

# 砂防ダム附近における流木阻止 に関する実験的研究

佐々木 八郎\*

(昭和 37 年 7 月 9 日受理)

目	次
1. 緒	言.....59
2. 実 験 目 的	.....59
3. 実 験 装 置	.....60
4. 模 型 実 験	.....61
5. 結	言.....85

## 1. 緒 言

長野県のごとく大河川の上流部を多数に擁し、しかも著名なる森林資源を有する地域にあっては、洪水時における流木の流下阻止は、災害対策上近年とくに重要視せらるべき問題である。本研究は、これに関して実験的考究を試み、被害防止工事の基礎的資料を得んとするものである。

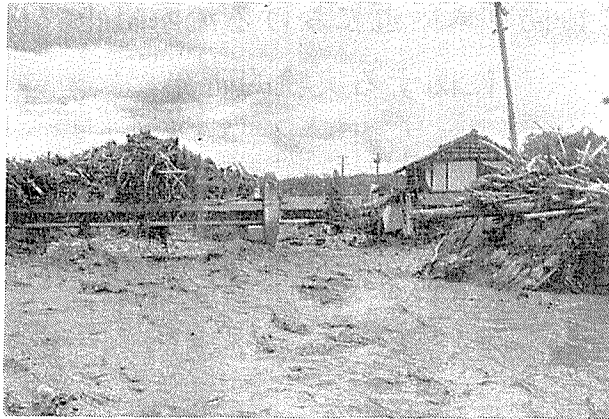
## 2. 実 験 目 的

河川上流部において、洪水時の土石流を防止する一対策として砂防ダムの設置さるるは周知の通りであるが、最近、河川の中・下流部の堤防・橋梁などの被むる災害の一大誘因として浮游物、就中、流木に端を発するものが著しく目立ってきている（写真—1 参照）。その被害は下流に到るに従い、連鎖反応的に激化増大しているが、しかし遡って河川上流部における之が対策は、現在わが国においては殆んど講じられて居らぬように見受けられることは誠に遺憾なことである。

筆者はこの問題について特に関心深きところの長野県当局の依頼を受け、同県担当技術者と種々検討協議を重ねた結果、上記の流木阻止を目的とし、かつ現場での実施が可能と思われる次の A, B 2 案を採り上げ、之が具体化に関するところの定性的水理実験を行なった。

---

\* 土木工学教室 助教授



写真—1 流木の堆積とコンクリート橋の破壊および破堤状況  
(鹿曲川, 昭和34年8月: 長野県土木部提供)

#### A. 副ダム利用案

一般に、砂防ダムにはその主ダムの下流側に副ダムが併せて設置せられ、両者の間にかなりのポケット状スペースが存在していることが多い。従って、この空間部分に流木をうまく貯留できれば、掲題の目的を達成し得るものと推察される。このために、主ダムの上流側に接して特にゲートを設け透水性はできるだけ保有したまま、流木のみをポケット部へ誘導せんとするものである。この場合には、ゲートの設定状態および流量が、誘導効果に対する大きな水理学的要素となろう。

#### B. 誘導網設置案

ダムの上流部に地形上遊水域が存在する場合には、適当な誘導網(仮称)を河中に設置することによって同水域にうまく流木を誘導貯留できれば、掲題の目的を達成し得るものと推察される。この場合には、網の設定方向が誘導効果に対する大きな水理学的要素となろう。

以上のA, B 2案について、それぞれ工作物設置上の一指針を与え、その効果の程度を予測することを目的として、土木教室の水理実験施設を使用し実験的研究を行なった。

### 3. 実験装置

実験水路は、図—1に示すごとき内巾60 cm, 深さ40 cm, 長さ9.75 mの鉄筋コンクリート製(一部合成樹脂透視壁)のものを使用した。

この水路を流れる全流量( $Q$ で表わすことにする)は、その上流端に設けた三角堰付属のフックゲージにて水位を読みとりこれを予め精密に測定し作製された水位流量曲線図に照合して直ちに得られた。また、低水溢流部を流れる流量( $q$ で表わすことにす

る) は秤量して直接測定された。水路内の水位測定は別にポイントゲージによった。

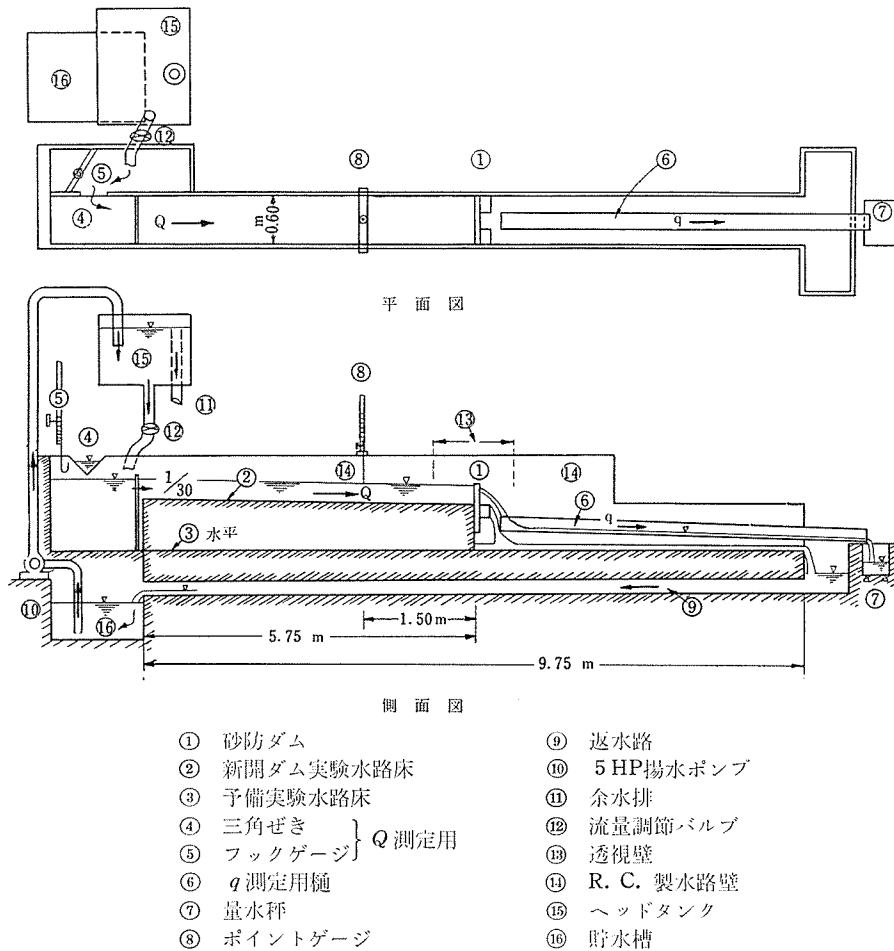


図-1 実験水路

## 4. 模型実験

さきに掲げたA, B 両案を実際に適用する場合のテストケースとして新開砂防ダムを対象とし、模型によってその定性的な基礎実験を行なった。

### 1) 新開砂防ダムの概況

#### i. 鹿曲川と本ダム

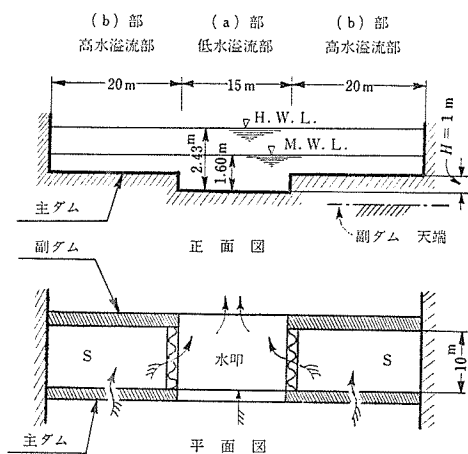
鹿曲(カクマ)川は千曲川水系に属し、蓼科山(標高2,530 m)に源を発する急流河川であり、1959年の7号台風においてその下流部に、特に流木による橋梁破壊、堤防破

壊の多大の災害を生じている。之が対策として現存の新開砂防ダム（北佐久郡春日村地籍，標高 1,100 m）を多少改造し，主として洪水時における流木を同ダムによって阻止し，土石流はこれより約 800 m 上流に新設中の中土場ダム（高さ 16.5 m，堤長 157 m）によって阻止するという計画が樹てられている。

## ii. 規 模

### a. 寸 法

改造後の新開ダム溢流部の主要寸法は 図一2 の計画予定である。同図に見ると (a) 部を低水溢流部，(b) 部を高水溢流部とする複断面形である。しかして低水部溢流量は  $q$  であり，全流量は  $Q$  である。



図一2 新開砂防ダム溢流部主要計画寸法

### b. 計画流量

流木の流下が始まると思われる流量  $Q_{mean}$ （その水位は図一2の M. W. L. で示す）は  $85.56 \text{ m}^3/\text{sec}$  で，計画最大流量  $Q_{max}$ （その水位は同図の H. W. L. で示す）は  $202.3 \text{ m}^3/\text{sec}$  である。

上記の流量は次のごとくして算出されたものである。

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot C \cdot i \cdot A.$$

ここに

$Q$  : 流出量 ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )

$C$  : 流出係数 ( $C=0.8$  と仮定)

$i$  : 降雨強度 ( $\text{mm}/\text{hr}$ )

$A$  : 流域面積 ( $\text{km}^2$ )

本計画地点では  $A=14 \text{ km}^2$ .

前掲の  $Q_{mean}$  は  $i=25 \text{ mm/hr}$  を採って上式より算出し、これに 10 % の土石混入量を加えて得た値であり、 $Q_{max}$  は  $i=50 \text{ mm/hr}$  と見込み算出し、これに 30 % の土石混入量を加えて得た値である。

しかして  $q/Q$  の値は、前者の場合に対し 0.5、後者の場合に対し 0.3 と現地の計画が示されている。

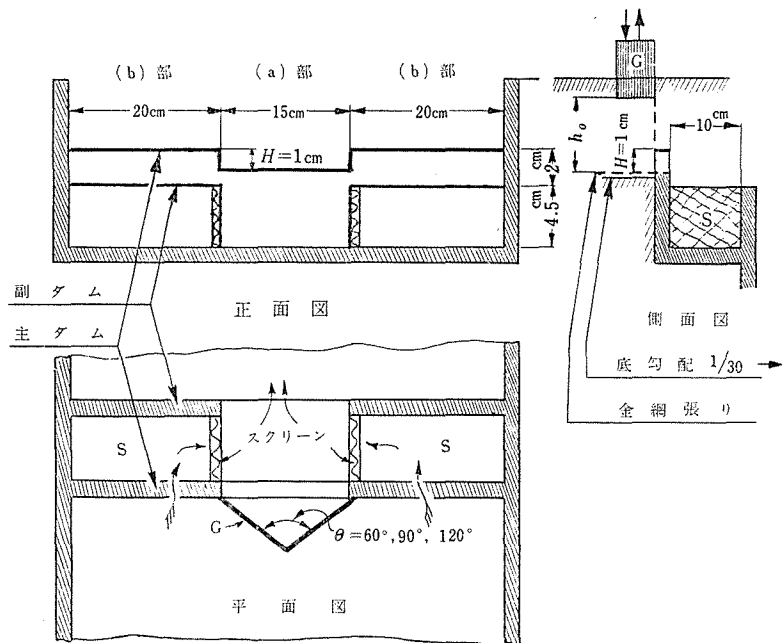
### c. 河床状況

ダム地点上流部の平均河床勾配は約  $1/30$  である。河床は礫と玉石混合し中に巨石点在し、流心は緩やかに彎曲しその間所々洪水時には遊水域となる地勢状況となっている。

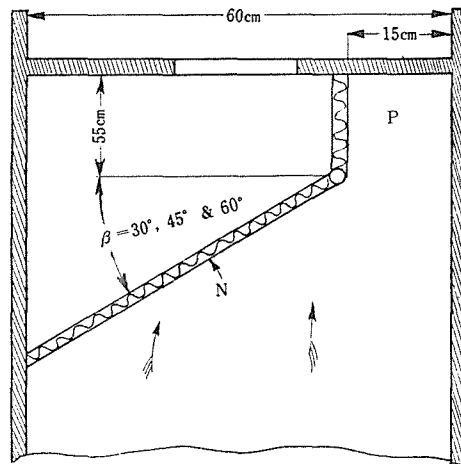
## 2) 模型ダム

### i. 寸法

模型は、新開ダムの縮尺  $1/100$  で作製された。その寸法は、実験Aは 図—3 で、実験Bは 図—4 で示す通りである。



図—3 実験 A 模型ダム部



図一4 実験B 誘導網部 (平面図)

## ii. 流量範囲

本実験についての力学的相似性は、フルード数を一致せしめることが最も合理的と考えられる。

いま、すべての量についての現地のものに  $p$ 、模型のものに  $m$  なる subscript をつけて上述のことを式で示せば次のごとくである。

$$\begin{aligned} V_p / \sqrt{gL_p} &= V_m / \sqrt{gL_m}, \\ \therefore Q_m / Q_p &= L_m^2 V_m / (L_p^2 V_p) \\ &= \lambda^{5/2}. \end{aligned}$$

ここに  $\lambda$  は寸法比  $L_m / L_p$  である。

しかるに今の場合  $\lambda = 1/100$  であるから

$$Q_m = 100^{-5/2} Q_p.$$

従って

$$\begin{aligned} \text{mean } Q_m &= 100^{-5/2} \times 85.56 = 0.00086 \text{ m}^3/\text{sec} \doteq 0.8 \text{ l/sec}, \\ \text{max } Q_m &= 100^{-5/2} \times 202.3 = 0.00202 \text{ m}^3/\text{sec} \doteq 2 \text{ l/sec}, \end{aligned}$$

となる。本実験は上の計算に従い 0.8 ~ 2 l/sec の範囲で行なった。

## iii. 水路床

図一1の水路床に鉄板を 1/30 の勾配に張り、粗度を与えるために床全面に金網 (4.5 mm 目, 直径 0.61 mm) を密着せしめた。

#### iv. 流 木

流木模型としては、市販の杉ワリバシ（長さ約7 cm に切ったもので、平均直径は約5 mm）ならびにマッチ棒を用いた。前者をさらに次の (i), (ii), (iii) の3種類に分けた。すなわち全部で

(i)：そのままのもの

(ii)：直径 0.81 mm の針金を4～5巻きにして重量を加えたもの

(iii)：同じ針金をワリバシの一端に木の根状におよそ12 mmの長さで4本突出させたもの

(iv)：マッチ棒

の4種類である。

### 3) 実 験 A

#### i. 目的および方法

図—3から知られるように、主ダムと副ダムとの間には、少しく手を加えれば流木を貯留するに適したスペース（図のS部）が存在する。この部分は洪水時には水褥をなすが、その開放部にスクリーンを張って流木のみをここに貯留できれば下流への流下を阻止できよう。

この目的のために、主ダムの(a)部上流側に流木誘導のためのゲート（Gにて示し、たんにゲートと呼ぶことにする）を特に設置して、(a)部よりの流木溢流を阻止し、併せて(b)部にこれを誘導し、S部に落下せしめ貯木せんとするものである。

なお、ゲートは誘導に都合よきため上流側に頂点を有する二等辺三角形の形状とし、その頂角（ $\theta$ で表わすことにする）が60°, 90°, 120°の3種類のものを用意した。そのスパンは15 cm、高さは12 cm、厚さは0.5 mmの真鍮製とし、構造は不透過性である。

このゲートを水路床密着位置（すなわち  $h_o = 0$ ）より少しずつ（ $h_o = 2, 6, 10, \dots$  mm）引き上げ、水深  $h$  に対するその比 すなわち開口比（ $h_o/h$ ）を求め、同時に流量を測定し流量比（ $q/Q$ ）を求めた。

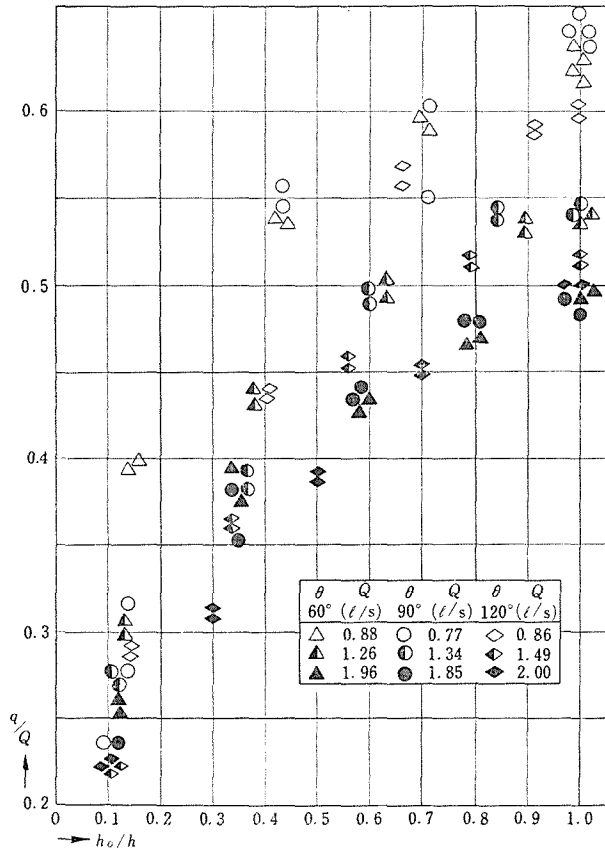
実験は、S部への誘導効率を測定するため、主要 factor たる  $\theta$ ,  $h_o/h$  および  $q/Q$  を変化せしめて行なわれた。

#### ii. 実験結果

##### a. 流量比～開口比

図—5は  $q/Q \sim h_o/h$  を示す。

これより解るように本実験における流量比は現場における計画流量比（3, 1）ii, b 参照）と極めてよく一致している。

図-5  $q/Q \sim h_o/h$  (実験A)

## b. 流木阻止率

一般に、実験水路における流木の流下ならびに阻止状況をみるに、

$T$ : ゲートに到着する以前に水路床に引掛かるもの

$U$ : ゲートに漂着するもの

$V$ : ゲートの下より潜り流下するもの

$W$ : ゲートにより (b) 部へ誘導され S 部へ落下するもの

との4種に区別できる (写真-2, 3 参照)。

ここに

$$\text{阻止率} = (U + W) / (T + U + V + W)$$

となる。



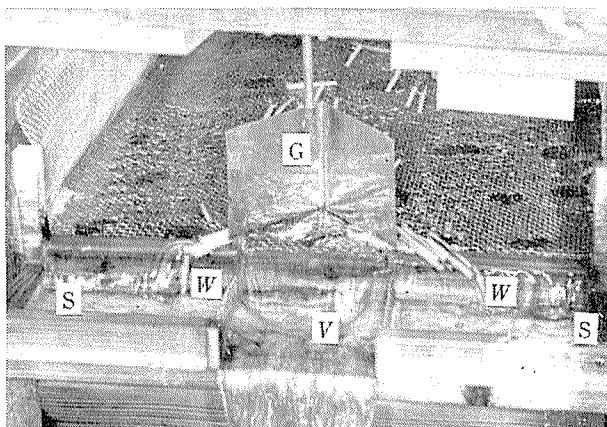


写真-2 ゲートによるワリバシの誘導状況（実験A）  
（下流より写す）



写真-3 Tに相当するワリバシ（ $\eta$ ）（実験A）  
（上流より写す）

### c. 図 表

上掲の諸量のうち、 $T$ に関しては、ゲートの存在の有無にかかわらず殆んど流木の性質（根の張り方など）により河床に引掛かるものであるから、後記の考察の項において述べることにし、ここでは総べて除外する。よって  $U$ ,  $V$ ,  $W$  の3種について以下記述する。

表-1は、A実験の測定値を示す一例として掲げたものである。

図-6～8は、(i)の場合の測定値をプロットしたものである。

図-9～11は、(i)を60%、(ii)を20%、(iii)を20%の割合で混合して流下せしめたものについての測定値をプロットしたものである。

マッチ棒についても同様の測定を行ない、図-6～8に相当する図が得られたが、掲

表-1 測定値(例)

(実験 A :  $\theta=60^\circ$ ,  $Q=1.26 \text{ l/s}$  の場合)

No.	$h_o$ (mm)	ワ   リ   バ   シ   (本数)									マ   ッ   チ   (本数)			$q$ (l/s)	* $q/Q$	$h_o/h$
		(イ)			(ロ)			(ハ)			(ニ)					
		U	V	W	U	V	W	U	V	W	U	V	W			
1	2	43	0	17	13	0	7	18	0	2	71	16	13	0.387	0.300	0.127
1		34	0	26	13	0	7	14	0	6	70	12	18	0.393	0.305	
2	6	41	4	15	13	0	7	17	0	3	48	49	3	0.547	0.431	0.380
2		43	7	10	11	0	9	19	0	1	60	37	3	0.557	0.439	
3	10	52	6	2	12	5	3	20	0	0	10	86	4	0.623	0.494	0.633
3		43	13	4	15	0	5	17	0	3	49	47	4	0.633	0.502	
4	14	7	46	7	8	8	4	13	7	0	3	94	3	0.660	0.528	0.886
4		6	49	5	6	11	3	18	1	1	1	98	1	0.660	0.528	
5	$h$ =15.8	0	54	6	1	15	4	11	9	0	1	98	1	0.667	0.534	1.000
5		1	52	7	1	16	3	10	10	0	1	97	2	0.667	0.534	

註：上段数字は、1本ずつ1秒おきに流す。下段イタリック数字は、10本ずつ10秒おきに流す。

流木は、水路幅一様に、ダム上流2mの地点から流す。

$H=10.0 \text{ mm}$ , 水温 $=26^\circ\text{C}$ 。

\*  $Q$  は実験中 1.29 より 1.24 (l/s)に変化す。

載を省略し、次の図-12~14において一括して概要を示す。

同図は、 $U, V, W$  の各比率に対する  $h_o/d$  の関係をワリバシとマッチ棒について一緒に示したものである。ここに  $d$  は流木の直径である。なお、ワリバシは(イ)の場合である。

図-15は、ワリバシ(イ), (ロ), (ハ) 混合による値(図-9~11)とマッチ棒による値との比較を、一例として  $W$  のみについて示したものである。

図-16は、ワリバシ(イ)およびマッチ棒について  $U, V, W \sim Q \sim h_o \sim \theta$  の関係を三角座標で示し一括したものである。ただし、この図においては、実測点のバラツキはかなり推定的に整理され、それぞれ曲線化されていることを諒せられたい。

図-17は、図-12~14の実測値を巨視的に把握して示したものである。これによって、 $U, V, W \sim h_o/d \sim Q$  の関係が大観せられるであろう。

(以下 77 ページへ)

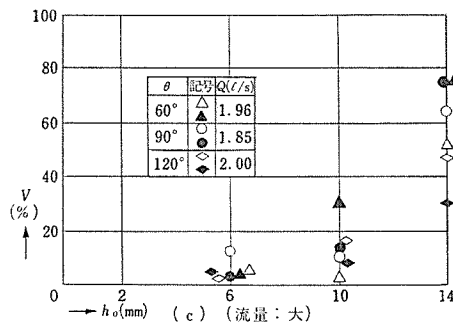
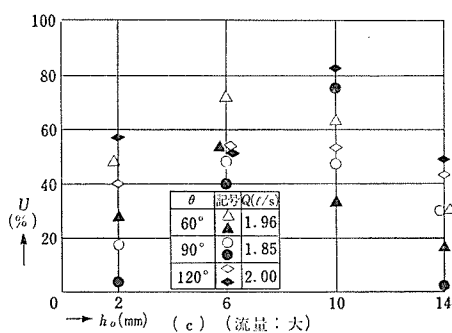
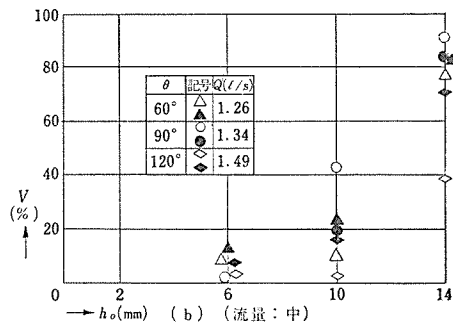
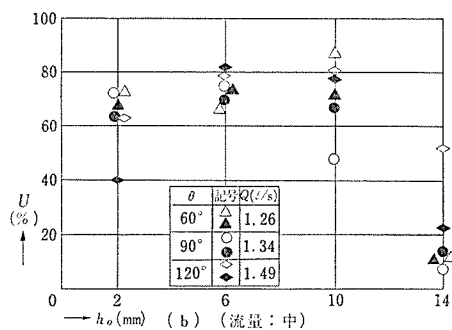
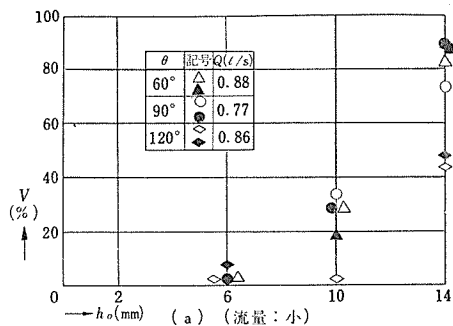
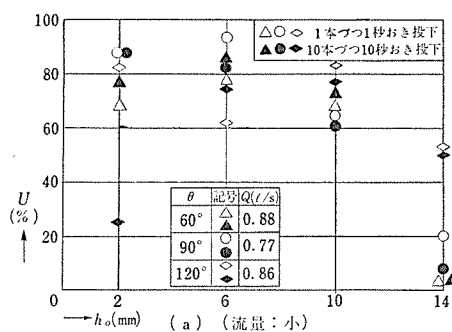


図-6  $U \sim h_o \sim \theta$   
ワリバシ (イ)

図-7  $V \sim h_o \sim \theta$   
ワリバシ (イ)

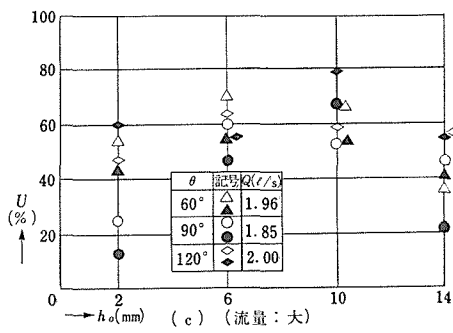
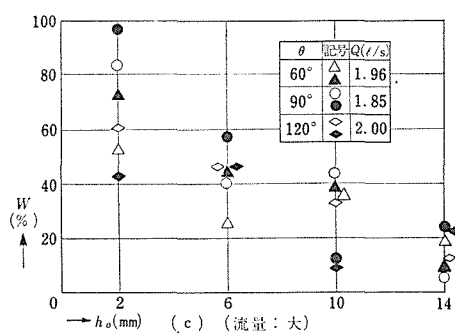
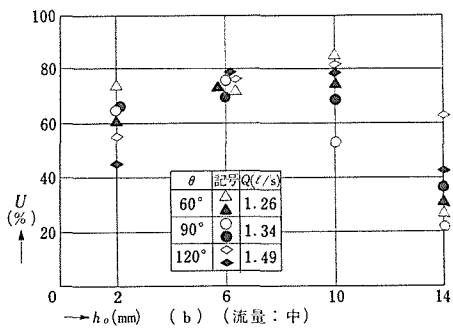
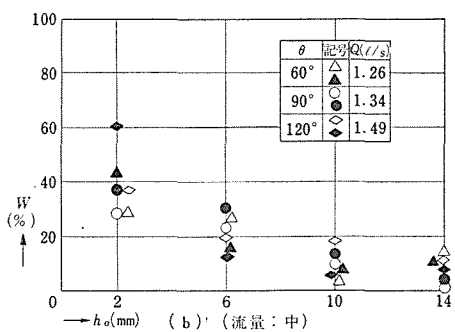
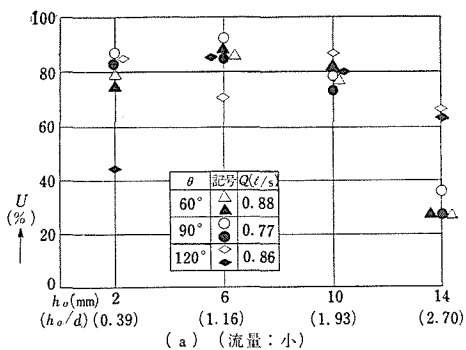
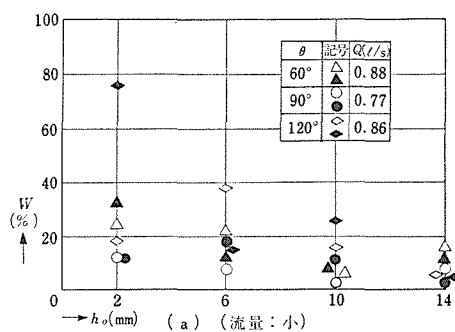


図-8  $W \sim h_o \sim \theta$   
ワリバシ (イ)

図-9  $U \sim h_o \sim \theta$   
ワリバシ (イ)+(ロ)+(ハ)

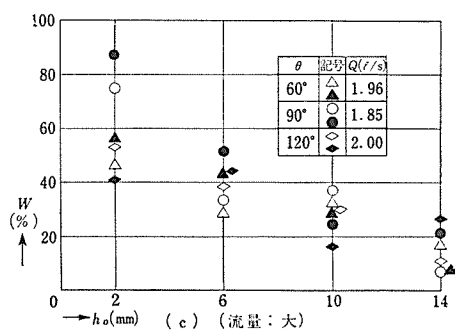
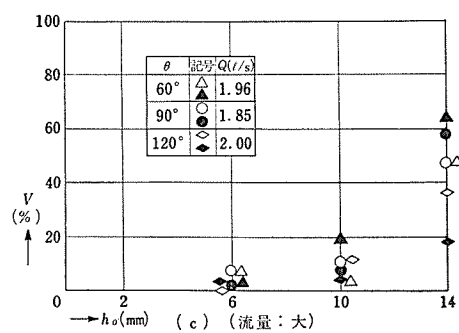
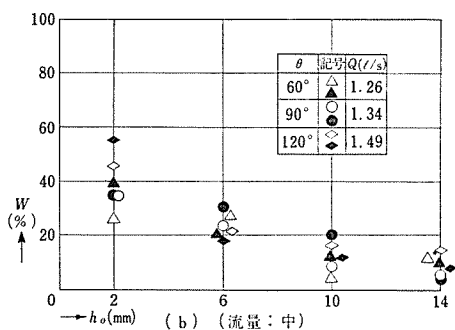
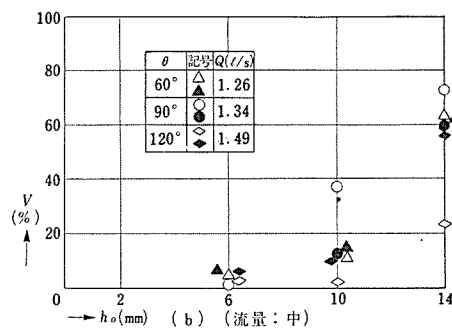
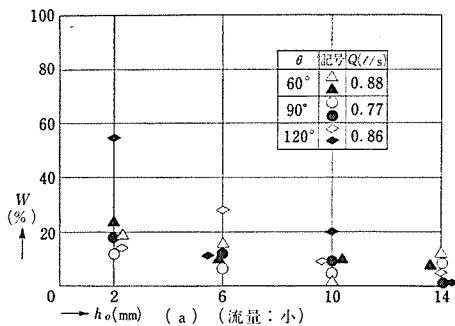
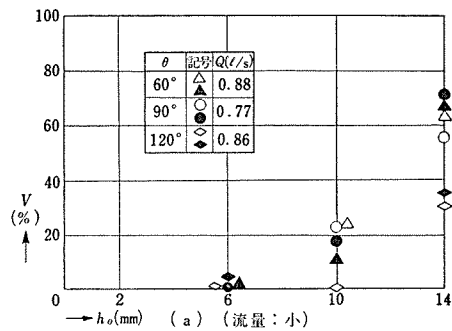


図-10  $V \sim h_o \sim \theta$   
ワリバシ (イ)+(ロ)+(ハ)

図-11  $W \sim h_o \sim \theta$   
ワリバシ (イ)+(ロ)+(ハ)

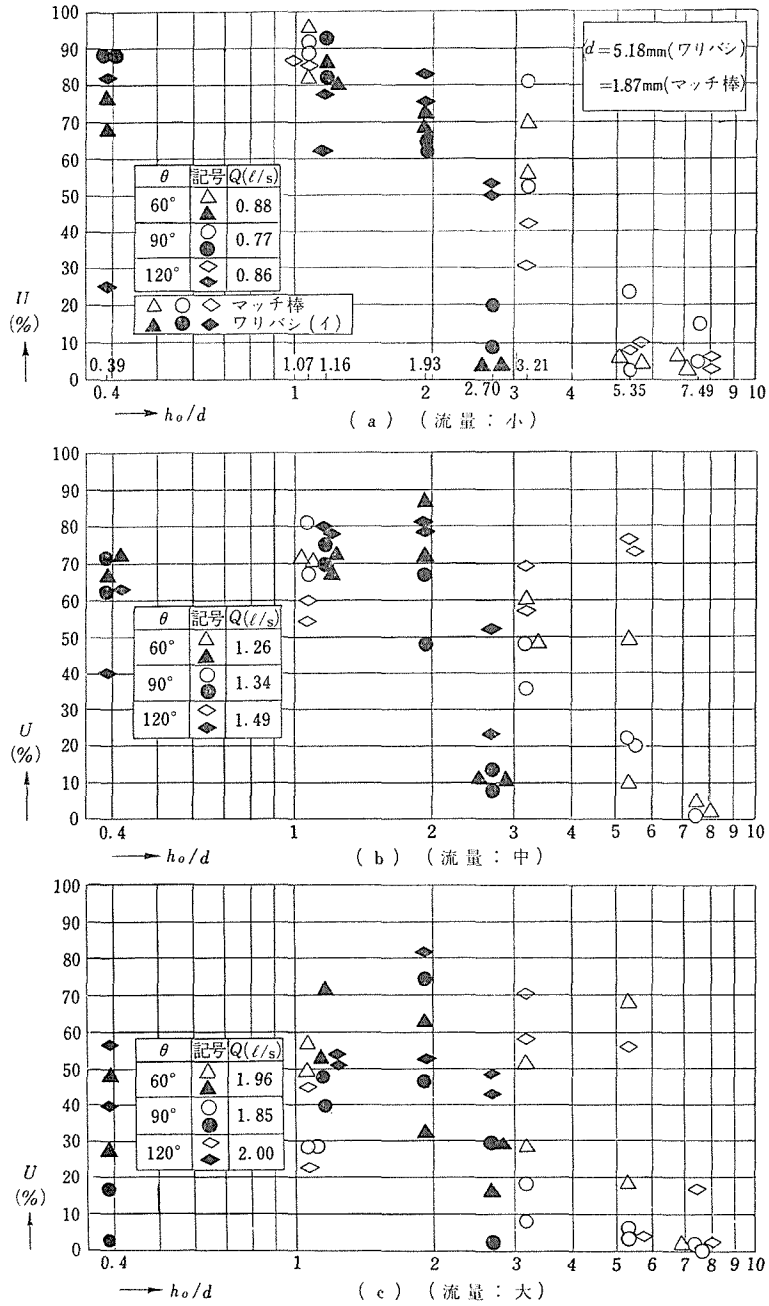
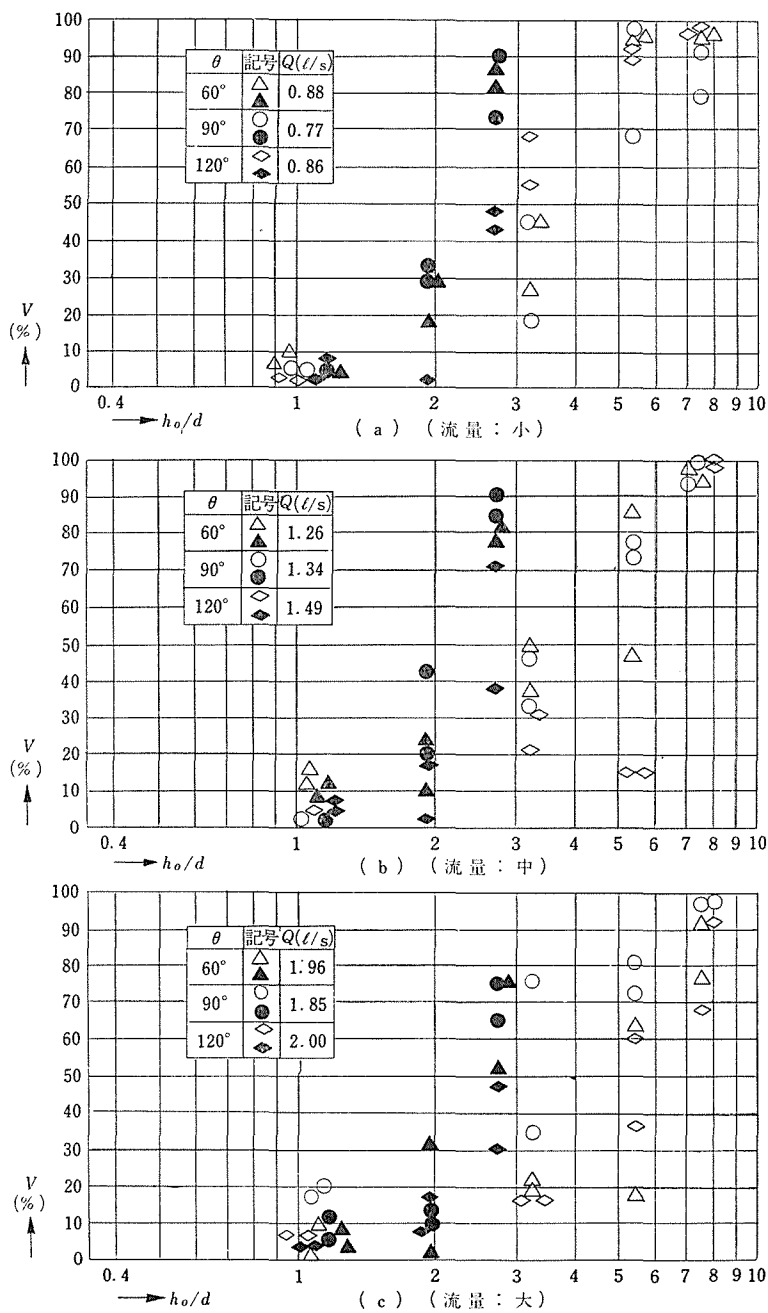


図-12  $U \sim h_0/d \sim \theta$   
 ワリバシ (イ) およびマッチ棒



図—13  $V \sim h_o/d \sim \theta$   
ワリバシ (イ) およびマッチ棒

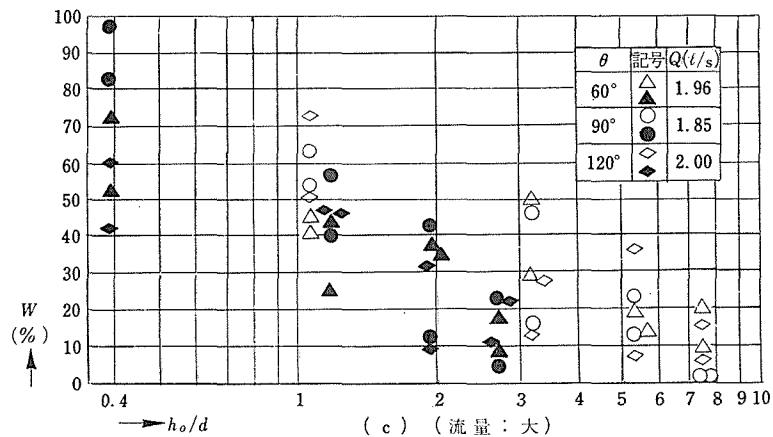
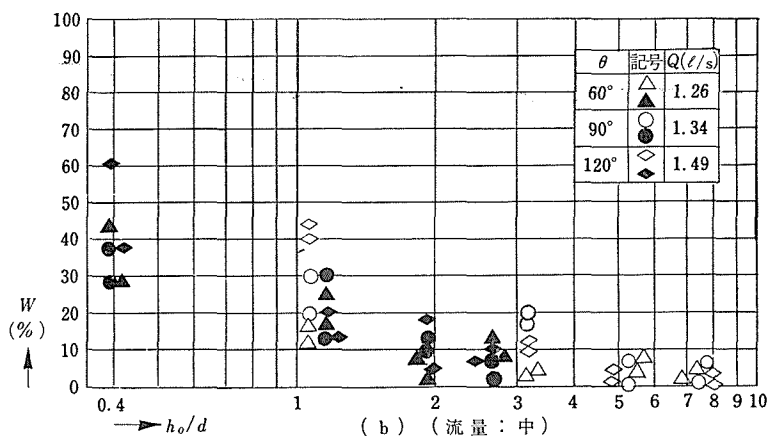
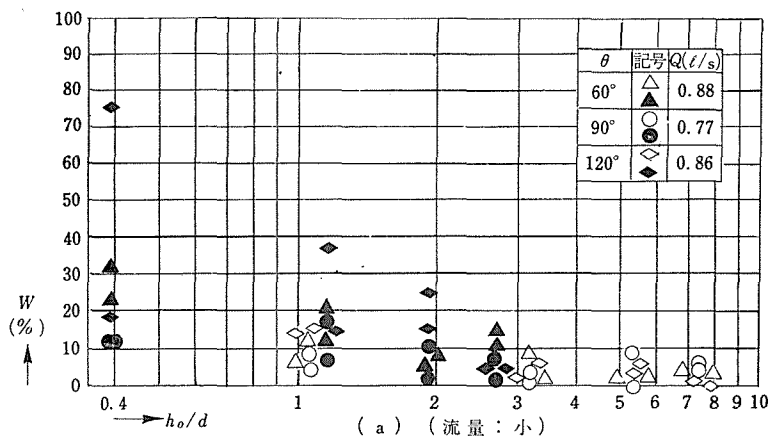
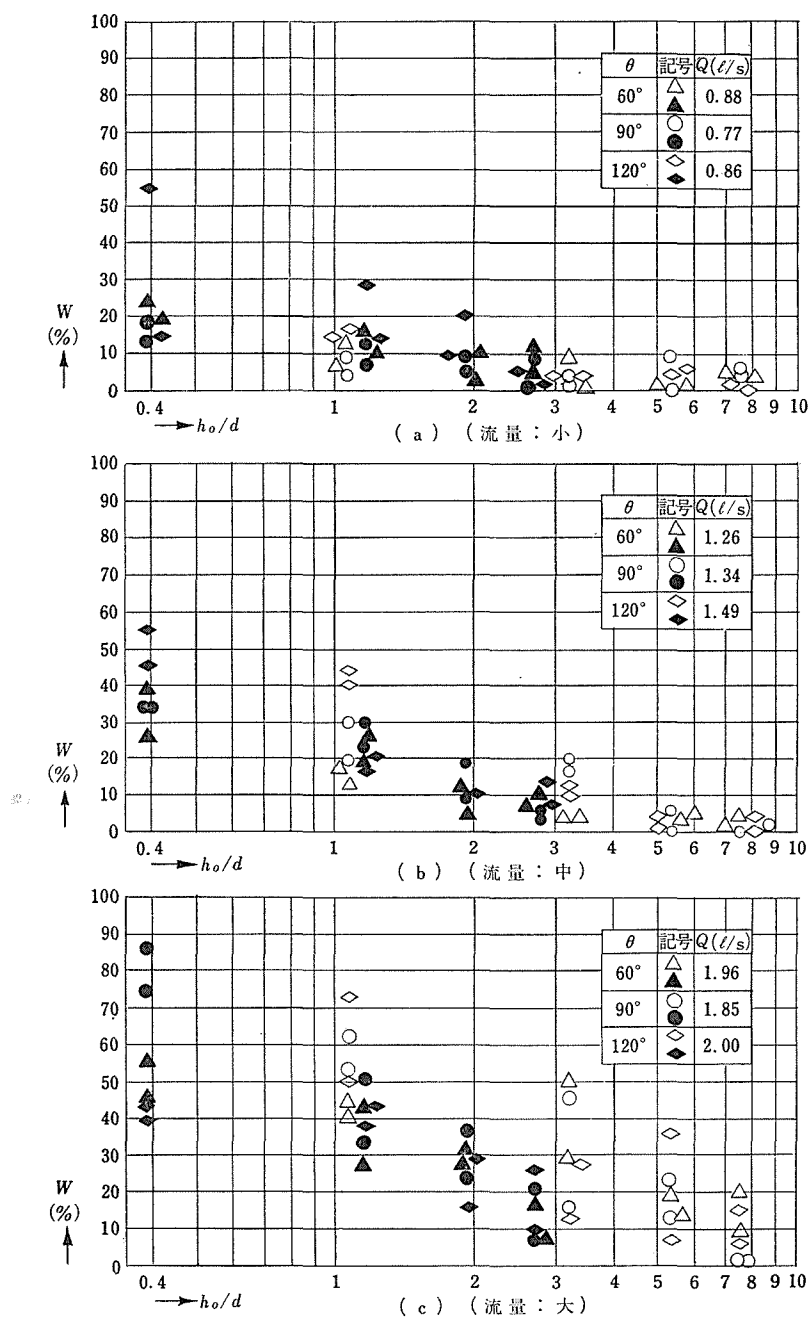


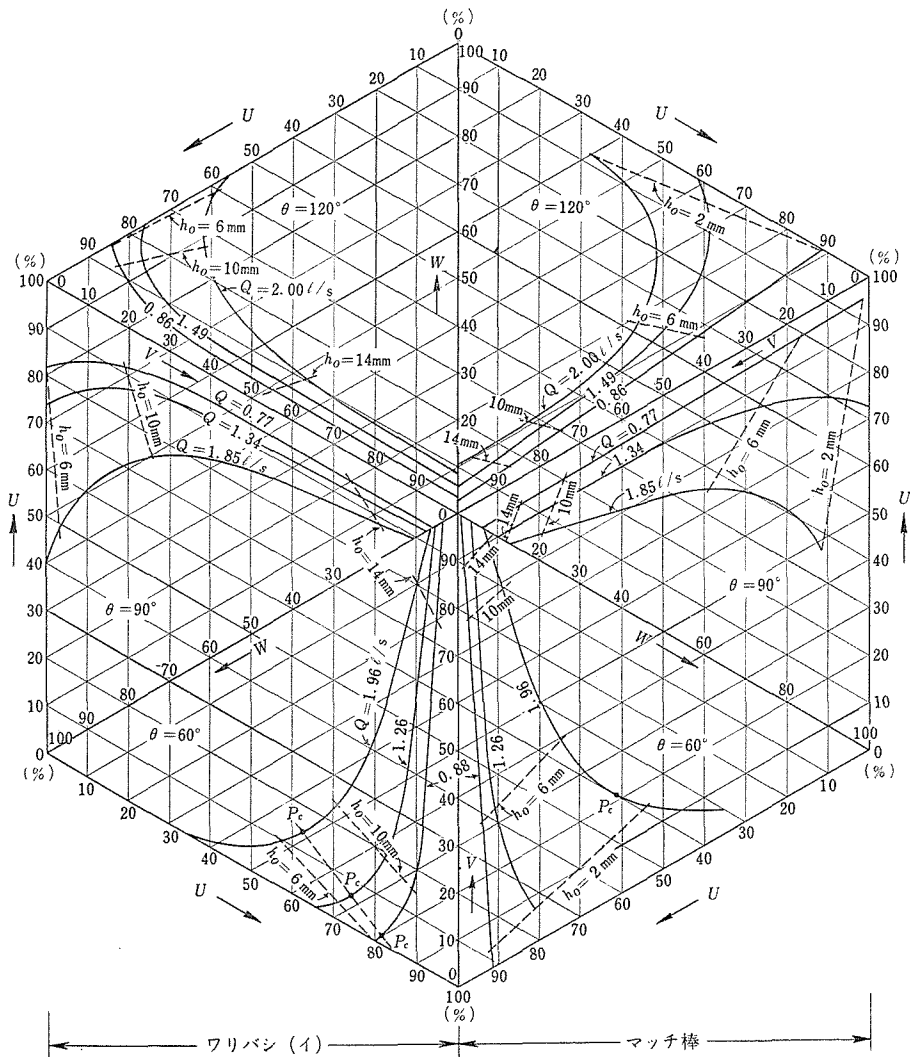
図-14  $W \sim h_o/d \sim \theta$

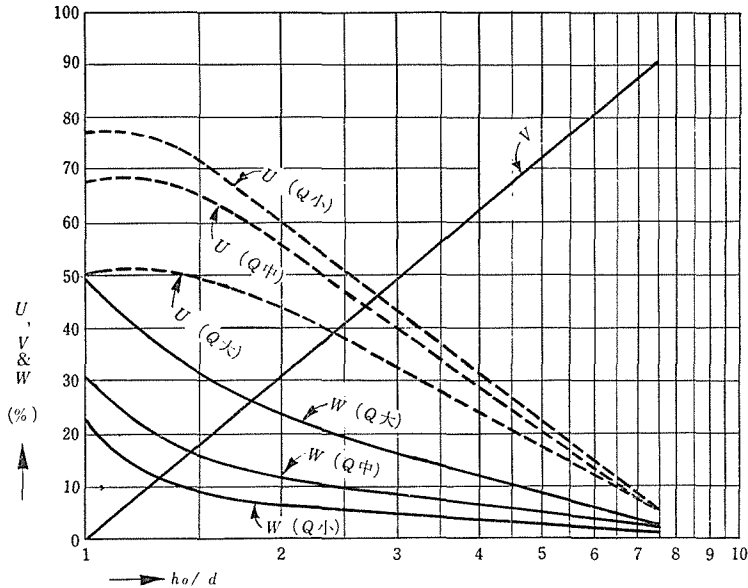
ワリバシ (f) およびマッチ棒



図-15  $W \sim h_o/d \sim \theta$ 

ワリバシ (イ) + (ロ) + (ハ) およびマッチ棒

図-16  $U, V, W \sim Q \sim h_o \sim \theta$

図-17  $U, V, W \sim h_o/d$ 

### iii. 考 察

#### a. ゲート設置による溢流変化\*

一般に、 $h_o/h$  が大なるほど  $q/Q$  は大となる。同一流量、同一開口比については  $\theta$  が小なる方が  $q/Q$  は幾分大である。 $\theta$  のどの場合でも同じ  $h_o/h$  について  $Q$  が大となれば  $q/Q$  は小となる (図-5)。

ゲートを設けたための上流部への背水影響は  $Q$  の大なるほど、また  $h_o/h$  の小なるほど大となる。

b. 図-5 と 3.1) ii, b とを対照して解るように、実験における  $q/Q$  は  $Q_{mean}$  に対して 0.5 で、 $Q_{max}$  に対しては 0.3 となり、現地計画流量に対する  $q/Q$  の値と極めてよく合致している。

\* 本報告に記載は省略したが、予備実験 (図-1 の中の ③) で示された水平水路床を使用し、同路床はモルタル仕上げ、 $Q$  は 0.8~8 l/sec、ゲートスパンは 10 cm、 $H$  は 5 cm で行なったもの) にて得た結果も、この a 項と同様の傾向を示している。

c.  $U$  は  $h_o$  が大となれば減少するが、反対に小となってもまた 減少する傾向を示している。

すなわち  $U$  を最大にする  $h_o$  の或る領域 (例えば 図-16 中の  $P_c$  なる点で示された附近) が存在するようである。この場合の  $h_o/h$  を critical opening ratio (仮称) と呼ぶ。

d.  $V$  は例えば 図-16 のワリバシ ( $\theta=60^\circ$ ) で説明すれば,  $h_o$  が小なる場合 ( $h_o=6\text{ mm}$ ) は極めて小さい (10 % 以下) が,  $h_o$  が増せば急激に増大し,  $h_o=10\text{ mm}$  で  $V=20\%$ ,  $h_o=14\text{ mm}$  では  $V=75\%$  以上となる。しかして同傾向は  $Q$  の増大につれて幾分増大している。

e.  $W$  はゲートの開きの小なるほど大である。この傾向は開きが  $P_c$  以下において著しい。

$W$  は また  $Q$  が大となれば大となることが知られる。

f.  $U, V, W$  と  $\theta$  の関係は必ずしも明確ではない。

g. ワリバシとマッチ棒との実験を比較するのに,  $h_o/d$  をパラメーターとして考察すれば両者の  $U, V, W \sim h_o/d \sim Q$  は極めてよく合致することが解る (図-12~16)。

h.  $T$  は現場における風倒木のごとく, かなり根の張った流木 (根の長さは幹径の 2 倍程度) に相応するもので, これは流量の小なるときは水路床に大部停滞することが認められた (写真-3 参照)。この場合に  $T$  に相当するものはワリバシ (v) のみで, (i), (ii) および (iii) については  $T$  は存在しなかった。

#### 4) 実 験 B

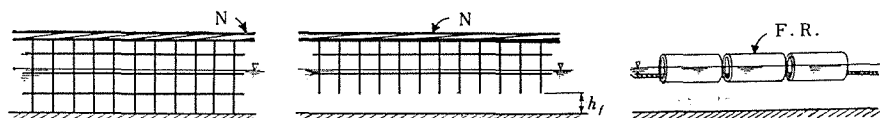
##### i. 目的および方法

一般に, ダムまたは狭窄部によって流水の堰上げ状態を生じている地域では, 水面勾配は緩やかになり, 流速は減ずるから, 流木を阻止するには 好適の立地条件を有する (このことは, A 案についても同様である)。しかして, 今対象としている新開ダム上流側には格好の遊水域が存在しているから, これを利用し, 流木を誘導の上ここに貯留することも有力な方法であると考え。この目的のためには, 河中に誘導網 (N で表わすことにする, 図-4 を参照) を張って流木をこの地域 (P で表わすことにする) まで誘導する必要がある。

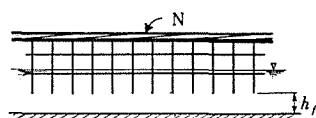
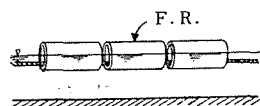
この場合 流心の方角に対して如何なる角度 ( $90^\circ - \beta$ ) をもって設置するかが誘導効率 ( $\eta$  で表わすことにする) と多大の関連を有するものと考え。ここに  $\beta$  は河川横断面と N とのなす角度を表わす。

本実験は主として  $\beta$  と  $\eta$  との関係を求めるために行なったものである。なお, N の模型には水路床に使用せると同一種 (2) iii) を使用し, これを水路床面に対し垂直に立て不撓性に支えたもので, 透過性である (図-18)。以下記述するのは 図-18 の場合である。

\*\*\* 図-19, 20 については p. 84 において述べる。



図—18 誘導網（不焼性）

図—19 誘導網 ( $h_f$  は開口部分)

図—20 浮き誘導索 (F.R.)

## ii. 実験結果

### a. 流木の漂着および滑動の機構

本実験における流木の流下状況を見るに、先ずNに漂着したものの一部はP部へ誘導され、他はそのままN部に蓄積され次第に成長してゆく状況は図—21のスケッチ図のごとくである。

しかして、この漂着界面へ引いた切線と河川横断面とのなす角 ( $\varphi$  で表わすことにする) が或る限界値に達すれば、それ以後は流木はP部へ誘導されることが認められた。このときの  $\tan \varphi$  が水中における滑り静摩擦係数の値に達したために流木が互に滑動を始めるものであると考察して、その機構を、別に次のとき水槽内実験を試み比較し解明せんとした。図—22はその実験装置を示す。

いま、滑り静摩擦係数を  $\mu = \tan \varphi_c$  で表わすとき、静水中における  $\varphi_c$  の値は表—2のごとく測定された。

表—2 静水中の  $\varphi_c$  の測定値

材料	ワ   リ   バ   シ			マ   ャ   椿		鉄棒	チ   ョ   ーク	
	(イ)	(ロ)	(ハ)	(イ)の集 合群	(ニ)の集 合群			
$\varphi_c$	46°50'	41°56'	58°06'	49°52'	57°50'	58°30'	38°45'	42°10'

注：上記の数字は、ワリバシで組んだ筏の面に対して互に軸方向に滑らして10回測定した平均値である。鉄棒・チョークの場合はこれらを筏の上面に載せて測定す。

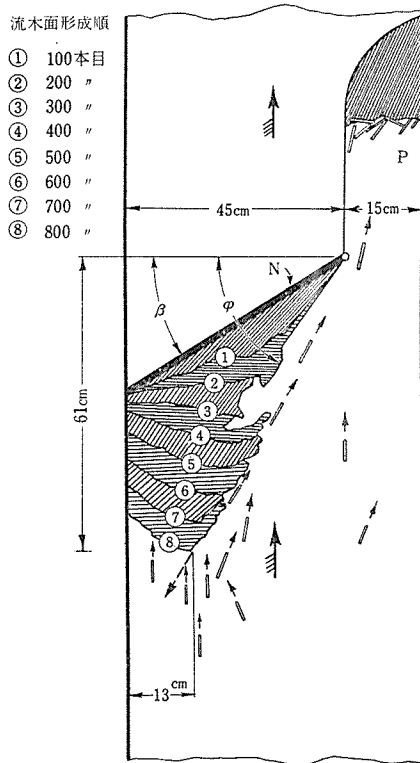
水中における  $\varphi_c$  の値は文献に見出すことができなかったの以上記の実験を行なったものであるが、dry friction における滑り静摩擦角の値（多くの文献記載に拠れば、30°前後を示すものが多い）よりも遙かに大なる値を得ている。この差異は主に水の附着力に起因するものと考えられる。

### b. $\beta$ と $\eta$ および $\varphi$ の関係

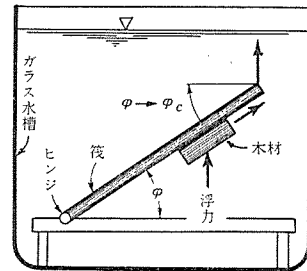
図—23は、 $\beta \sim \eta \sim Q$  の関係を図示したものである。この場合の  $\eta$  は最大の  $\varphi$  をほぼ形成するまでの平均値である。このため要した流木本数は400本であった。

図—24は、 $\beta \sim \varphi \sim Q$  の関係を図示したものである。

写真—4 a～f は、それぞれ  $\beta=30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$  における流木のN部へ漂着、P部へ誘導貯留の状態を示すものである。



図—21 流木漂着面形成図（実験B）  
 ( $\beta=30^\circ$  におけるスケッチの一例)  
 (平面図)



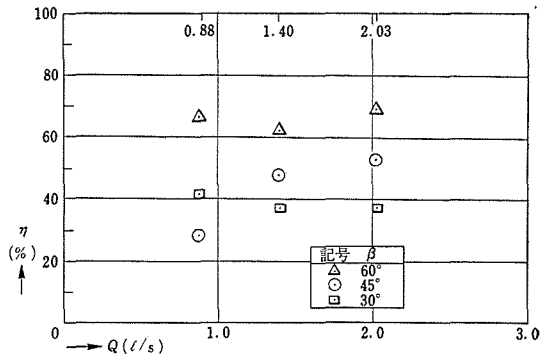
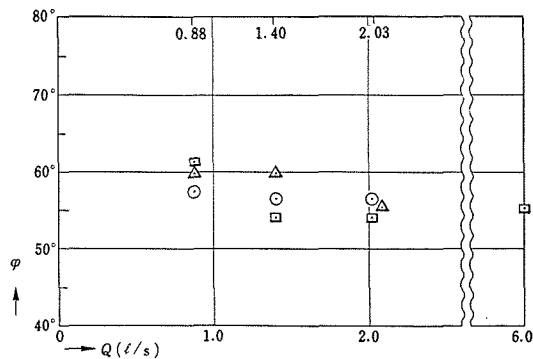
図—22 静水中の  $\phi_c$  の測定  
 ( $\phi_c$  は滑り静摩擦角)  
 (側面図)

### c. 誘導網の上・下流の水深変化

表-3は、漂着面の上・下流部に生ずる水深変化の一測定例を示すものである。

#### iii. 考 察

- 同一  $Q$  について云えば、 $\beta$  が大きいほど  $\eta$  は大となる。
- 同一  $\beta$  については、 $Q$  が増せば  $\eta$  は多少大となる傾向が認められる。
- 図-23は、流木400本に対する  $\eta$  の値であって、本数が増加すれば  $\eta$  は増加することがd項から考察される。
- $\beta$  が小なる場合は、漂着面の作るNを底辺とする三角擬形の頂点は、次第に流木を加えて左岸上流へ成長し（図-21；写真-4， $a \rightarrow b \rightarrow c$ ）遂に左岸に接着する。しかして、 $\beta$  の大小にかかわらず斜辺の角度 ( $\phi$ ) がほぼ一定値に達すると以後の流木はこの斜辺に沿って滑動し、P部へ誘導される。これは流水の輸送力の斜辺方向の分力が静摩擦力を凌駕するに及んで、流木間の釣合いが破られるものであろうと解釈される。

図-23  $\beta \sim \eta \sim Q$  (実験 B)図-24  $\beta \sim \varphi \sim Q$  (実験 B)

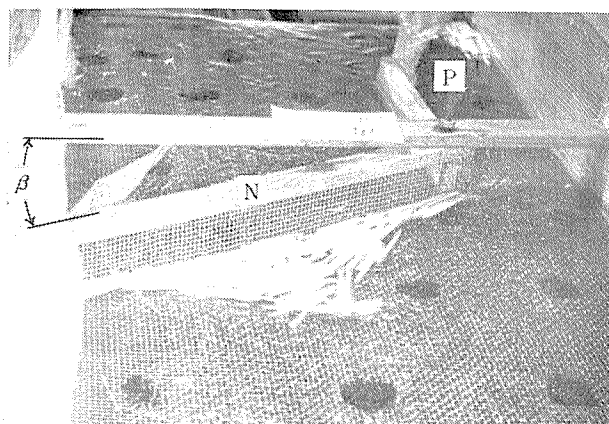
これは e 項の結果によって裏付けされる。

なお、図-21 は流木を左岸寄りに投下した場合のスケッチであるから、もし水面全面に均等に流木が流れるものとすれば、その形成は遅れ  $\eta$  は大となる。

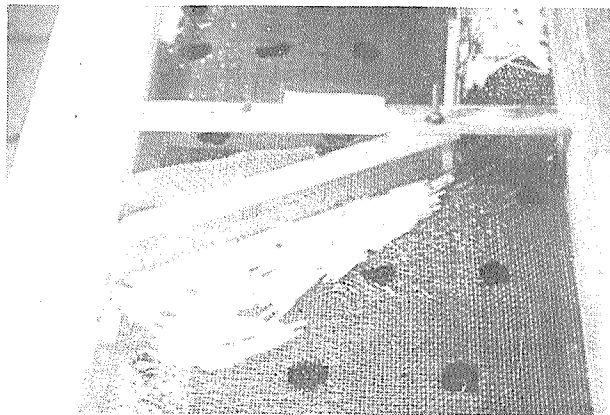
e.  $\varphi$  は  $55^\circ \sim 60^\circ$  を示す (図-24)。これは静水中における  $\varphi_c$  の値と近似の値である。ただし、 $\varphi$  が  $\varphi_c$  より幾分大き目である。思うに、前者において流木互の接触の方向に不整合があって抵抗を増すが、この大き目であることの一原因であろうと推察される。

f.  $\varphi$  は  $Q$  が増加するとやや減少している。

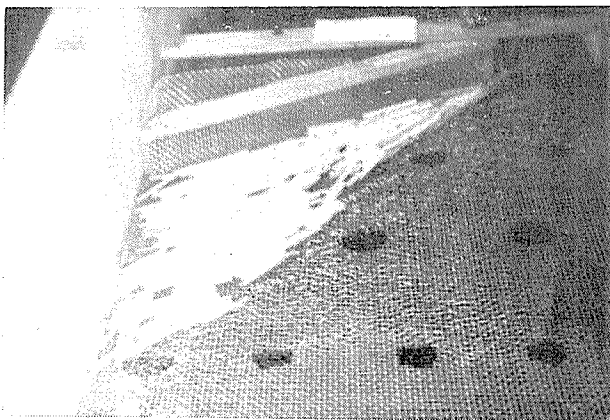
g. 表-3 の数字から知れるように、流木が N に漂着すると N の上流側には顕著な堰上げ背水現象を呈する。



a. 初期 ( $\beta=30^\circ$ )



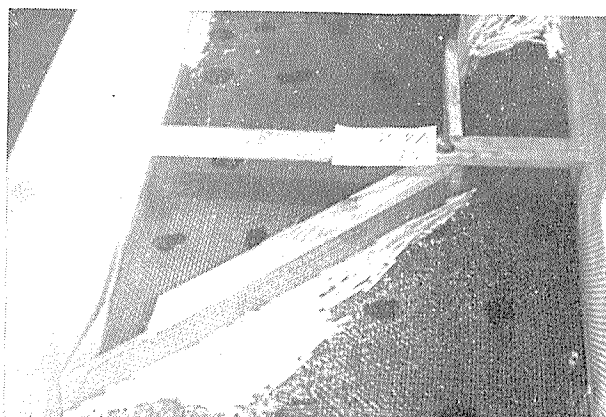
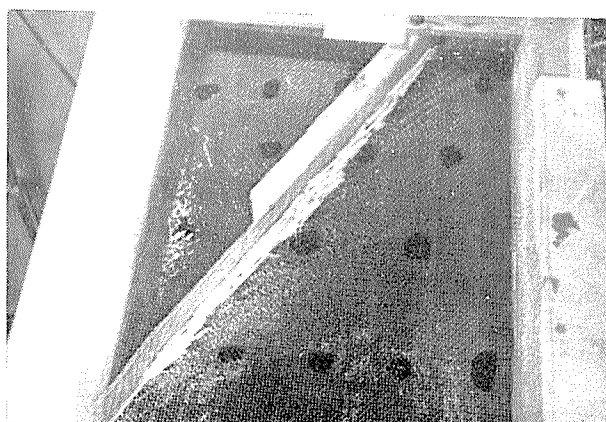
b. 中期 ( $\beta=30^\circ$ )



c. 後期 ( $\beta=30^\circ$ )

写真—4 a～f 誘導網とワリバシの漂着 (実験B)  
( $Q=2.0\text{ l/s}$ ) (上流より写す)



d. 初期 ( $\beta=45^\circ$ )e. 中期 ( $\beta=45^\circ$ )f. 中期～後期 ( $\beta=60^\circ$ )

表—3 誘導網に漂着せる流木面の上・下流部水深（実験B）

$Q$ ( $l/s$ )	$\beta$	N 上 流 部 (mm)	N 下 流 部 (mm)	P (mm) 部
0.88	60°	12	4	8
	45°	11	4	10
	30°	12	4	12
1.40	60°	15	6	12
	45°	17	5	15
	30°	15	4	13
2.03	60°	25	10	18
	45°	—	—	—
	30°	18	4	14

註：漂着せる流木数はワリバシ (イ) 400本中の 31～71 % を占む。水路幅は 60 cm。

h. 誘導網の下部に clearance をつけた場合（図—19）も一般に上掲諸項は同様である。ただし  $h_f$  大となれば  $V$  が現われてくる。<sup>\*\*</sup>

<sup>\*\*</sup>図—19と図—20について行なった結果を略記すれば次のごとくである。

1. Clearance ( $h_f$ ) を有する場合（図—19）

$h_f$  が大なときは、 $V$  が若干数観測される。 $h_f$  が  $d$  の 1.5 倍程度でも流木は次第に上下方向にも堆積して底面まで達するのが観測された。これは表—3 と関連して重要視される。 $h_f$  が小なれば結局 図—18 の場合と同様になる。

2. 浮き誘導索の場合（図—20）

一般に貯水池取入口前に採用される形式である。本実験においては流速が比較的大であるので、索は流木漂着によって catenary 形に彎曲し、水面の脈動と後から到達する流木のショックを受けて F. R. に回転を生じ容易に流木は潜り流下している。従って  $V$  に相当する数が著しく多く、 $Q=1.93 l/s$  の場合  $\beta=30^\circ$  で 90 % 以上、 $45^\circ$  で 80 % 以上、 $60^\circ$  で 50 % 以上となり、 $W$  は甚だ少ない。これと比較して、 $Q$  を同じくして、流速小さく水深大なる場合として、前掲 ③ の水平路床を用いて行なったところ、 $V$  は 70～50 % 台に減少し、 $U$ ,  $W$  は大幅に増大するのを見た。これによれば本形式を急流部へ応用することは効果少ないように判断される。

## 5. 結 言

目的の項に掲げた A, B 両案について水理学的実験を行なった結果にもとづき、これを実際に適用施工することに関する考察の概要を示せば以下のごとくである。

### 1. ダムロケーションと両案について

一般にダム附近は堰上げの影響等のために水面勾配は緩和され、流速は減少するから、この地域を利用し流木を阻止することが望ましい。従ってダム附近に適当なる遊水域を見出し得れば、そこに流木を誘導貯留し、適当なる時期に引き上げるという B 案が適用できる。

また、砂防ダムには一般に副ダムが設けられるから、主・副 両ダムの間のポケット状空間を利用できれば A 案が有効であろう。

もし、両案いずれも適用可能なときは、次に述べる各項も併せ考えて選択すべきであろう。

貯木量については一般に B 案の方が大きいものと期待できる。

なお、両案の他に、河川彎曲部の副流を利用して流木を一方の岸に集め、逐次引き上げる方法や狭窄部に網（築場のごとき）を張って流木を捕獲する手段等も一応考えられるが、大量の流木を阻止する方法として余り期待できないように思われる。

### 2. 背水現象と両案

両案共に施設背後に背水現象を伴うが、A 案では河幅の一部分であるのに対し、B 案ではほぼ全体であり、その測定値の一部は本文記載のごとくである。従って堰上げの影響を考慮する点については A 案の方が安全であろう。

### 3. 構造上の比較

A 案の場合はダム上流側に流木誘導ゲートが特別に必要である。このゲートは本実験において不透過性のもので行なっているが、実際の施工の場合はできるだけ透過性にすることが好ましい。このためには、流木が通らない大きさの孔をあけた鉄板を用いるか、H 型鋼を組合せた格子構造を採るのも一方法であろう。この場合に、流水の動水圧ならびに流木の衝撃力に充分耐え得ることが必要であり、トラス構造にするのも有力な案であろう。

次にこれを支持するのは主ダムの (b) 部であるが、この支持反力にも耐え得るか否かの検討が必要である。このゲートは可動ゲートとして出水量に応じてその開口高を調節することは当然効果的であるが、これは設置後の維持管理や機構上より考えてかなり厄介なものとなろう。従って構造上から云えば固定ゲートの方が望ましい。

B 案については、流木誘導網が必要である。これは河の兩岸にアンカブロックを作り、この間に流木に対して斜方向の網を張り、遊水域へ流木を誘導せんとするものであるが、この場合は A 案のゲートスパンに比すれば、そのスパンは頗る長大なケーブルを主体とする構造となり、不規則分布荷重、衝撃を伴う集中荷重群を同時に受ける傾斜ケーブルの計算が必要である。しかして、この構造物は可撓性であるから、上方は適当

なフロートを附し、下方は適当な clearance を存し、水位の増減と流水面の上下運動によくマッチして有効に作働せしめるよう対処すべきである。

#### 4. 誘導効果

誘導効果の詳細は本文の各所にみられる通りであるからここに繰返し要約することは省略する。

実験においては、両案共にかなりの率に上る流木が構造物自体に漂着することが認められた。しかし、これは本実験では流水が割合整流に近い状態であるためと推察され、実際河川の洪水時におけるごとく disturbance の激しい乱流状態では漂着率は減少し、従って実験に示すよりも誘導効果は増大するものと期待できる。ただし、水面脈動による潜り流下を防止する余裕分の高さを見込む必要がある。次に機構的に見て、A案の  $\theta$  およびB案の  $\beta$  と  $\eta$  との関係は本文に見られる通りであるが、どの位の角度を採用すべきかは経費の面も考え合せて決定さるべきであろう。なお、A案ではその施工に当って他に影響なければ (b) 部のダム頂を岸の方を低目の構造にすれば、流木は岸寄りにS部に溢流落下し一層効果的であると推察する。

捕獲の確実性においてはA案の方が優り、貯木の容量においてはB案の方が優るように思われるから、一つの洪水における流木量の推定がいずれの案を採用するかの一条件となる。

之を要するに流木誘導効果は、既掲の実験結果から類推して判断せらるべきである。

#### 5. Time factor に関して

$U$  の時間的变化すなわち  $U$  が  $V$  に変わるか或は  $W$  に変わるかについては、 $Q$  の時間的变化（増水期～減水期）と関連して残された課題である。

#### 6. 流木量遅滞について

上来、命題の対象をもっぱら流木の捕獲貯留においてきたが、実際面の効果はその一時阻止においても期待できよう。けだし、近年の河川下流部構造物の受ける被害状況によれば洪水流量自体の大きさに加えて流木による分を併せて重視しなければならない。すなわち、下流橋脚部に漂積し洪水位はさらに堰上げられて橋梁破壊あるいは破堤を起す例がきわめて多い。<sup>\*</sup>

しかるに、河川の中・下流部においての洪水対策は、もっぱら「流水量」に有力であり、「流木量」に対しては無力の現状におかれ唯一刻も速く流木の疎通を図る面に懸命である。

ここにおいて、流木対策についても、上流部には下流部とはおのずから異なる使命が課せらるべきであろう。すなわち、若し流木流下を一時阻止し「流木流下のピーク時」をして「流量ピーク時」よりも「遅滞」せしめることに成功すれば、延いては下流部の

<sup>\*</sup> 河川下流部における流木堆積による橋脚部堰上現象ならびに流木「疎通」を図る方面の研究については、たとえば

「流木に関する実験的研究」足立昭平・大同淳之、京都大学防災研究所年報（昭和32年12月）。  
「流木による河川災害防除の研究」米元卓介・水出康雄、土木学会第16回年次学術講演会（昭和36年5月）。

蒙むる災害の減済上重要な役割りを果たすものと期待される。その点において、 $U$  はまた  $W$  と同様に大なる意義を有するものと思考される。

## 謝 辞

本研究は、長野県知事の研究委託（昭和 36 年 7 月）により同県土木部の援助を受け、特に同部前砂防課長 木村三郎氏（現建設省砂防部土木専門官）、現課長 阿座上新吾氏、砂防係長 松林正義氏、同課技師 武田明真氏の多大の御協力を受けて始められた。本研究に当っては本学部教授 吉田俊弥博士の終始きわめて懇篤なる御支援をいただき、実験に当っては同教官 草間孝志氏の御協力を煩わし、測定整理については同学生 青木忠雄、榊原恒雄両君の努力に負うところ多大であった。

ここに録して深い感謝の意を表する次第である。

### Summary

#### An Experimental Study on Checking of Flow-Timbers neighbouring Check-Dam

Hachiro SASAKI

(Civil Engg. Dept., Faculty of Engineering, Shinshu University, Nagano, Japan)

Recently in Japan, there are very often seen the destructions of many bridges and banks in flood which grow severer not only by sediment-materials, *e.g.* flow-stone and -sand, but also by float-materials, especially flow-timbers. Namely, these destructions are more intensified by the dam-upped backwater which is caused by flow-timbers checked by bridge piers at the peak time of a flood. The farther the river runs down, the heavier the damage becomes by flow-timbers. Therefore, if the peak time of flow-timbers can be retarded later than that of flood-discharge, the disaster on river-structures will considerably be decreased. Accordingly, to check flow-timbers is as much important mission charged to the upper reaches of a river as to check flow-stone and -sand.

The author consulted with the authorities concerned of Nagano Prefecture who have serious concerns about the above-mentioned and adopted the following proposals, *A* and *B*, as a practical plan for checking flow-timbers, and he tried a hydraulic experiment in using a model channel (see Fig. 1) to make it realize.

*A* : a proposal to avail the sub-check-dam and set a leading gate,

*B* : a proposal to set a leading net.

The results of the experiment may simply be stated as follows :

A. (1) The checking-ratio= $(U+W)/(T+U+V+W)$ .

Where,

*T* : the number of the flow-timbers stopped on the bottom at the upper stream from the leading gate,

*U* : do. drifting along the gate,

*V* : do. flowing down under the gate,

*W* : do. caught into the pocket of the sub-check-dam.

The details relating to *U*, *V* and *W* will be understood in Figs. 6~15 of this paper.

(2) The general survey of the relations between  $U \cdot V \cdot W \sim h_o/d$  and  $Q$  is shown in Fig. 17, where  $h_o$  and  $d$  are the opening height of the gate and the diameter of the flow-timber respectively.

(3) The relation between the gate angle ( $\theta$ ) and the checking-ratio can not clearly be recognized.

B. (1) It is observed that the base angle ( $\varphi$ ) of the trianguloid, which is made up of the flow-timbers accumulated along leading net, forms approximately  $55^\circ \sim 60^\circ$  numerically. Therefore, in conclusion it can be said to be hydraulically effective that the setting direction ( $\beta$ ) of the net should be oriented equal to  $\varphi$ .

(2) It is observed that the value of  $\varphi$  is similar to the coefficient of the sliding-static-friction ( $\varphi_c$ ) of the timber in still water.

(3) The drift-timbers along the net cause to make a notable phenomenon of dam-upped backwater.

---