

# 参 考 資 料

## 山 田 線 の 洪 水 被 害 に 就 いて

准 員 池 原 武 一 郎\*

### 1 概 説

山田線（盛岡より北上山脈を横切り宮古、山田、釜石に至る線）は閉伊川の洪水により1948年9月16日壊滅的な被害を受けて、所によっては縣道もろ共消失して大古の昔に還つてしまつた所もあつた。一線区で一度の洪水で此程の被害を受けたことは國鉄未曾有のことであり、同様の山間線の多い國鉄に取つては大きな宿題でもあるので精密な調査を実施して居る。

線路移動落下流失	7 750 m
築堤欠壞流失	265 510 m <sup>3</sup>
切取崩壞	10 680 m <sup>3</sup>
土留石垣擁壁破壞	16 390 m <sup>2</sup>
橋桁轉落流失	37 連
橋脚台傾斜破壞	32 基
建築破壞流失	数十個所
通信線電柱傾斜流失	25 本 延長 20 km

此所では Ione 台風の規模と此より受けた山田線の被害に就いて述べる。山田線の一部は 1947 年の Cathleen 台風でも被害を受けたので 2 洪水の場合を比較して見ることとする。

### 2 閉伊川に就いて

#### a) 流 域

閉伊川は岩手線下閉伊郡と紫波郡の郡境、区界峠附近に源を發し下北山系中を略東方に流下し、此の間、御山川、吉部沢川、達曾部川、夏屋川、小瀧内沢川、小國川、刈屋川等の支流を集め宮古湾に注ぐ、延長約 92 km 流域約 920 km<sup>2</sup> の河川である。従つて

$$\text{流域の平均幅員} = \frac{920 \text{ km}^2}{92 \text{ km}} = 10.0 \text{ km}$$

$$\text{Houlten の形状係数} = \frac{920 \text{ km}^2}{(92 \text{ km})^2} = 0.11$$

であり、此の面より類似河川を求めると

	平均流域幅員	係数
熊本縣 緑 川	11 km	0.112
愛媛縣 肱 川	13 "	0.151
島根縣 斐伊川	13 "	0.155
愛知縣 庄内川	13 "	0.141

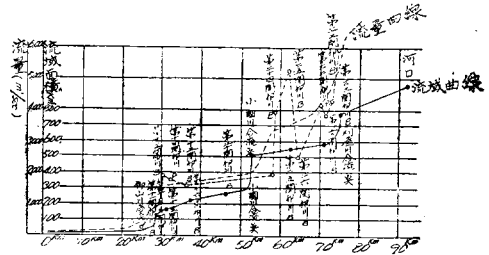
であり流域は細長い（図-1）。

図-1 閉伊川流域図



今閉伊川の流域曲線を書くと図-2 の様になる。

図-2 流域～流量曲線



#### b) 林相について

閉伊川沿の林相については全般的には未調査であるが、岩手縣廳の下閉伊郡の森林伐採状況の調査をあげると現在

総蓄積量	14 700 000 石
標準年代量	701 000 石

に対して実際の伐採量は次の如くである。

	最高記録	昭和 19 年 ～22 年平均
木炭	150 万石	80 万石
薪	40 "	30 "
木材	50 "	40 "
	合計	150 "

であり、最近 10 年間の蓄積量の喰込は約 800 万石であり、従つて林相の減少率は 35 % となる。

### 3 今回の洪水に就いて

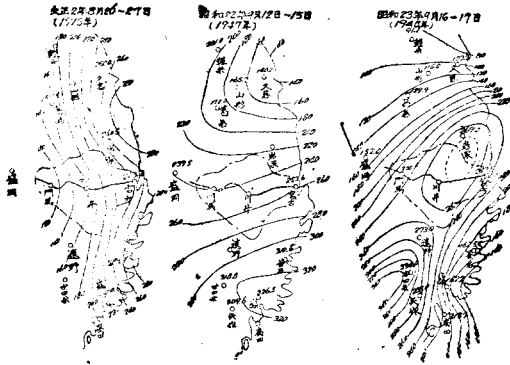
#### a) 降雨に就いて

台風そのものに就いても種々議論があることである

\* 日本國有鉄道運輸總局 施設局土木課

が、今回は降雨の形で論ずることとする。図-3 に今回の Ione 台風、1947 年の Cathleen 台風、及び山田線の建設基準となつたと云われる大正 2 年 (1913) 8 月の台風時の降雨図を示す。

図-3 降水量分布図



尙又、宮古測候所に於ける降雨量を比較して見ると下記の如き表を得る。

降雨量の差

年 日	一雨 時雨量	24時間時雨量		4時間時雨量	
		時 日	雨量	時 日	雨量
1. 1910-9	454.9	1899-10-29	294.3	1919-9	142.2
2. 1899-10	345.3	1915-9-16	249.3	1899-10	120.7
3. 1903-5	329.0	1918-11-24	226.3	1885-9	112.0
4. 1927-4	325.9	1911-6-19	229.4	1942-8	137.9 (504)
5. 1919-8	272.1	1927-4-6	221.1	1889-10	107.2
6. 1927-9	253.6	1901-10-9	219.3	1921-9	98.4
7. 1943-9 (Cathleen)	249.3	1913-8-27	215.8	1919-10	96.0
8. 1921-10	243.4	1896-8-28	194.0	1901-10	95.1
9. 1922-8	245.8	1885-10-3	185.4	1921-10	95.1
10. 1913-8 (Ione)	243.3	1945-11-15	175.8	1895-7	91.6

宮古測候所は 1878 年の開設であり、其の時以後の記録であるから、その超過確率は次の様になる。

設計基準となつたと云われる大正 2 年の Ione 台風降雨

一雨降水量	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{10}$
24 時間降水量	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{35}$
4 時間 "	?	$\frac{1}{17.5}$

洪水の対象として如何なる降水量を取るのが一番良いかは一概には云えぬが、以上の数値で概略の洪水規模を推定していただきたい。

b 洪水に就いて

山田線の閉伊川沿の延長は 60 km であるが、此の中、水位が施工基面以上になつた区間は 11 km であり、最高冠水は施工基面上約 3.00 m であつた。閉伊川沿に於ける要点的洪水水位、河床高サ等を実測し、

Kutter の式等を利用する事に依り下記の表を得た。

測 点	河川断面	水位	河床断面	勾配	平均流速	流量
第 34 閉伊川橋梁	12.2	6,740				
山田線 720 附近	13.5	25,430	22,430			
第 33 閉伊川橋梁	17.2	42,023		3.0	5.46	5,726
第 32	19.5	48,173	40,173	4.4	5.34	4,143
第 31	20.2	51,647	42,047	12.8	5.65	3,850
第 30	20.5	53,579			5.41	4,080
農地 T 入口	22.9	63,403	58,003			
山田線 32*600	24.2	75,645	66,645			
第 29 閉伊川橋梁	27.9	96,474				
第 28	28.9	102,306				
第 27	29.9	114,482		5.7	4.89	2,322
第 26	31.3	121,392	115,182	22.6	8.10	3,425
第 25	31.7	134,907		8.7	7.16	5,191
第 24	34.1	155,786		6.08	5.29	4,000
第 23	35.0	161,430	154,030	8.2	5.63	4,957
山田線 73*000	37.3	174,013	172,513			
小園川	39.7	193,899	185,647			
山田線 85*000	41.6	231,522	200,422			
第 22 閉伊川	43.6	227,625	217,425			
川内 T 入口	54.8	324,778	322,578			
第 16 閉伊川橋梁	56.2	337,839				
第 15	57.5	357,417	353,017	15.8	7.74	4,520
第 14 小滝 T 入口	57.3	326,017	322,017			
第 14 閉伊川橋梁	60.9	411,143		22.2	8.37	4,751.5
第 13	62.9	458,918	445,225	10.1	7.46	4,829
第 12	63.8	468,010	457,310	4.8	4.36	701.5
第 11	64.9	487,735	464,735			
御山川	66.9	508,401				
第 10 閉伊川	67.7					
第 9	67.4	518,025	513,225	15.4	4.73	2,514
第 8	67.9	525,725	521,225	22.3	7.02	4,16

流量に就いては以上の数値は最高値と考えてよい。沿岸の人々の話によると、最上流の支流に在る御山川橋梁に流木がつかえ、此所に流水が堰止められ、此の御山川を筆頭に順次上流の橋梁が破壊されたと云われて居る。即ち此の御山川に堰止められた水が一種の洪水級を形成し下流に及んだものと考えられる。

久永勇士博士或は、梶山浅次郎氏の式<sup>(1)</sup>を用いて第 33 閉伊川橋梁に於ける平均流量を計算して見ると、何れも 3500 m<sup>3</sup>/sec となり、上記の様な瞬間的な値を考慮すると 5000 m<sup>3</sup>/sec ~ 6000 m<sup>3</sup>/sec 程度と考えられる。又流速も後述の様に曲線路に於ける水位差の実測値を考えても 5~8 m/sec 程度であるから、上記の各数値は可成り妥当な値と考えられる (図-1 参照)。

4 各種構造物の被害に就いて

一例を橋梁に取れば、閉伊川沿の延長 60 軒に本流を横切る橋梁は 34 ヶ所あり、此の中被害を受けなかつた橋梁は僅に 7 橋梁であることを考えても各種構造物の被害が如何に大きいかが分る。此等の構造物の被害

1) 野満博士著：河川学

状況の一つ一つ取上げて見ても興味深いものがあるが、此等の中から共通現象を取上げて見る。

### 1) 流水の磨耗力に就いて

急流河川中のコンクリート構造物の受ける流水に依る磨耗は予想外に大きく、殆んど全部の橋脚が平水位以上の部分に損傷を受け、特に岩磐上に在る橋脚、橋台等で此に穴を開け立てらげて居るものは所謂後うめコンクリートが殆んど全部流去られて居る。此は施工の問題と云うよりはむしろ流水の磨耗力に依るものと考えられる。殊に高い橋脚ではかかる橋脚上の桁が不規則にクリーブして居ることがその踏より推定される。此等は何れも流水の磨耗力に依る基礎の弱化に基づくものと考えられる。急流河川中の構造物では設計に当つて予め磨耗されることを考慮せねばならないと考えられる。

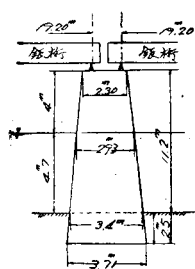
### 2) 野面石積構造に就いて

型枠の節約のために野面石積橋脚があるが、此等は殆んど被害を受けて居る。倒壊したものも多いが、しないものでも表面の浮いてしまったもの、或は亀裂の無数に入つたもの等満足なものはなかつた様に思われる。斬断された切口を見ると野面石のすぐ裏面へのコンクリートの行渡りが悪く此の部分が非常にポーラスであり、甚だしいのは中のコンクリートにも巨石を含んで居たものがある。やむを得ず野面石積にする場合には断面を大きくする必要がある様に考える。

### 3) 流水圧について

桁が全然冠水しないで、橋脚が轉倒したものを例に取つて、衝撃を含めて流水の圧力がどの程度になるものか計算して見ることとする。かかる被害は3橋梁あつた。

第12 閉伊川橋梁第3橋脚は図の様な大きさを持つ野面石積の橋脚であり、洪水時の水位等も図に示してある状態である。此の部分の流速は前記の表に在る様に4.36m/secである。



橋脚体積 =  $V = 80.5 \text{ m}^3$

橋脚重量 = 178.1 ton

桁の重量 = 19.4 ton

軌條重量 = 5.7 ton

総重量 =  $N = 203.2 \text{ ton}$

切断部の面積 =  $A = \pi R^2 = 3.14$

$$\times 1.86^2 = 10.9 \text{ m}^2$$

$$\text{切断部の断面係数} = S = \frac{\pi R^3}{4} = 5.04 \text{ m}^3$$

橋脚の破壊引張応力 =  $\sigma_{ta} = 10 \text{ t/m}^2$  と仮定する。

$$\text{橋脚の抵抗モーメント} = M_1 = S \left( \sigma_{ta} + \frac{N}{A} \right) = 147.0 \text{ tm}$$

$$\begin{aligned} \text{自重に依る轉倒に抵抗すべきモーメント} &= RN \\ &= 390 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\text{流水圧力} = R = KSV^2 = 0.04 \times 14.85 \times 4.36^2 = 11.3 \text{ t}$$

$$\text{流水の回轉モーメント} = M = 11.3 \text{ t} \times 4.85 = 55 \text{ tm}$$

従つて流木に依る回轉モーメント

$$= M = M_1 + M_2 - M_3 = 482 \text{ tm}$$

若し流木の来た時に底面が切れて居たとすると浮力が作用するから ( $N = 141 \text{ ton}$ ) 上述のモーメントは

$$M = 141 \text{ ton} \times 1.86 - 55 \text{ tm} = 208 \text{ tm}$$

今流木圧  $P$  の作用点を水面下 2m とすれば  $P$  の大きさは

$$P = 93 \text{ t 以上}$$

$$= 40 \text{ t 以上 (予め底面が岩磐から切れて居た時)}$$

実際問題としては底部の壊滅もあるし此の計算通りには行かないのは当然であるが、これを見ても急流河川中に於ける流木の圧力となるものは非常に大きいものであることが分る。地震荷重を水平震度 0.2 として上記の橋脚に就いて考えると橋脚底部にかかるモーメントは約 250 tm となる。従つて時には、流木圧が橋脚断面決定の要素となることがあり得ることは興味のあることである。

### 4) 桁の冠水した橋は 100% 橋脚が轉倒して居る。

これは当然な話であり計算して見るまでもなく橋桁が冠水すると流水圧が圧倒的に大きくなり橋脚に及ぼすモーメントは急激に増大する。従つて橋桁は水に侵す様なことがあつてはならない。今回の洪水では、鉄道橋と殆んど同じ状態になつた鉄筋コンクリートゲルバー道路橋が冠水しても轉倒しなかつた例があつたが、これは殊に自重が重いためであつて、鉄道橋の様なものでは桁は絶対に冠水させてはならないと考える。

此の場合特に考えなければならないことは橋脚に依る背水現象である。橋脚の流水跡を見ると上下流の差が普通の円形橋脚で 1m 前後、楕円形橋脚で 1.6m 前後もあつたが、これは水のはね返りがあるのでこのままほうけとれない。然し流水が非常に大きくなると、此の背水の量は予想以上に大きくなる。第26 閉伊川橋梁に於ける中央の橋脚に認められる上下流の水位差は 1.60m であつた。

今背水の概算を求めるために、橋脚による断面縮小に伴い energy の変化が水頭になるものと考え、概算公式に依つて検討して見る。

$$h = \frac{v^2}{2g} \left\{ \frac{B^2 H^2}{\mu^2 B'^2 (H+h)^2} - 1 \right\}$$

茲に

$B$ : 橋脚一本の受持つ河の中

$v$ : 平均流速

$B' : B - b$

$b$  : 橋脚の巾

$H$  : 平均水深

$h$  : 背水高

$\mu$  : 係数 0.90 位

第 26 閑伊川橋梁の場合

$B = 13.5\text{m}$ ,  $v = 8\text{m/sec}$ ,  $B' = 11.0\text{m}$ ,  $b = 2.50\text{m}$ ,

$H = 4.2\text{m}$

となるから、

$h = 0.88\text{m}$

更に流水のために  $b = 3.50\text{m}$  に相当する流水の阻害を受けたとすると

$h = 1.20\text{m}$

となる。従つて前述の実測される数値 1.60m を考えて見ても、此の様な急流河川に在つては背水が 1.00m ~ 1.20m 位となることもあり得る現象であると考え

る。  
従つて橋梁設計に當つて流量計算をするが、此の場合背水の高さを忘れてはならない。然し此の背水の量はホスパン 2 割、橋脚の大きさに依つて容易に減少せしめ得るものである。例えば前述の支間を 2 倍にすると、流木を考慮しなければ  $h = 0.60\text{m}$ 、流木を前と同じ型で考慮すれば 0.72m となる。更に此を鉄筋コンクリートの橋脚とすれば、流木を考慮しても  $h = 0.58\text{m}$  となり、半減する。

5) 石 垣

多くの石垣の設計は背後の土圧の存在を前提として初めて成立つものである。従つて背後が洗われては石垣自体の自立すらもあふない位であつて当底耐え得るものではなく、従つて石垣の設計に到つては背後が洗い流されない様なものにしなければならない。例えば頂頭に可成り広い範囲に張コンクリートをする等の考慮が必要である。石垣破壊の原因は殆んど背後の流失の様に考えられる。

6) 曲線部に於ける左右の水位差

曲線部に於ては流水の遠心力により左右水位が相当に異なる。今回の洪水に於て所によつては 3.0m にも及んだ。事実、次式に依り計算すると計算値も相当大となる\*。

$$h = \frac{v^2}{g} \log\left(1 + \frac{b}{r}\right)$$

茲に  $r$  : 凸岸曲線半径

$b$  : 水面巾

$v$  : 流速

例えば山田線 82k 600 附近では

$v = 5.4\text{m/sec}$

$b = 148\text{m}$

$r = 150\text{m}$

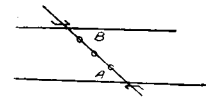
であるから

$h = 2.02\text{m}$

となる。従つて流速の大なる河川沿の構造物では、当然のことであるが、此の水位差を考慮しないわけにはゆかない。今回の被害橋梁の中でも凸岸部の方が遙に被害が大きかつた。

7) 斜角度の大きい橋梁の被害

橋梁が解角で横断して居る場合、彎曲その他の影響がない場合は流心が A 部に移り A 部に被害が多く、B 部は流



速も小さいらしく、土砂或は流木の推積が多い例が見られた。

山田線の主要橋梁は 36 あるが、此の中で今回主要な被害のあつたものの内訳を表にしておく。特に台風によらないものは除いたが此の判断は余り正確でないことをお断りしておく。

橋梁名	桁柱木	流水阻害	橋 脚		橋台		橋 台	備 考
			鉄筋	石	橋脚	橋台		
第1	○	○	○	○	○	○		小さい被害は此の程度もある
第2	○	○	○	○	○	○		
第3	○	○	○	○	○	○		
第4	○	○	○	○	○	○		
第5	○	○	○	○	○	○		
第6	○	○	○	○	○	○		
第7	○	○	○	○	○	○		
第8	○	○	○	○	○	○		
第9	○	○	○	○	○	○		
第10	○	○	○	○	○	○		
第11	○	○	○	○	○	○		
第12	○	○	○	○	○	○		
第13	○	○	○	○	○	○		
第14	○	○	○	○	○	○		
第15	○	○	○	○	○	○		
第16	○	○	○	○	○	○		
第17	○	○	○	○	○	○		
第18	○	○	○	○	○	○		
第19	○	○	○	○	○	○		
第20	○	○	○	○	○	○		
第21	○	○	○	○	○	○		
第22	○	○	○	○	○	○		
第23	○	○	○	○	○	○		
第24	○	○	○	○	○	○		
第25	○	○	○	○	○	○		
第26	○	○	○	○	○	○		
第27	○	○	○	○	○	○		
第28	○	○	○	○	○	○		
第29	○	○	○	○	○	○		
第30	○	○	○	○	○	○		
第31	○	○	○	○	○	○		
第32	○	○	○	○	○	○		
第33	○	○	○	○	○	○		

\* 野満博士著：河川学