それよりは強度の小さなのは昭和 22 年 9 月 15 日に Kathleen 台風に伴つて降つた雨の記録がある。その時の強度は Ione の夫れよりは小さく、継続時間は 4 時間である、之等に次ぐ強雨の数列を次表に示さう。

年月日	一時間最大量(R)	継続時間(t)
昭和 12 9 11	41.4mm	4 時
19 9 12	66.0	6
20 6 8	57.2	9
22 9 15	54.8	4
23 9 16	94.3	5

1 時間よりも短かい時間に区切つて見れば更に強度は大きくなるが、時間を5分とか10分とか20分30分等にして、求めた強度の大きな雨が、或面積例え



1 ha になつた全量を其時間の平均流量に直し其単位を l/sec にて表わす様にして、直交軸の縦に流量、横に時間をとつて曲線をかいて見ると、図-2 の様になり、(4)~(8) は既に発表されて居る所である。之は下水道の設計に便するために描いた曲線であり、従来観測されて居る主なものを比較のため出したのである。此の図表内に、Kathleen 及び Ione の両台風による降雨をも描いたのが (3) と (1) との符号をつけた曲線である。(1) と (3) を式で示すとそれぞれ次式となる。

$$q = \frac{1260}{t^{0.41}} \dots\dots\dots(1)$$

$$q = \frac{1226}{t^{0.51}} \dots\dots\dots(2)$$

式(1)及び(2)の t は時間の分であらわす

由來下水道の計画には短時間にふる強雨を標準として之に應ずる溝渠を造る様にして居り、いつも溝渠に流れる最大量を、どれ位にとるかが、問題になることは、河川の計画の時に、洪水量をどれ位にとるかが、重要問題となるのと同様である。それで図-2 に示した様な曲線が入用となる。而して従来発表されて居る大流量を求める式と其の曲線を描いたのであるから、此の曲線より上に出る流量を與うる式又は曲線を探めれば、夫れ以上の流量を実際に見ることはないということになる。仍て私がかかせる曲線をかいて見たのが、(2) 曲線であり、これを式であらわせば

$$q = \frac{2400}{t^{0.8}} \dots\dots\dots(3) \quad \text{となる。}$$

而して此の式は Kathleen 台風の雨よりは稍々強い雨に対する式といつてよい。

之によつて見れば、(3) 式で示した値ならば、まあ大丈夫安全の洪水量を與えるし、之以上の量をとつて設計するのはつまらぬ金を使うことになるといつてよい。ここに於て注意すべきことは、図-2 で見られる通り、Ione 台風の場合は、少し危険ではないかともいえよう。然し、Ione 台風に就ては別に本論の終りに註1にて説明する如く、極めて特異の例であるので、普通の場合には之は考慮外においてよいし、極めて小さな流域の極めて大切な土地を保護せねばならぬという様な場合には(1)の曲線を使うべきであらう。

仍つて普通の中大河川では Kathleen 級の雨の方が洪水量をきめる標準となるべきであり、(3) 式の (2) の曲線ならば更に安全である。

さて(3)式を実用に供するには、更に此の式で得た値に、遅滞係数と、地表が裸地であるか、畑であるか田であるか等の地種による流出係数を乗せねばならぬ。夫れをきめるには更に地表面の勾配の緩急や、降雨が永く継続して居つたか如何か等を考慮せねばなら

ぬ。今遅滞係数を c_1 流出係数を c_2 にて表わし $c=c_1c_2$ とする。 c の最大値は 1.0 であるが、流域面積の大小や、地種如何で 1.0 以下 0 に近い値までも考えられるが、洪水を起す様な状況の下では、1.0 に近い場合も考えられるけれど、概ね 0.5~1.0 であらう。

(3) 式の q は $l/ha/sec$ を単位として居り、 t は分を単位として居るが、河川に就て考える際は q は $m^3/sec/km^2$ 、 t は時(hour)を単位とする方が便である。

今(3)式の単位を河川にて用うる単位にかえると

$$q = \frac{20.6}{t^{0.8}} \dots\dots\dots(4)$$

となる、此の q は所謂比流量であるから、之に F をかけると、

$$Q = \frac{20.6 F}{t^{0.8}} \dots\dots\dots(5)$$

同様に Kathleen 級の雨では

$$Q = \frac{15.2 F}{t^{0.51}} \dots\dots\dots(6)$$

Ione 級の雨では

$$Q = \frac{24.6 F}{t^{0.41}} \dots\dots\dots(7)$$

さて之等と同類異形の式は、物部博士の與えられた次の両式である。之は博士の著「水理学」に出て居り、多くの技術者に愛用されて居る、即ち或る断面より上流の流域面積を $F km^2$ 、1 時間平均雨量を $r mm$ とすれば最大洪水流量は

$$Q = 0.2778 f r F$$

若し最多日雨量のみが與えられる時は T 時間の最大雨量の平均強度 r は、 r_0 を最多日雨量の平均 1 時間雨量とすれば

$$r = r_0 \left(\frac{24}{T} \right)^{0.67}$$

式中の f は、さきにかいた $c=c_1c_2$ の c にあたり、 $f=1$ 、 $F=1 km^2$ として比流量の式に変えると

$$q = 0.2778 r_0 \left(\frac{24}{T} \right)^{0.67} \quad \text{となる。}$$

T はさきに示した t と同様である。この式では r_0 という 1 時間の降雨量を知らねばならぬ。今簡単のため 1 日の最大雨量を 240 mm とすれば、1 時間降雨量 10 mm となり、360 mm にとれば 15 mm となる。此の 2 つの値を式に入ると

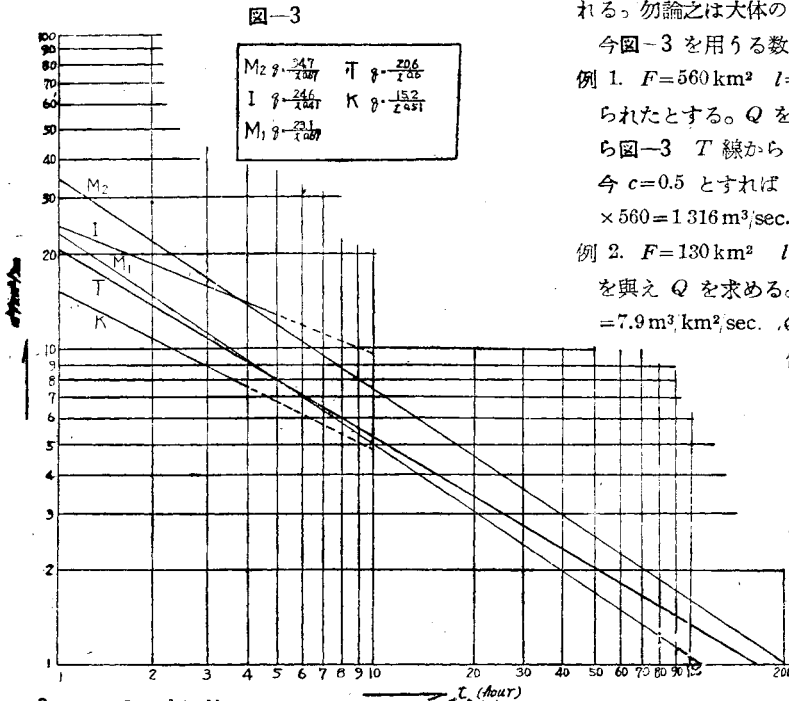
$$q = \frac{23.1}{t^{0.67}} \dots\dots\dots(8)$$

及び $q = \frac{34.7}{t^{0.67}} \dots\dots\dots(9)$

以上(5)(6)(7)(8)(9)の 5 式は分母の常数と t の指数が異なるのみにて、何れも同形の式である。式の成

立から見るに t_0 をどの様にとるかを定めるに何となく不安の感の存する様な気がするから、 t がきまつたら降水量は、おのずからきまつて来るし、之より大きな流量にはならぬと考えたやり方の(5)式の方が使用に便ではなからうかと思われる。

以上の指教公式は対数方眼紙を用いれば、極めて簡単に直線であらわせる。それは図-3である。



3. のとり方に就て

河川の流路を l km とし、其の間の平均流速を v km/hr とすると、 l 間を流るるに要する時間は $t = \frac{l}{v}$ を要することは明かである。故に降雨が t 時間以上つづけば、全流域は、その雨の降雨区域内にあり、一様の雨がその区域にふつたと考えて、流量を求めることが出来るから問題は簡単である。小河川の小区城などは此の種の計算法をとり得る。よつて短時間の強雨を標準とすることになる。然し t が h という降雨継続時間より大きい時即ち大中河川の終りに近づくに従て、 t は大となり、降雨強度は小となる。

次に l は河川のどの部分を考へて居るかで定るが、 v をどれ位にとるかということは、勾配の急な河川か、緩な河川か、流路の障害が多いか少いか等で一樣ではない。

然し、從來洪水が傳播する速度は大抵永年の観測から知られて居る。而して此の傳播速度と流速とは殆んど等しいか、或は流速の方がやや小である。よつて簡単なため河川の平均流速をとる。 $t < t_0$ の時には所謂

遲滯という現象を生ずるから、 c なる係数は下流に行くに従つて小さくとられねばならぬ。

以上述べ來つた所により、大河川では比流量が、上流では大きいが、下流に行くに従つて減じて來る理由もわかる。

v の値は極上流では 9~10 km/hr から、中流では 7~8 km/hr、下流では 5~6 km/hr 位であろうと思われ。勿論之は大体の目安を示したに過ぎない。

今図-3 を用いるの事例をとつて見る。

例 1. $F=560 \text{ km}^2$ $l=90 \text{ km}$ $v=7.5 \text{ km/hr}$ を與へられたとする。 Q を求めるに $t=12$ 時間であるから図-3 T 線から $q=4.7 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{sec}$ を得る。

今 $c=0.5$ とすれば $q=2.35 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{sec}$ $Q=2.35 \times 560=1316 \text{ m}^3/\text{sec}$.

例 2. $F=130 \text{ km}^2$ $l=40 \text{ km}$ $v=8 \text{ km/hr}$ $c=0.6$ を與へ Q を求める。 $t=5 \text{ hr}$ だから図表により $q=7.9 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{sec}$ $Q=0.6 \times 7.9 \times 130=616 \text{ m}^3/\text{sec}$.

例 3. $F=780 \text{ km}^2$ $l=100 \text{ km}$ $v=7 \text{ km/hr}$ $c=0.5$ より Q を求めるに $t=14.3 \text{ hr}$. 図表より $q=4.3 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{sec}$ $Q=0.5 \times 4.3 \times 780=1677 \text{ m}^3/\text{sec}$.

例 4. $F=11000 \text{ km}^2$ $l=250 \text{ km}$. $v=6.0 \text{ km/hr}$ $c=0.45$ を與へ Q を求む。 $t=41.7 \text{ hr}$. 表から $q=2.22 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{sec}$ $Q=0.45 \times 2.22 \times 11000=11000 \text{ m}^3/\text{sec}$.

〔註 1.〕 lone 台風を何故に特殊扱にしたか。

仙台管区気象台で発行された「Ione Typhoon に就て」という報告に此の台風に就ての詳しい研究がのせられて居る。あの記録的大豪雨を起した理由として、台風の襲來と共に、之に附隨した小台風が生れ、更に別に地方的に雷雨と一緒に降つたため、極めて局部的の狭い範囲に、強雨が生じたのであることが載つて居る。由來洪水の原因となる降雨は、台風性のものが主であるが、時には雷雨性のものから生ずることのあるのは、前にあげた通りであるのに、此等 2 原因が重なることもある。此の極めて稀の場合が昭和 23.9.16. に仙台及び宮城縣桑館町附近に生じたので、稀有の降水を見たのである。

それで、此の様な豪雨を標準として河川の流量を計算する一般の標準とするのは、果してよいか如何かと疑りのである。然らば此の大豪雨が、何時間つづいたかというに 5 時間位で、あとは著しく減退して居る。加之 12 km 位距つた所では $\frac{1}{2}$ 位しか降つて居ない。

夫れ故洪水到達時間が5時間以内に到達する様な部分には、Ione 紙の雨量を標準として流量を求めれば安全であろう。けれど之は極めて稀に起ることであるから、少々冒険的ではあるが、Ione よりは低い標準にしても、普通は大丈夫であろう。大中河川ならば到達時間は概ね5時間以上であろう。仍つて図-3 に於て5時間以上の所は破線で10時間の所まで線をひいたにとどめた。

〔註 2.〕 降雨強度に就て

短時間に強い雨の降つた時、其の雨の強度と継続時間との関係は次式にて表わせることは、永年の氣象観測から求められて居る。一般に

$$R = at^b$$

R は mm で t 時間に降つた雨 a は1時間の最大降雨量を mm で示した数、 t は時間 b は指数、

此の式は曾て中央氣象台から発行された中央氣象台彙報第 22 冊第 1 号 (昭和 16 年 6 月下旬~7 月下旬豪雨報告) に高橋浩一郎、眞清國光両氏が発表された所の式を一般化して、既掲「Ione Tpyhoon に就て」の報告中に佐藤義正氏の発表された式であり、前記の高橋、眞清両氏は b を 0.5 とされたが、之は相当多くの例から、定められた平均値である。而して佐藤氏は Ione 級では $b=0.59$, Kathleen 級では $b=0.49$ を得られて居る。又私の想定した曲線 図-2 (2) では $b=0.4$ となつて居る。いづれにしても実用上大差はない。指数に就て彼是論ずるよりも c なる係数をどれ位にとるかが問題である。

〔註 3.〕 c に就て

c は $c_1 c_2$ のかけ合せられた数であることは前に述べた通りである。 c_1 は遅滯係数であり、下水道の計画には

$$c_1 = \frac{1}{n \sqrt{F}}$$

$n=8$ 勾配の強き多少円形をなせる排水区域
 $n=6$ 平均の状態
 $n=5$ 稍勾配の弱き細長き区域
 $n=4$ 勾配の弱き細長き区域

而して F は此の場合には ha を単位として居る。けれども、河川の様大きい区域に此の式があてはまるか如何かは、明かでない。尙將來の研究に待たねばならぬ。

c_2 は流出係数で、屋根の様に降水全部が流れ出る場合には 100% に近い、85~90% 位であるが、砂利道路などでは 15~30% 公園又は庭園草地等は 0~25% 畑地及び鉄道敷地では 20% 森林では 10% などと種々の値が示されて居るが、之も降雨が永くつづいた後などでは大分百分率の値が増すものと見ねばならぬ。

以上の種々の条件を考えて見て c の値が定まるのであるが、よりよき値があつたら欲しいものと只管念願して居る。最も大なる流量を與ふる様に考えても c の値は 0.5~1.0 の間にあると思われる。0.6~0.8 位にとれば余程安全と称してよからう。

本文を草するに當り、仙台管区氣象台長理学博士本多弘吉氏に種々御世話になつたことを厚く感謝する。

土の繰返し圧縮試験に就て

正 員 八十島 義之助*

I. 概 要

繰返し荷重を受ける土はそれに依つて何んな状態を呈するだろうか。又其の状態が如何なる機構に基くものだろうか。之等を実験室的な特殊の2種の試験に就て調べた。いづれも攪乱された土を用いたが、初めには之で円壩型供試体を作り繰返し軸荷重を加へ(土円壩の繰返し圧縮試験。次には直方体の煉瓦型供試体を作り之の上面中央部に繰返し載荷重を加えた(土の繰返し載荷試験)。前者を以て側面膨脹を許した荷重状

態とし、後者ではそれを許さず平面歪の状態とし、且つ双方共繰返し回数を 100 回前後に止めた。

II. 土円壩の繰返し圧縮試験

1 供試体

東京本郷合地のロームを用いた。予め 28 番篩を通らぬ粒子は除去し、内径 5cm 高さ 10cm の円壩型枠(図-1 参照)にて成型し、室内乾燥させ所定の含水量となつたものから逐次試験した。尙成型の過程に於ては、土の組成に関し各供試体が能うる限り均等であるように努めた。

2 装置及び試験方法

* 東京大学第一工学部助教授