

研究報告

漂流木材積攔截量模式評估之探討

邵龍雨¹ 陳文福^{2*} 顏添明³

【摘要】本研究利用 2004 年敏督利颱風侵襲後大甲溪德基壩下游至出海口間所打撈到河床上之漂流木為樣本，建立其「長度與累計材積量」及「長度與累計平均徑」之數學模式，再以此方程式求出滯洪池攔截漂流木的長度，檢核有橋涵通過其下游的滯洪池，並分析其攔截的容量是否足夠。本研究所得之漂流木的長度、徑長的統計分析結果，可供公路等設計單位之參考，以期能減輕漂流木所引發之各種災害。

【關鍵詞】漂流木、敏督利颱風、累計材積量、累計平均徑

Research paper

Study of Evaluating Model on Intercepted Volume of Driftwoods

Long-Yu Shao¹ Wen-Fu Chen^{2*} Tian-Ming Yen³

【Abstract】The study takes driftwoods intercepted in Da-jia River basin from De-ji Reservoir down to outfall as samples after Typhoon Mindulle. We established numerical models to evaluate the relationships of driftwoods, such as length vs. accumulative volumes and length vs. accumulative average diameters. Finally we find out two models, one of driftwood length to fit detention pond and the other to check the capacity of detention ponds. The study also provides with the analytic results of driftwood length, diameter by statistical techniques to some departments like road-designing as references, and it is anticipated that the study is able to reduce damages from driftwoods.

【Key words】Driftwood, Typhoon Mindulle, accumulative volumes, accumulative average diameter

1. 國立中興大學水土保持學系碩士在職專班研究生

Graduate Student, Department of Soil & Water Conservation, National Chung Hsing University.

2*. 國立中興大學水土保持學系教授，通訊作者

Professor, Department of Soil & Water Conservation, National Chung Hsing University, Corresponding author.

3. 國立中興大學森林學系副教授

Associate Professor, Department of Forestry, National Chung Hsing University.

一、前言

台灣地區自 1999 年發生百年頻率之集集大地震後，每遇颱風豪雨即發生嚴重之土石流災害，其中多以洪水所挾帶之漂流木所造成之問題最為嚴重，其所產生之災害讓人怵目驚心，其嚴重者如臨時橋涵的一再遭到破壞甚至沖毀(如 2004-2007 年阿邦溪、十文溪等)，而發生於村落或聚落之公路與野溪之交會口，常因橋涵通水能量的不足而產生溢流，以致危害到附近居民之生命財產(如 2004 年敏督利颱風後南投縣竹山鎮瑞竹大橋即因溢流而致災)，此外聚集於水庫集水區的漂流木當其累積至一定數量後，造成土砂淤積處理的延遲，增加了壩體承載的風險，及其對壩體水工結構物的破壞，過去石門水庫甚至曾因漂流木的問題影響水的濁度，致造成北台灣地區的大停水。另外，2004 年台東之富岡漁港及 2007 年之花蓮港，亦曾因災後大量的漂流木入港而形成潛勢災害。因此，探討漂流木材積量的計算及其攔截措施以減輕災害所帶來的衝擊有其殷切需要性。

漂流木災害的問題必須正視，台灣過去在研究大型崩塌發生後，引發土砂災害之防治問題相當多，但是相對於崩塌後漂流木引發災害防治之問題探討，則顯得有如鳳毛麟角，由於漂流木在相關資料的蒐集上較為困難，且漂流木所產生之問題為自 1999 年九二一大地震後，因連續颱風豪雨引發嚴重之土石災害才受到重視，此可能是這類研究較為缺乏的原因。雖然漂流木引發之問題是近年來才陸續發生的，然在國外已有不少成功的研究案例，其經驗可作為台灣的借鏡。瑞士的蘇黎士大學在此領域即有卓著的研究成效，本文除將其結果詳加介紹外，並探討漂流木的攔截應如何規劃。

二、前人研究

(一) 漂流木所導致的問題

1. 漂流木帶來的危害

2004 年台八線過「阿邦溪之橋涵」和八仙

山林道過「十文溪之橋涵」，因遭受敏督利颱風產生的洪水而破壞，為能迅速復建均以便道的方式來修復，一直到 2007 年的颱風豪雨季，雖然這種形式的通水斷面原本不足，但往往是因漂流木的阻塞管涵，而使得溪水溢流並導致道路中斷的情形不斷發生。

2004 年的敏督利颱風同時造成了台灣中部村落多處的災害，其中最常見的也是較嚴重的災害地點是在道路與野溪交會口，造成附近房屋的破壞及居民的死傷，而土石及漂流木散佈在這些殘破災區以及佈滿在災害開始發生的地點-交會口，有些交會口受漂流木阻塞的情形明顯而驚人。類似的情形亦發生在較上游的水庫集水區，由於台灣的水庫大都屬於在槽水庫，而且一些大型的水庫，如石門水庫、德基水庫的排洪閘門開口的位置都在洪水位以下，因此土砂和漂流木，無論在排洪閘門開口的下方；或在排洪閘門開口的上方，均無法順利流出。由於漂流木聚集的數量非常龐大，災後為搶先處理漂流木，水位下方之淤砂和水工結構物的修復等工作即受到相當程度之延遲，這也是石門水庫在後續因水的濁度高升不降而造成台灣北部地區大停水的原因之一。

2. 漂流木之材積

(1) 單位面積漂流木之材積

依據敏督利颱風後台電德基水庫所打撈的漂流木總材積量為 25,000 m³，而敏督利颱風後德基水庫集水區新增加之崩塌面積為 541 ha，單位面積漂流木數量 (Vd) 為 46.2 m³/ha (黎明工程顧問有限公司，2007)。

(2) 潛勢漂流木材積之推估

有關漂流木材積量的推導，可以依據過去該集水區所產生的歷史災害，包括地震或颱風豪雨所產生之最大新增崩塌面積做為潛勢崩塌面積 (A)，再依據單位面積的材積 (Vd) 為基礎，將此二者相乘，即可推算潛勢漂流木之材積量，其關係式如(1)式所示。

$$V_p = A * V_d \dots\dots\dots(1)$$

(1)式中，V_p：潛勢漂流木數量 (m³)

A : 最大新增崩塌面積或潛勢崩塌面積 (ha)

Vd : 單位面積漂流木數量 (m³/ha)

(二) 漂流木攔截設施之探討

1. 漂流木攔截設施之發展

Uchiog 等於 1996 年首先提出土石流肇因區攔截間距與漂流木長度之關係式為

$$S = (0.3 - 0.5) L \dots\dots\dots(2)$$

(2)式中, S : 攔截間距 (m) ;

L : 漂流木長度 (m)

Bezzola 等 (1997) 則提出另一組關係式為

$$L = 1.5S \dots\dots\dots(3)$$

Bezzola 等人並進行五組不同的攔截面積的試驗來探討攔截的效果 (圖 1), 結果五組斷面均能達到攔截漂流木的功能。Bezzola 等 (1998) 利用上述五組之一的梯形斷面進行水工模型試驗, 並在兩側邊加護網成功地攔截漂流木。Bezzola (2001) 再提出新建的滯洪沉砂池, 其與傳統滯洪沉砂池最大的不同是: 利用 3 個連續壩來攔截土石流, 其中上游的兩個壩被設計來攔截土砂, 最下游的壩被設計來攔截漂流木, 攔污柵全斷面展開, 中間有橫向隔樑來加強結構的承载力。Bezzola 和 Lange (2003) 在主河道施設簡易且密集 (間距 1 m) 的攔截設施, 利用漂流木及淤沙被攔截的障礙使河道產生橫向水流, 流到側向的通道後再回流主河道下游, 產生了滯洪的效果, 這種巧妙的應用漂流木攔截設施, 取代大部分的水泥材料成為攔截的主體結構, 是滯洪池另一種創新的做法。Bezzola 等 (2004) 又針對攔截洪峰流量產生的漂流木, 設計出一種下方開放空間的攔截設施, 其狀似防砂壩前的潛壩 (圖 2)。以及 Lange 等 (2004) 提出一種在河道擴大處, 系統性且均佈的簡易攔污柵。

2. 漂流木攔截設施所需考量之因素

有關漂流木的攔截設施, 依據 Bezzola (2001)、Bezzola 等 (2003, 2004) 及 Lange (2004) 指出, 其所需考量之因素如下:

(1)因為成本因素的考量, 攔截的設施應盡量與舊有的滯洪沉砂池或與有寬廣腹地的防砂壩

結合。

- (2)為使漂流木攔截容量盡量增大, 新建的攔截設施最好設在河道擴大處。
- (3)在攔截漂流木超過負荷的案例中, 小面積的攔截設施會從壩的側翼開始排放河水, 大面積的攔截設施水會穿過漂流木, 流到攔污柵和攔砂壩之間, 這時兩者之間就像一座小型滯洪沉砂池而達到滯洪的功能。
- (4)為使攔截的容量能盡量擴大, 攔截設施的高度必須接近防砂壩兩側翼的高度。
- (5)攔截的設施與下游的防砂壩應有一定的距離, 這是為了避免漂流木受到攔砂壩上游的橫向迴水而被帶出溢流口, 經由試驗成功的案例, 大面積 (全斷面) 的攔截設施的距離為 3 M, 較小面積的梯形斷面攔截設施的距離為 3.75 M, 為確保不受橫向迴水影響, 側邊必須加隔網。
- (6)雖然在攔截漂流木超過負荷的案例中, 小面積的攔截設施滯洪的功能較不理想, 但在有些原本容量就不大的滯洪沉砂池, 使用較小的斷面, 可能是因為增加容量的考量。
- (7)攔污柵間距過小時, 被攔截的漂流木會形成屏障, 河水流經會形成壅水倒流的現象, 造成小顆粒泥砂的沉澱淤積, 而增加了維護的費用, 在研究的案例中, 攔污柵間距 1.7 M 即有產生這種沉澱淤積的可能。
- (8)有關攔污柵的間距, 從過去成功攔截的案例中, 在土石流肇因的區位用 (2) 式, 在非土石流肇因的區位用 (3) 式。
- (9)在攔截的容量不足且下游無阻斷通水斷面之虞 (如橋涵) 的情況下, 可將攔截設施設計成潛壩的形式 (圖 2), 允許洪水初期的土砂及漂流木經由潛壩下方通過而流出, 並攔截洪峰時所產生之土砂及漂流木。
- (10)因相關因素 (如道路、生態保育) 只能興建較小型的攔截設施, 則可以利用簡易均佈的攔污柵於河道擴大的區位, 這種佈置以岸邊的佈置效果較好。

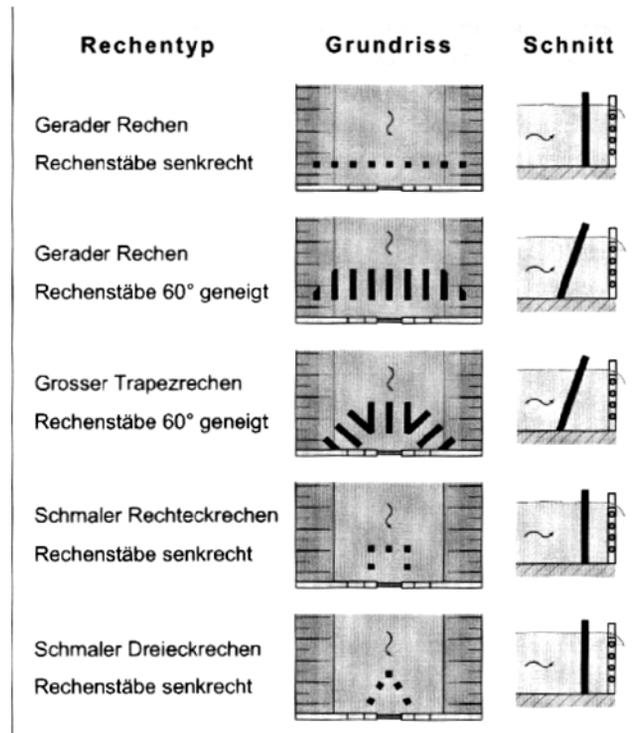


圖 1. 5 組不同攔截面積的試驗來測試其攔截之效果，第一種是直立形的全斷面攔截，第二種是與地面夾 60 度角的全斷面攔截，第三種是與地面夾 60 度角的梯形較小的斷面攔截，第四種是直立方形只有溢流口斷面的攔截，第五種是直立三角形只有溢流口斷面的攔截。試驗結果 5 種斷面均有其攔截功能

Fig. 1. There are five different sections to be tested for understanding their efficiency of driftwoods retention, the first one is erective and full-sectioned, the second one is a 60° and full section, the third one is a 60° and trapezoid section, the forth one is a square and small section, the fifth one is a triangle and small section. The result of the experiment is that all the five sections are provided with the function of retention.

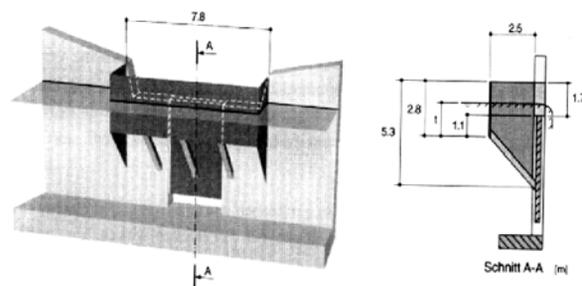


圖 2. Bezzola 等 (2004) 又針對攔截洪峰流量產生的漂流木，設計出一種下方開放空間的攔截設施，其狀似防砂壩前的潛壩

Fig. 2. A trashrack with its opensubstruction is connected to the dam, and is designed to intercept driftwoods when flood peak is coming. It looks like a submerged dam upper check dam.

3. 滯洪沉砂池漂流木攔截數量計算

依據八十一年十月版的水土保持手冊第 12 章滯洪壩第 5 節補充說明，第 4 項提到：「…滯洪壩蓄水體積之推估，可依現場河床坡度及河岸坡度配合蓄水量公式，概估近似實際之蓄水量…」，因此設置攔截後所攔截漂流木的材積量，可概估為蓄水量上方面積乘以攔截其平均直徑如圖 3 所示：

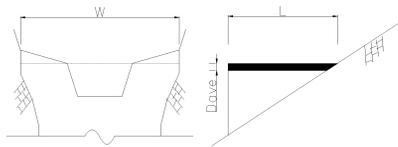


圖 3. 滯洪池施設攔截設施後漂流木材積量示意圖

Fig. 3. A diagram shows a detention pond capacity of woods volume after it was placed with trashrack.

而其實際材積量尚須減去空隙部分如圖 4 所示：



圖 4. 體積折減係數示意圖

Fig. 4. A diagram shows reduction factor

因此施設攔截設施所得之概估漂流之材積量 V_D 為：

$$V_D = W * Lr * Dave * \alpha \dots \dots \dots (4)$$

V_D = 滯洪池提供攔截漂流木之材積容量 (m³) ;

W = 沉砂池之寬度 (m) ;

Lr = 砂池溢洪口與河床之距離 (m) ;

$Dave$ = 所攔截漂流木之平均直徑 (m) ;

α = 體積折減係數 (無因次) (如照片 20) ;

$$\alpha = (\pi/4 * D2) / D2 = \pi/4 = 0.79$$

三、研究材料與方法

(一) 研究區位及樣本：

2004 年敏督莉颱風後為打撈之大甲溪德基水庫下游至出海口之漂流木，依打撈之位置，區分其運移之距離不同，將谷關壩上游至德基壩段，運移距離較短的區位視為 1 區；谷關壩下游至出海口段，運移距離較長的區位視為 2 區，其詳述及圖示 (圖 5) 如下：

1 區：谷關壩至德基壩段敏督利颱風後打撈之漂流木 741 支。

2 區：谷關壩至出海口段敏督利颱風後打撈之漂流木計 3691 支。

打撈之漂流木經剔除極少數幹空材後，總計 4,432 支漂流木 (資料來源：林務局東勢林管處)。

(二) 研究方法

本研究利用統計方法分析兩個區位內漂流木之直徑、長度、徑長比之分布，將直徑分為 0-20 cm、21-40 cm、41-60 cm、61-80 cm、81-100 cm、101-120 cm、121-140 cm、141-160 cm 等八個級距 (如表 1) 來分析，並分析其累計數量及累計材積，另將長度分為 0.0-1.0 m、1.1-2.0 m、2.1-3.0 m、3.1-4.0 m、4.1-5.0 m、5.1-6.0 m、6.1-7.0 m、7.1-8.0 m、8.1-9.0 m、9.1-10.0 m、10.1-11.0 m、11.1-12.0 m 等十二個級距 (表 2) 來分析，並分析其累計數量、累計材積及累計平均直徑 ($Dave$)，以及將其徑長比分為 0.00-0.050、0.051-0.100、0.101-0.150、0.151-0.200、0.201-0.250、0.251-0.300、0.301-0.350、0.351-0.400、0.401-0.450、0.451-0.501、0.500 十一個級距來分析 (表 3)，並分析其累計數量，其目的為提供攔截漂流木的有效的資訊，以做為建立數學模式之基礎，並提供攔截規劃之依據。

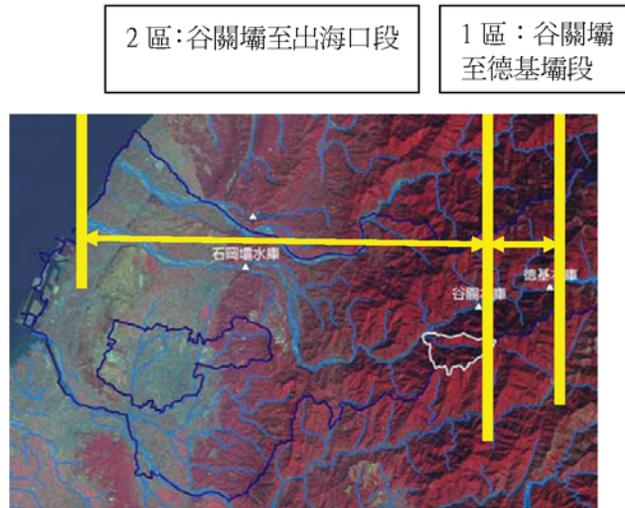


圖 5. 本研究的區位

Fig. 5. The area of this study.

表 1. 漂流木直徑分布與累計材積。

Table 1. The distribution of driftwood diameter and its accumulative volume

直徑級 (cm)	株數 (n)	谷關壩上游至德基壩段				株數 (n)	谷關壩下游					
		百分比 %	累計 株數	累計百 分比%	累計材 積(m ³)		百分比 %	累計 株數	累計百 分比%	累計材 積(m ³)	累 計 材積%	
0~0	8	1.08	741	100	741.68	100	15	0.41	3691	100	2656.09	100
21~40	238	32.12	733	98.92	734.62	99.05	1259	34.11	3676	99.59	2648.18	99.7
41~60	297	40.08	495	66.8	650.23	87.67	1585	42.94	2417	65.48	2286.29	86.08
61~80	148	19.97	198	26.72	417.85	56.34	631	17.1	832	22.54	1341.42	50.5
81~100	34	4.59	50	6.75	165.99	22.38	144	3.9	201	5.45	508.92	19.16
101~120	12	1.62	16	2.16	74.06	9.99	43	1.16	57	1.54	199.85	7.52
121~140	4	0.54	4	0.54	24.16	3.26	12	0.33	14	0.38	72.79	2.74
141~160	0	0	0	0	0	0	2	0.05	2	0.05	15.19	0.57

表 2. 漂流木長度分布與累計材積及累計平均直徑

Table 2. The distribution of driftwood length, its accumulative volume and its accumulative average diameter

長度級 (m)	株數 (n)	谷關壩上游至德基壩段					累 計 平均徑 (cm) Dave	株數 (n)	谷關壩下游					累 計 平均徑 (cm) Dave
		百分比 %	累計 株數	累計 百分比 %	累計 材積 (m3)	累計 材積 %(Cn)			百分比 %	累計 株數	累計 百分比 %	累計 材積 (m3)	累計 材積 %	
0.0~1.0	0	0	741	100	741.68	100	48.67	16	0.43	3691	100	2656.3	100	47.04
1.1~1.0	40	5.40	741	100	741.68	100	48.67	799	21.65	3675	99.57	2653.7	99.9	47.05
2.1~3.0	180	24.29	701	94.60	731.34	98.61	48.91	1231	33.35	2876	77.92	2462.6	92.71	48.27
3.1~4.0	192	25.91	521	70.31	658.74	88.82	50.78	773	20.94	1645	44.57	1885.4	70.98	49.67
4.1~5.0	136	18.35	329	44.40	526.60	71.00	53.47	419	11.35	872	23.63	1308.6	49.26	50.84
5.1~6.0	87	11.74	193	26.05	368.62	49.70	54.76	202	5.47	453	12.27	859.50	32.36	52.14
6.1~7.0	53	7.15	106	14.30	235.63	31.77	54.44	122	3.31	251	6.80	570.44	21.48	52.41
7.1~8.0	32	4.85	53	7.15	116.70	15.73	50.65	63	1.71	129	3.49	358.02	13.48	54.97
8.1~9.0	16	2.16	21	2.83	49.71	6.70	49.54	35	0.95	66	1.79	186.28	7.01	52.02
9.1~10.0	5	0.67	5	0.67	11.01	1.48	56.00	20	0.54	31	0.84	98.47	3.71	53.58
10.1~11.0	1	0.13	1	0.13	1.94	0.26	60.00	11	0.22	11	0.30	35.61	1.34	53.09
11.1~12.0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.08	3	0.08	9.07	0.34	46.67

表 3. 漂流木徑長比分布

Table 3. The distribution of driftwoods' ratios of diameter to length

徑長比	谷關壩上游至德基壩段				谷關壩下游			
	株數(n)	百分比%	累計株數	累計百分比%	株數(n)	百分比%	累計株數	累計百分比%
0.01~0.050	29	3.91	741	100	29	1.71	3691	100
0.051~0.100	185	24.97	712	96.09	63	16.53	3628	98.29
0.101~0.150	252	34.01	527	71.12	610	25.87	3018	81.77
0.151~0.200	133	17.95	275	37.11	955	20.24	2063	55.89
0.201~0.250	77	10.39	142	19.16	747	15.33	1316	35.65
0.251~0.300	33	4.45	65	8.77	566	9.05	750	20.32
0.301~0.350	21	2.83	32	4.32	334	5.23	416	11.27
0.351~0.400	7	0.94	11	1.48	193	2.28	223	6.04
0.401~0.450	3	0.4	4	0.54	84	1.82	139	3.77
0.451~0.500	1	0.13	1	0.13	67	0.54	72	1.95
0.501~	0	0	0	0	52	0.01	52	1.41

四、結果與討論

(一) 漂流木之規格分布

1. 由表 1 可得 1 區的漂流木直徑主要分布在 20-80 cm 之間佔 92.17%，2 區的漂流木直徑主要分布亦在 20-80 cm 之間佔 94.15%。
2. 由表 2 可得 1 區的漂流木長度主要分布在 3-7 M 之間佔 80.29%，2 區的漂流木長度主要分布亦在 1-5 m 之間佔 87.29%，得知 2 區的漂流木長度分布有較短的趨勢，由於其直徑分佈 (表 1) 並無明顯差異，合理的推論為，本研究中的 2 區從谷關壩至出海口，因運移的距離較長，較易產生折斷的情形，因而在上游採取攔截的措施，應有助於保存漂流木其原有的價值。
3. 由表 2 可得 1 區的漂流木長度大於 2 m 佔 94.6%，2 區的漂流木長度大於 2 m 佔 77.9%，而一般過水便道所用之管涵直徑均小於或等於 2 m，由此可知這種便道上游最好有攔截設施，否則較易阻塞。而表 2 中，1 區長度大於 10 m 僅有 1 支，2 區大於 11 m 僅有 3 支，此一資訊可提供公路相關單位，在無攔截漂流木設施的情況下，提供設計橋涵跨徑的一種參考。

4. 由表 3 可得知 1 區的漂流木，仍以細長型較多，主要分佈於 0.05-0.25 之間佔 87.31%，2 區的漂流木細長比，主要分佈於 0.05-0.25 之間佔 77.98%。

(二) 漂流木攔截模式之檢核

1. 與滯洪池下游有道路之管涵、橋涵之相關檢核

滯洪池下游有道路之管涵、橋涵，攔截之漂流木長度應規劃為管涵直徑及橋涵跨徑以上之長度，並利用表 2 得其對應之材積量 C_n ，求得 V_{pr} 或 V_{pg} ，再利用表 2 得其對應之平均直徑 D_{ave} ，求得 V_{Dr} 或 V_{Dg} ，若 $V_{pr} > V_{Dr}$ 或 $V_{pg} > V_{Dg}$ ，則下游需再增設攔截設施。

2. 與滯洪池下游無道路之管涵、橋涵之相關檢核

既有之滯洪池應如何規劃其攔截漂流木之長度？本研究分為 1 區及 2 區來探討，首先由表 4 的分析得知，留置之漂流木長度 L 與其材積量 C_n 有一對應數值，以 L 為自變數， C_n 為依變數，利用 SPSS 作迴歸分析後，表 2 所得之模式如表 4 及表 5：

表 4. 1 區留置之漂流木長度 L 與其累計材積量 C_n 之回歸式

Table 4. The regressive equation of driftwoods accumulative volume (C_n) vs. length in the NO.1 area

Equation	$S_{y,x}$	R^2
1. $C_n = 1.140764 - 0.119813L$	0.1083	0.937
2. $C_n = 1.249324 - 0.520033 \cdot \ln L$	0.1427	0.891
3. $C_n = 1.381042/L$	0.2591	0.815
4. $C_n = 1.331694 - 0.207934L + 0.007343L^2$	0.0862	0.964

表 5. 2 區留置之漂流木長度 L 與其累計材積量 C_n 之回歸式

Table 5. The regressive equation of driftwoods accumulative volume (C_n) vs. length in the NO.2 area

Equation	$S_{y,x}$	R^2
1. $C_n = 0.946482 - 0.095322L$	0.1385	0.871
2. $C_n = 1.120459 - 0.476446 \cdot \ln L$	0.0804	0.957
3. $C_n = 1.248328/L$	0.1744	0.879
4. $C_n = 1.295796 - 0.245028L + 0.011516L^2$	0.0407	0.990

表 4 及表 5 均以第 4 式較佳，取為計算式。所以經由攔截設施後之潛勢漂流木數量 V_{pt} 為

$$V_{pt} = C_n * V_p \text{ (1 式)}$$

$$= C_n * A_l * V_d \dots \dots \dots (5)$$

而 1 區留置之潛勢漂流木數量以 V_{pr} 表示為 (C_n 以 L 代入)

$$V_{pr} = A * V_d *$$

$$(1.331694 - 0.207934L + 0.007343L^2) \dots \dots (6)$$

2 區留置之潛勢漂流木數量 V_{pg} 為 (C_n 以 L 代入)

$$V_{pg} = A * V_d *$$

$$(1.295796 - 0.245028L + 0.011516L^2) \dots \dots (7)$$

而表 2 的分析得知，留置之漂流木長度 L 與其平均直徑 D_{ave} 有一對應數值，以 L 為自變數， D_{ave} 為依變數利用 SPSS 作迴歸分析後，表 2 所得之模式如表 6 及表 7：

表 6. 1 區留置之漂流木長度 L 與其平均直徑 D_{ave} 之回歸式

Table 6. The regressive equation of driftwoods' accumulative average diameter (D_{ave}) vs. its length in the NO.1 area

Equation	$S_{y,x}$	R^2
1. $D_{ave} = 48.328003 + 0.805112L$	2.6689	0.527
2. $D_{ave} = 48.894204 + 0.427644L + 0.37747L^2$	2.8037	0.536
3. $D_{ave} = 46.998192 + 3.440197L - 0.752258L^2 + 0.052667L^3$	2.5565	0.662
4. $D_{ave} = 48.929844 - 3.2669282L + 2.6013043L^2 - 0.483903L^3 + 0.0268285L^4$	1.638	0.881

表 7. 2 區留置之漂流木長度 L 與其平均直徑 D_{ave} 之回歸式

Table 7. The regressive equation of driftwoods' accumulative average diameter (D_{ave}) vs. length in the NO.2 area

Equation	$S_{y,x}$	R^2
1. $D_{ave} = 48.495811 + 0.390849L$	2.5890	0.2458
2. $D_{ave} = 45.305355 + 2.305123L - 0.174025L^2$	1.7194	0.7006
3. $D_{ave} = 47.108364 - 0.226374L + 0.426978L^2 - 0.036424L^3$	1.1853	0.8735

表 6 以第 4 式較佳，表 7 以第 3 式較佳，取為計算式。所以滯洪池可攔截漂流木材積量 V_{dr} ($=W * L * D_{ave} * \alpha \dots$) 經分別將表 6 及表 7 之 D_{ave} 以 L 帶入為

$$V_{dr} = W * L * \alpha * (48.929844 - 3.2669282L + 2.6013043L^2 - 0.483903L^3 + 0.0268285L^4) / 100 \dots (8) \text{ 1 區}$$

$$V_{dg} = W * L * \alpha * (47.108364 - 0.226374L + 0.426978L^2 - 0.036424L^3) / 100 \dots (9) \text{ 2 區}$$

經由 (6) 式 = (8) 式，得 $V_{pr} = V_{dr}$ 則

$$W * L * \alpha * (48.929844 - 3.2669282L + 2.6013043L^2 - 0.483903L^3 + 0.0268285L^4) / 100 = A * V_d * (1.331694 - 0.207934L + 0.007343L^2) \dots \text{1 區 (10)}$$

由 (7) 式 = (9) 式，得 $V_{pg} = V_{dg}$

$$W * L * \alpha * (47.108364 - 0.226374L + 0.426978L^2 - 0.036424L^3) / 100 = A * V_d * (1.295796 - 0.245028L + 0.011516L^2) \dots \text{2 區 (11)}$$

由於 W 、 L_r 、 α 、 A 、 V_d 均可求出，因此 (10) 式及 (11) 均可解出 L ，得出需攔截漂流

木之長度。

(三) 案例應用之分析

1. 必坦溪集水區二號壩

必坦溪下游注入德基水庫集區，因台三八線已無復建規劃，並無目標管涵或橋涵長度，以其上游新完工之必坦溪二號壩來規劃漂流木攔截設施為例，經量得其 $W=50\text{ m}$ 、 $L=33\text{ m}$ ，則

$$V_{br} = 50 \times 33 \times 0.79 \times 1/100 \times (48.929844 - 3.2669282L + 2.6013043L^2 - 0.483903L^3 + 0.0268285L^4)$$

經查得其歷次事件最大之新崩塌地為敏督利颱風過後之 31.92 ha (家鼎工程顧問有限公司, 2007)，則

$$V_{pr} = 31.92 \times 46.2 \times (1.331694 - 0.207934L + 0.007343L^2)$$

由 $V_{br} = V_{pr}$ ，經約分後得：

$$0.00884 \times (48.929844 - 3.2669282L + 2.6013043L^2 - 0.483903L^3 + 0.0268285L^4) = (1.331694 - 0.207934L + 0.007343L^2)$$

所以

$$0.431 - 0.029L + 0.023L^2 - 0.0043L^3 + 0.00024L^4 = 1.331694 - 0.207934L + 0.007343L^2$$

$$-0.901 + 0.179L + 0.0157L^2 - 0.0043L^3 + 0.00024L^4 = 0$$

用試誤法

$$L=0 \quad \text{左式} = -0.901$$

$$L=1 \quad \text{左式} = -0.71$$

$$L=2 \quad \text{左式} = -0.511$$

$$L=3 \quad \text{左式} = -0.319$$

$$L=4 \quad \text{左式} = -0.148$$

$$L=5 \quad \text{左式} = -0.001$$

$$L=6 \quad \text{左式} = 0.120$$

$$L=7 \quad \text{左式} = 0.223$$

$$L=8 \quad \text{左式} = 0.317$$

$$L=9 \quad \text{左式} = 0.422$$

$$L=10 \quad \text{左式} = 0.559$$

得 $L=5$ 即為設定攔截之漂流木長度

2. 阿邦溪集水區四號壩

阿邦溪下游注入大甲溪(台八線通過下游匯流口附近，其目標管涵長度為 2 m，以其上游新完工之阿邦溪四號壩規劃漂流木攔截容量為例，經量得其 $W = 40\text{ m}$ 、 $L = 41\text{ m}$ ，則

$$V_{bg} = 40 \times 41 \times 0.79 \times 1/100 \times 48.91 \leftarrow \text{查表 2} \\ = 633.7\text{ m}^3$$

經查得其歷次事件最大之新增崩塌地為桃芝颱風過後之 25.96 ha (家鼎工程顧問有限公司, 2005, 2007)，則

$$V_{pg} = 25.96 \times 46.2 \times 0.986 \leftarrow \text{查表 2} \\ = 1182.6\text{ m}^3$$

由 $V_{pg} > V_{rg}$ 可知需再增設攔截容量為 $1182.6 - 633.7 = 548.9\text{ m}^3$

伍、結論與建議

- (一) 設置漂流木攔截設施有助於防止漂流木於運移時折斷，保存其價值。
- (二) 本研究有關漂流木長度統計分析之結果，應用於公路橋涵斷面設計，應有助於減災。對於集水區下游有過水管涵通過時，可利用上述結果檢核上游滯洪池的攔截材積容量。
- (三) 經由上述結果所建立之「長度與累計材積量」及「長度與累計平均直徑」的數學模式，可得滯洪池攔截漂流木之長度，後續將可利用其計算攔截間距，而後進行攔截設施以減輕災害。

六、誌謝

特別感謝蘇黎世大學水文水工及冰川實驗室主任 Dr. Lange，提供相關漂流木的寶貴資料，使本研究得以順利完成。

七、參考文獻

顏添明、李久先、黃凱洛、劉兆昌(2004) 杉木人工林成熟林分林木生長及生物量之探討。中華林學季刊 37(2) : 157-168。

台灣省水土保持局(1992)「水土保持手冊」。
第 2 章 2-119~2-123 頁。

家鼎工程顧問有限公司(2007)東勢處轄內崩坍
地重點區調查。4-3~4-4 頁。

黎明工程顧問公司，2007 年大甲溪上游集水區
整體規劃期末報告。4-46 頁。

Bezzola, R.G (1998) Ein Überblick zur Schwebholzproblematik. Jahrgang, Heft 1/2, CH- 5401 Baden.

Bezzola, R.G (2001) Schwemmholzruckhalt oder Weiterleitung. Jahrgang, Heft 9/10, CH- 5401 Baden.

Bezzola, R.G, and D Lange, (2003) Umgang mit

Schwemmholz im Wasserbau. Jahrgang, Heft 11/12, CH-5401 Baden.

Bezzola, R. G, H. Sigg and D. Lange (2004) Driftwood Retention Works in Switzerland. Internationales Symposium pp.7.-9. Zurich

Lange, D. , H. Sigg, and R. G Bezzola, (2004) Selektiver Schwemmholzruckhalt. Oberbayern Symposium pp.16.-19.

Uchiogi, T., Shima, J., Tajima, H., Ishikawa, Y. (1996) Int. Symp. Interpraevent, Garmisch-Partenkirchen pp.279-288.

