



農業部農村發展及水土保持署  
Agency of Rural Development and Soil and Water Conservation, MOA

# 大規模崩塌衍生堰塞壩之動態穩定性 評估研究

國立屏東科技大學 土木工程系  
陳昆廷 助理教授

114年02月18日





# 簡 報 內 容

- 一、緒論
- 二、研究方法
- 三、結果與討論
- 四、結論與建議





# 堰塞之定義



山谷之河道受**自然因素**影響而阻塞，上游來水蓄積形成**湖泊**。

阻塞河道之物體稱為**天然(堰塞)壩(Natural Dam)**。

上游形成的湖泊稱為**堰塞湖(Barrier Lake)**。

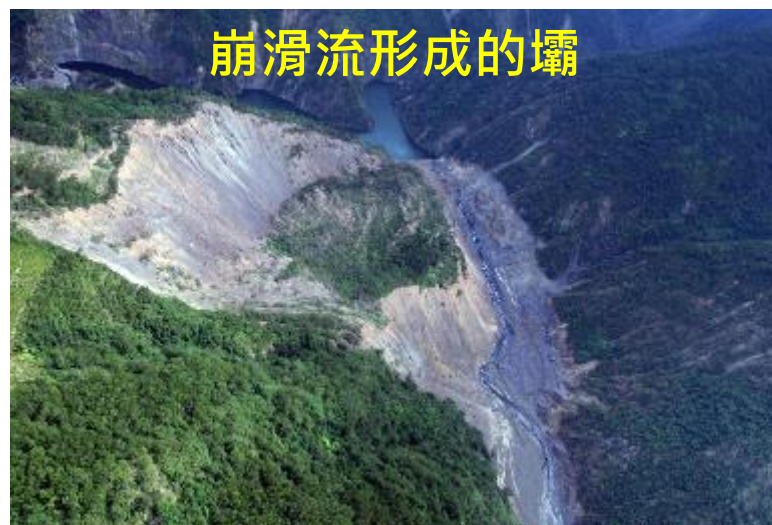
河狸築成的壩

<https://read01.com/Ny6j273.html#.YXd2MZ5BxPY>



地質構造形成的壩

<https://zh.wenxuecity.com/blog/201910/48465/7551.html>



崩滑流形成的壩

國立成功大學防災研究中心提供



火山形成的壩

<https://np.cpami.gov.tw>

一、緒論

二、研究方法

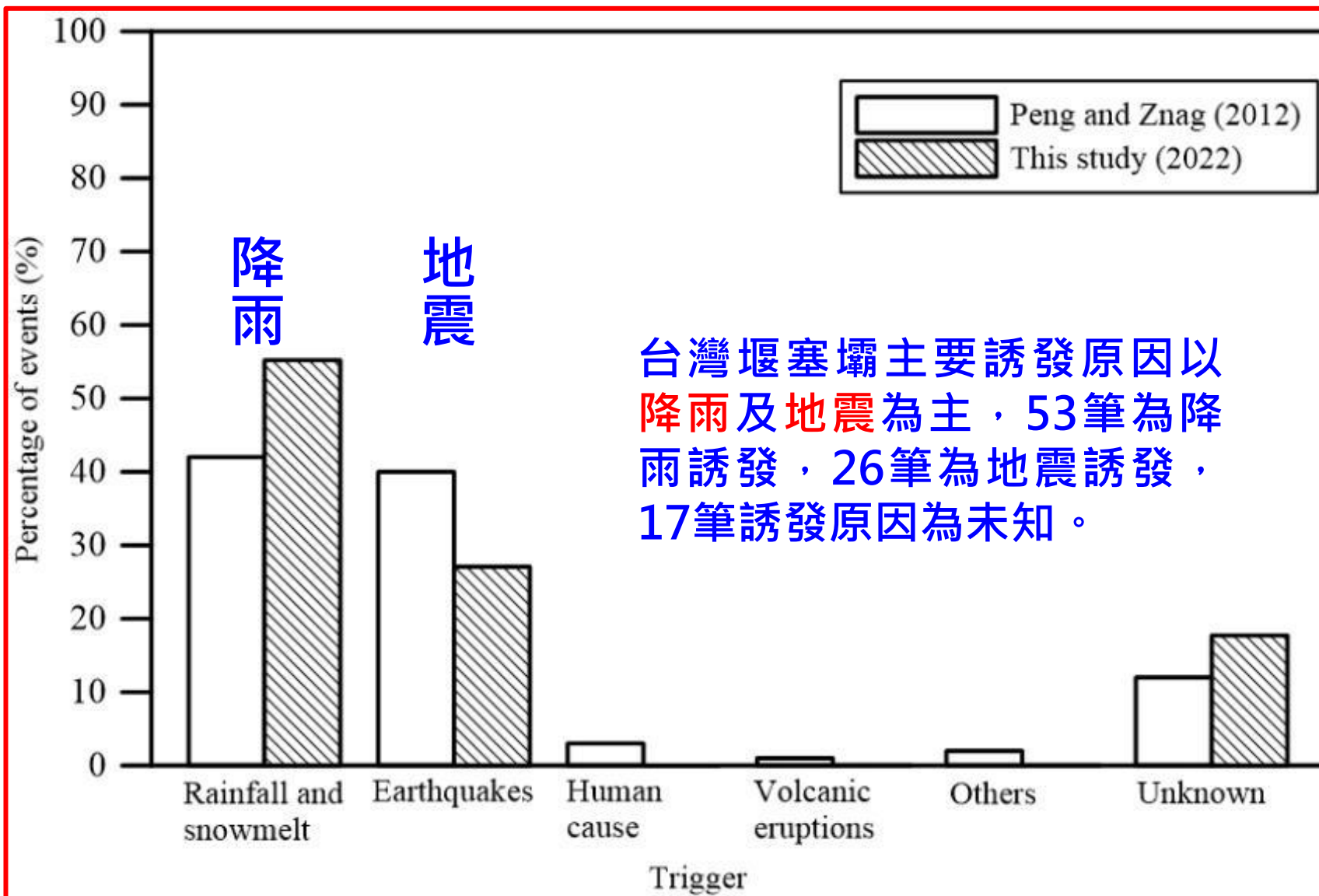
三、結果與討論

四、結論與建議





# 堰塞壩誘發原因



一、緒論

二、研究方法

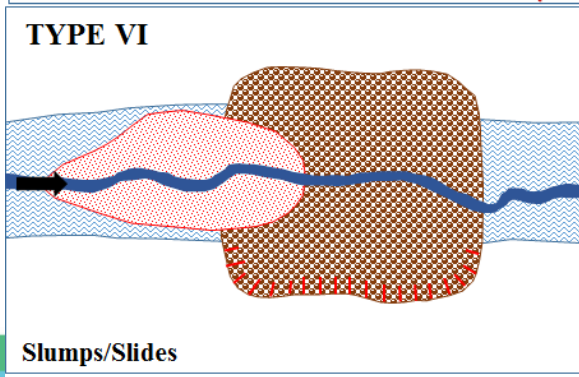
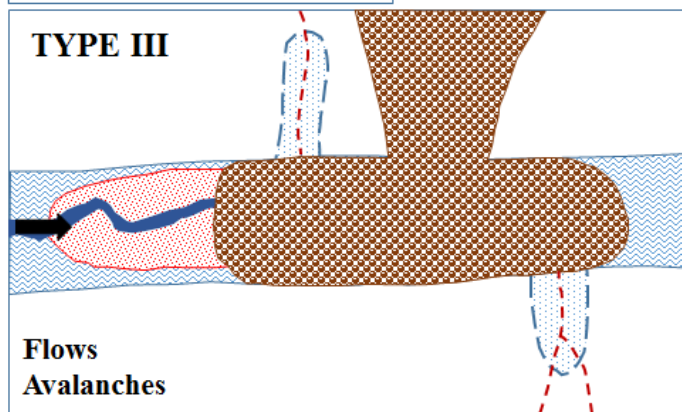
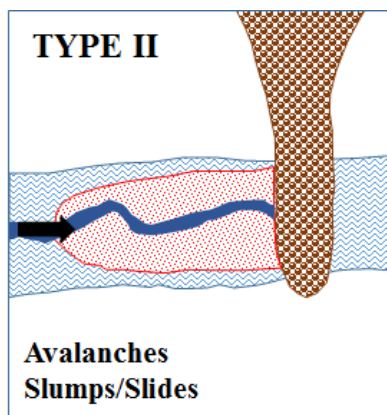
三、結果與討論

四、結論與建議





# 台灣常見之堰塞壩土體運動類型



一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

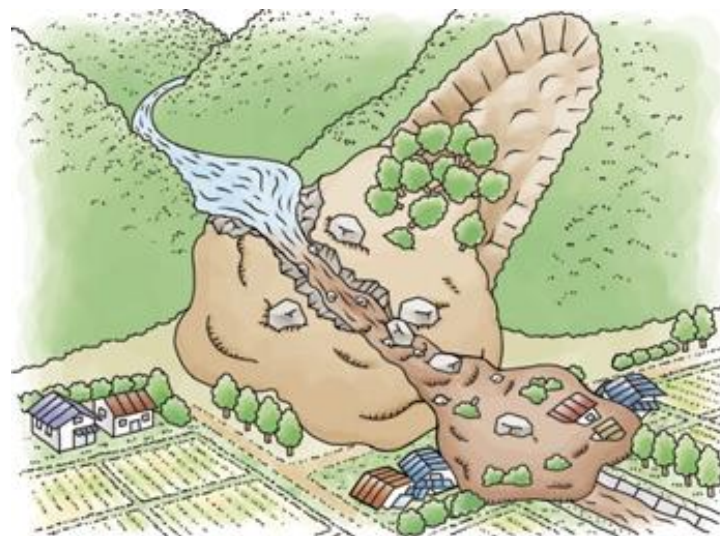
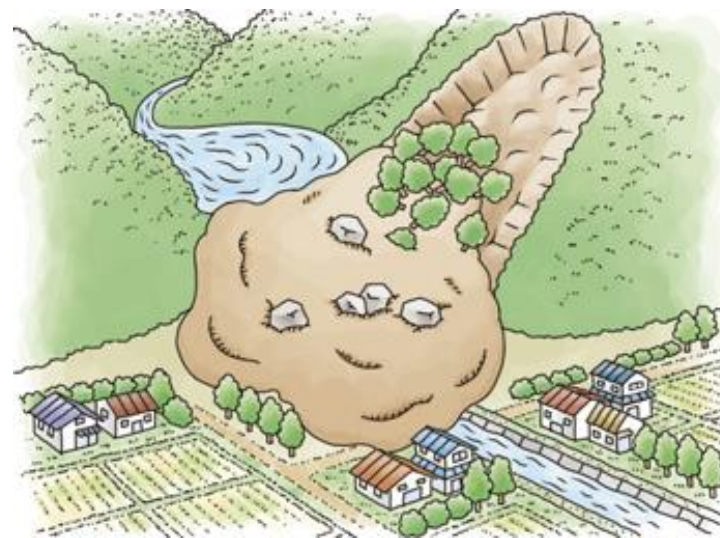
四、結論與建議



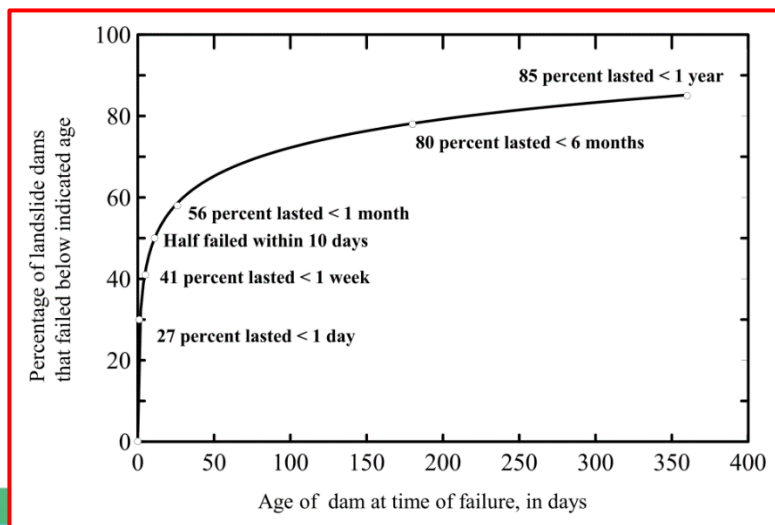


# 堰塞壩危害

- ✓ 山谷兩側受**降雨**或**地震**影響發生崩塌、地滑、土石流等，**崩滑流土體**無法即時被河道水流挾帶至下游，堆積於河道中而形成**堰塞壩**。
- ✓ 堰塞壩**上游迴水**淹沒建物、道路、農地等基礎設施。
- ✓ **堰塞湖**潰壩時間預測不易，使得災害具有**突發性**、**衝擊大**及**影響範圍廣**之危害特性，嚴重威脅下游居民生命財產安全。



[http://www.sabopc.or.jp/library/river\\_blockage/](http://www.sabopc.or.jp/library/river_blockage/)



一、緒論

二、研究方法

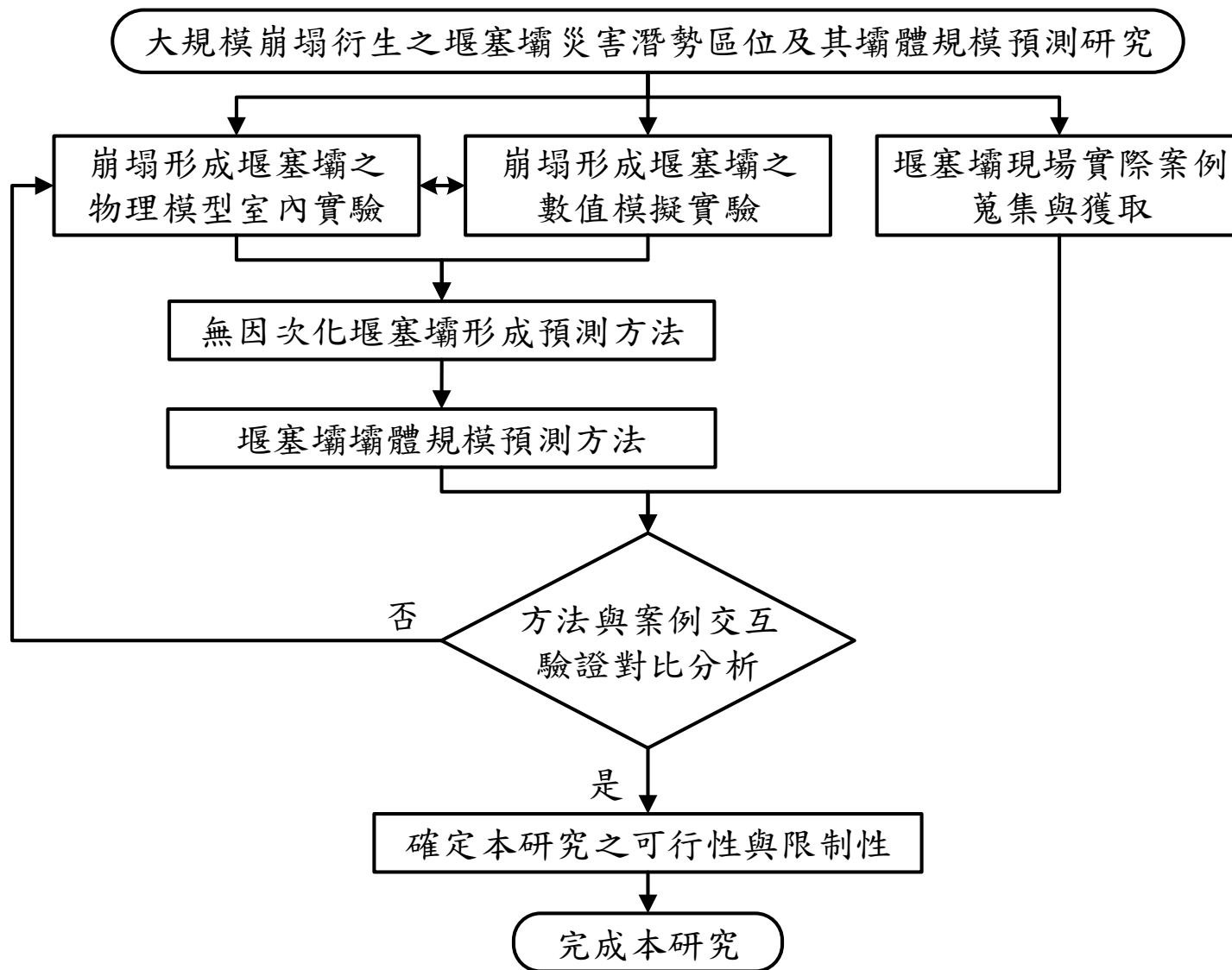
三、結果與討論

四、結論與建議





# 第一年研究內容(110年度)



一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

四、結論與建議



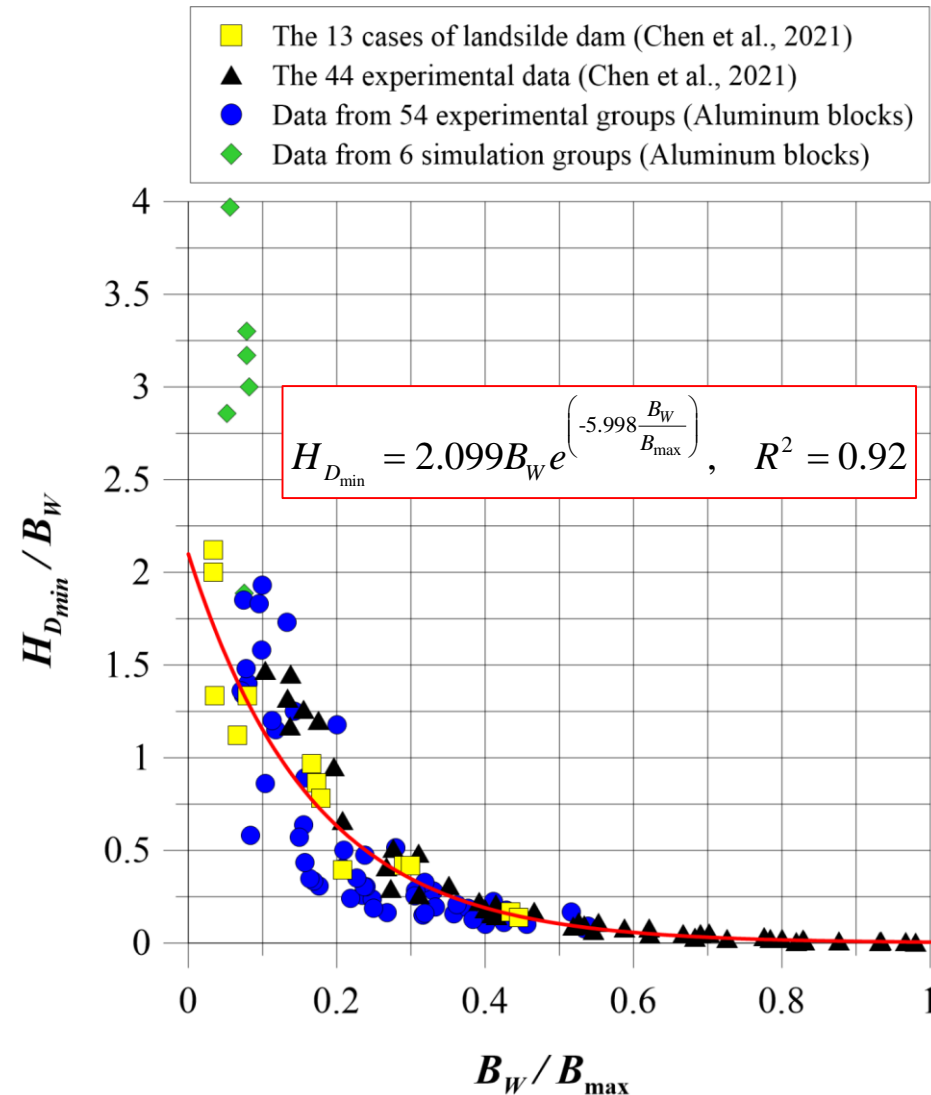
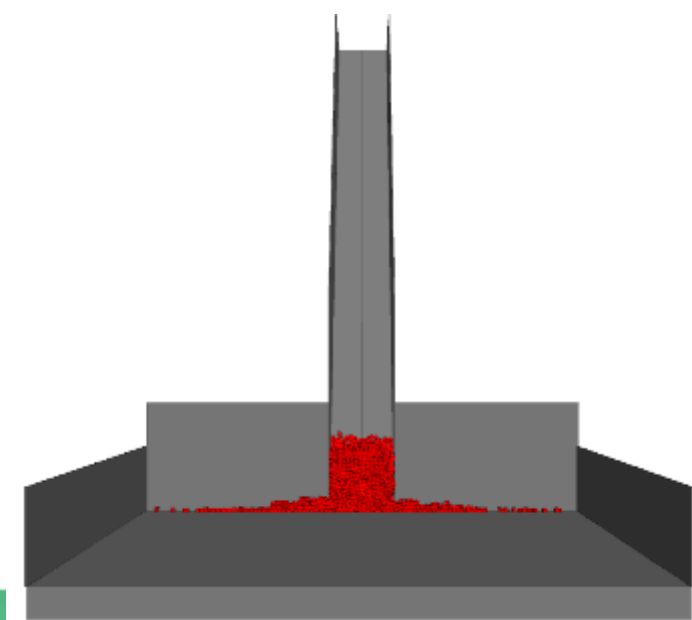




# 第一年研究成果(110年度)

## 無因次堰塞壩形成評估方法

- ✓ 綜整室內實驗與數值模擬實驗結果，當河道寬度越大，因崩塌水平運動距離有限，因此崩塌最小堆積高度隨河道寬度增大而減小，當崩塌最小堆積高度為於0，即表示崩塌土體無法到達河道對岸形成堰塞壩。



一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

四、結論與建議

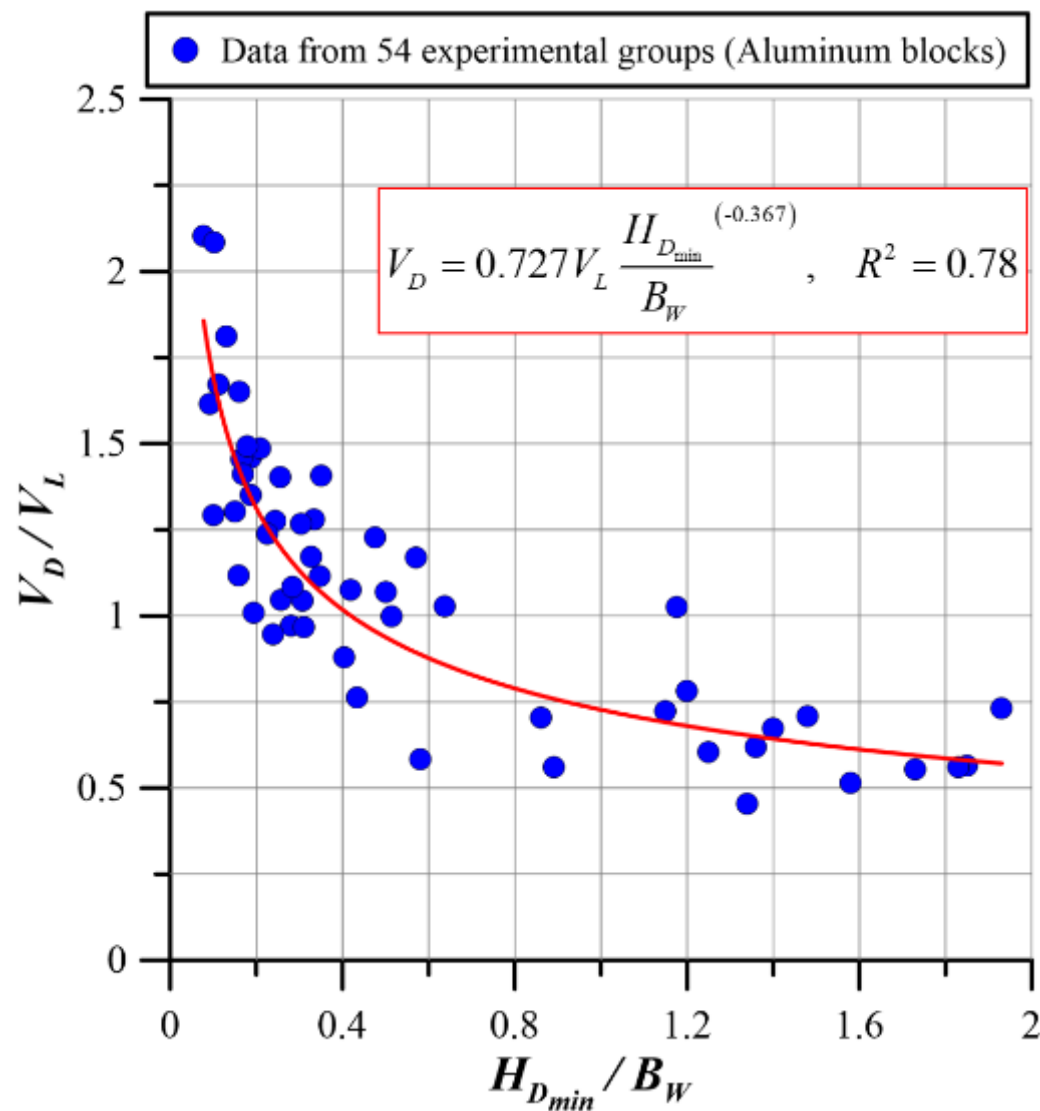
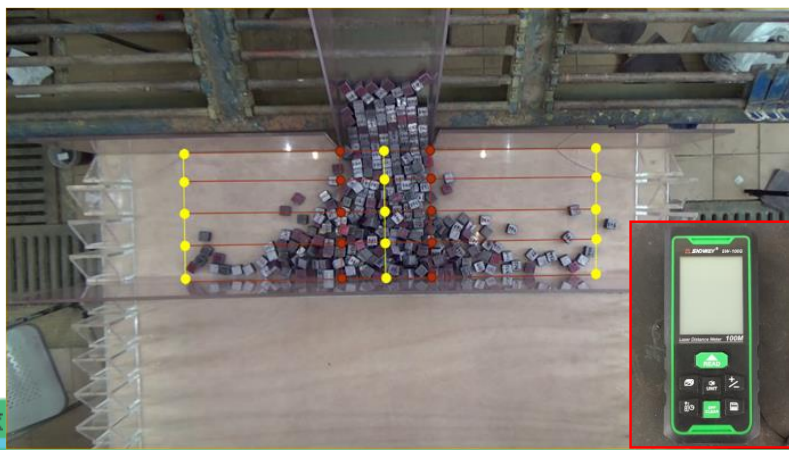




# 第一年研究成果(110年度)

## • 無因次壩體規模預測方法

- ✓ 崩塌塊體形成堰塞壩之河道堆積體積隨河道寬度增加而增加，邊坡殘存體積隨河道寬度增加而減少。
- ✓ 可結合崩塌最小堆積高度與河道寬度之比值，進一步建立河道堆積體積與崩塌塊體體積之比值與崩塌最小堆積高度與河道寬度之比值間的關係。



一、緒論

二、研究方法

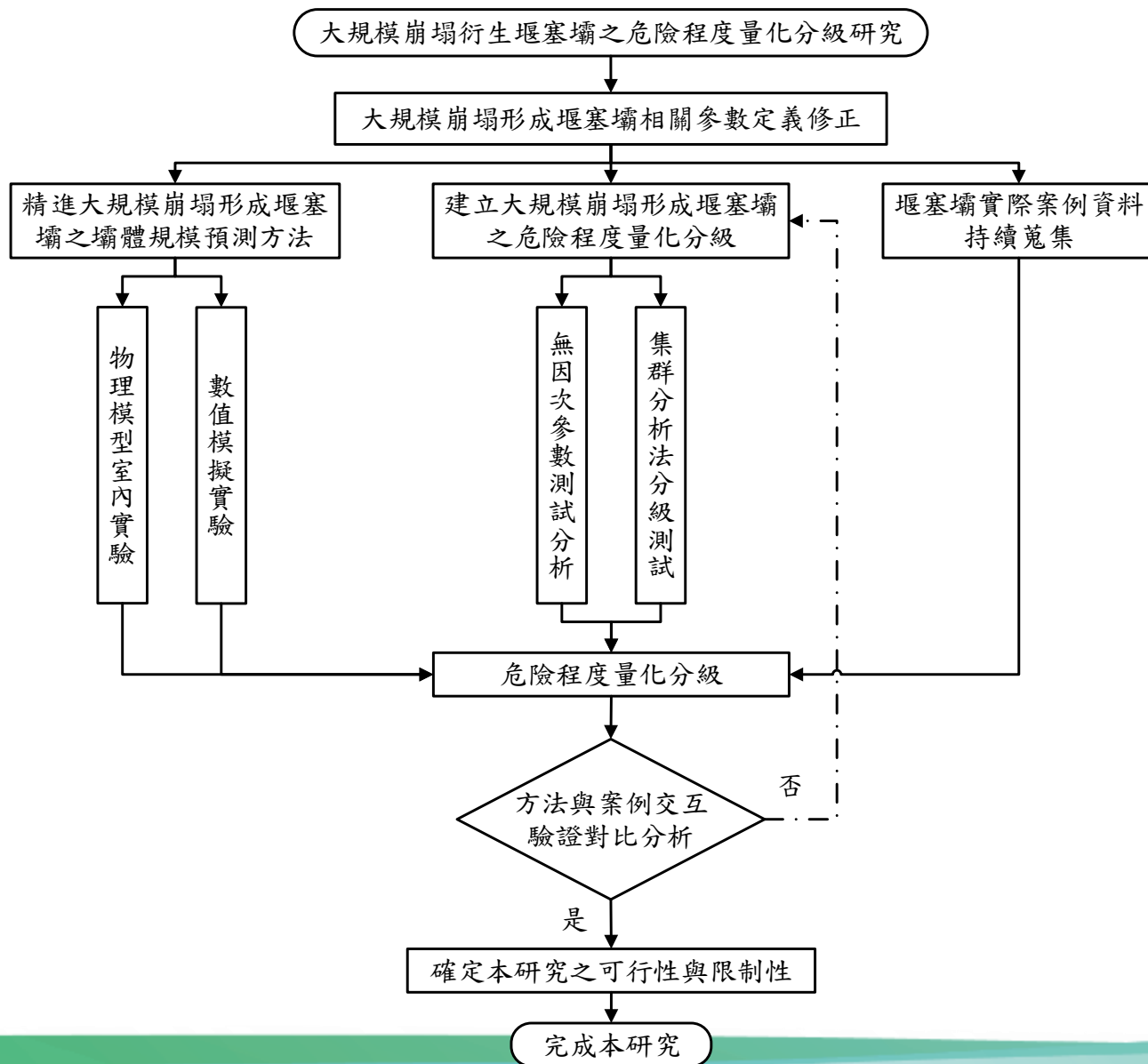
三、結果與討論

四、結論與建議





# 第二年研究內容(111年度)



一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

四、結論與建議



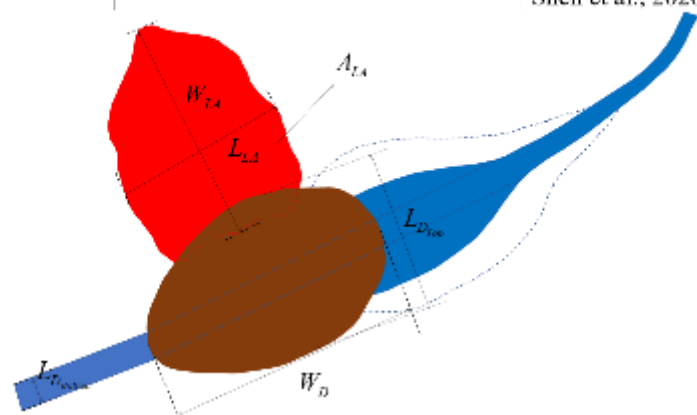


# 第二年研究成果(111年度)

## 堰塞壩相關參數定義修正

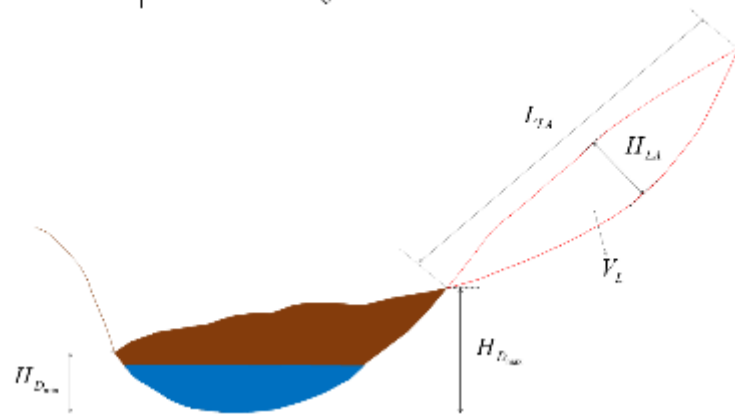
### 大規模崩塌相關參數

名稱	符號	定義	文獻
崩塌面面積	$A_{Lc}$	崩塌裸露之範圍	Fan et al., 2014
崩塌面寬度	$W_{Lc}$	崩塌面最大寬度	Tacconi Stefanelli et al., 2018
崩塌面長度	$L_{Lc}$	崩塌面最大長度	Tacconi Stefanelli et al., 2018
崩塌面高度	$H_{Lc}$	崩塌面最大深度	Tacconi Stefanelli et al., 2018
壩頂長度	$L_{D_{top}}$	堰塞壩頂部長度，垂直河道方向	本計畫
壩底長度	$L_{D_{base}}$	堰塞壩底部長度，垂直河道方向	本計畫
壩體底部寬度	$W_D$	堰塞壩寬度，平行河道方向	Dong et al., 2014 ; Tacconi Stefanelli et al., 2018 ; Zhou et al., 2019 ; Fan et al., 2020 ; Oppikofer et al., 2020 ; Shen et al., 2020



### 堰塞壩相關參數

名稱	符號	定義	文獻
壩體最大高度	$H_{D_{max}}$	壩壩最低點至最高點之高度	Liao et al., 2019 ; Fan et al., 2020 Oppikofer et al., 2020 ;
壩體最小高度 (崩塌最小堆積高度)	$H_{D_{min}}$	壩壩最低點至溢流點之高度	Dong et al., 2014 ; Tacconi Stefanelli et al., 2018 ; Liao et al., 2019 ; Nian et al., 2020 ; Shen et al., 2020 ; Chen et al., 2021
崩塌面長度	$L_{Lc}$	崩塌面最大長度	Tacconi Stefanelli et al., 2018
崩塌面高度	$H_{Lc}$	崩塌面最大深度	Tacconi Stefanelli et al., 2018
崩塌體積	$V_L$	$\frac{\pi}{6} W_{Lc} L_{Lc} H_{Lc}$	Fan et al., 2014



一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

四、結論與建議



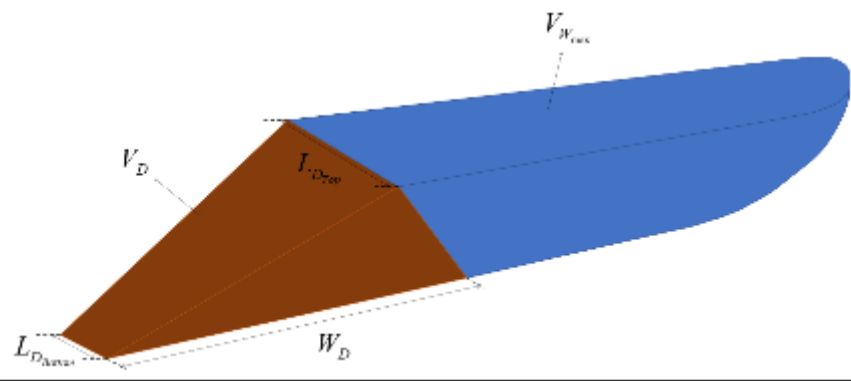


# 第二年研究成果(111年度)

## 堰塞壩相關參數定義修正

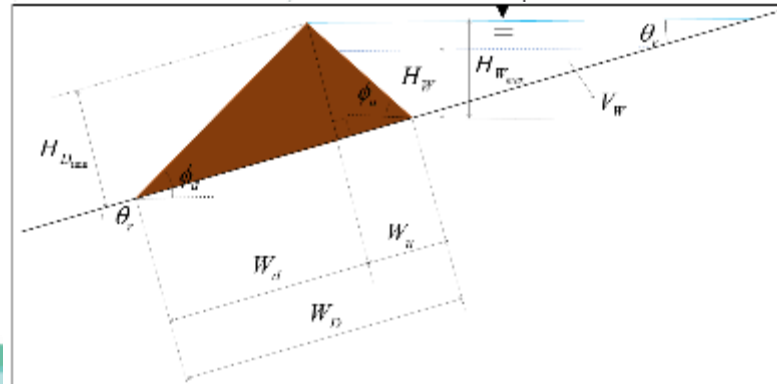
### 堰塞湖相關參數

名稱	符號	定義	文獻
壩頂長度	$L_{D_{top}}$	堰塞壩頂部長度，垂直河道方向	本計畫
壩底長度	$L_{D_{base}}$	堰塞壩底部長度，垂直河道方向	本計畫
壩體底部寬度	$W_D$	堰塞壩寬度，平行河道方向	Dong et al., 2014 ; Tacconi Stefanelli et al., 2018 ; Zhou et al., 2019 ; Fan et al., 2020 ; Oppikofer et al., 2020 ; Shen et al., 2020
壩體體積	$V_D$	堵塞河道之崩塌體積	Zhou et al., 2019 ; Shen et al., 2020
最大蓄水量	$V_{W_{max}}$	壩體最小高度位置所能蓄積之水體體積	Korup, 2005 ; Zhou et al., 2019 ; Shen et al., 2020



## 堰塞壩沿河道方向剖面相關參數

名稱	符號	定義	文獻
目前蓄水深度	$H_W$	現況水位高程與前期河道壩體上游底部高程之差值	Yang et al., 2013
最大蓄水深度	$H_{W_{max}}$	壩體最小高度位置高程與壩體上游底部高程之差值	Fan et al., 2020
目前蓄水量	$V_W$	現況水位高度位置所能蓄積之水體體積	Dong et al., 2014
壩體最小高度(崩塌最小堆積高度)	$H_{min}$	壩體最低點至溢流點之高度	Liao et al., 2019 ; Nian et al., 2020 ; Shen et al., 2020 ; Chen et al., 2021 Zhou et al., 2019 ;
壩體底部寬度	$W_D$	堰塞壩寬度，平行河道方向	Fan et al., 2020 ; Oppikofer et al., 2020 ; Shen et al., 2020
壩體下游底部寬度	$W_d$	堰塞壩下游面方向之寬度	Chen et al., 2014
壩體上游底部寬度	$W_u$	堰塞壩上游面方向之寬度	Chen et al., 2014
河道坡度	$\theta$	堰塞壩所在位置之河道平均坡度	Kuo et al., 2011 ; Chen et al., 2014
壩體下游面坡度	$\phi_d$	壩體下游坡趾之坡度	Kuo et al., 2011 ; Chen et al., 2014
壩體上游面坡度	$\phi_u$	壩體上游坡趾之坡度	Kuo et al., 2011 ; Chen et al., 2014



### 一、緒論

### 二、研究方法

### 三、結果與討論

### 四、結論與建議



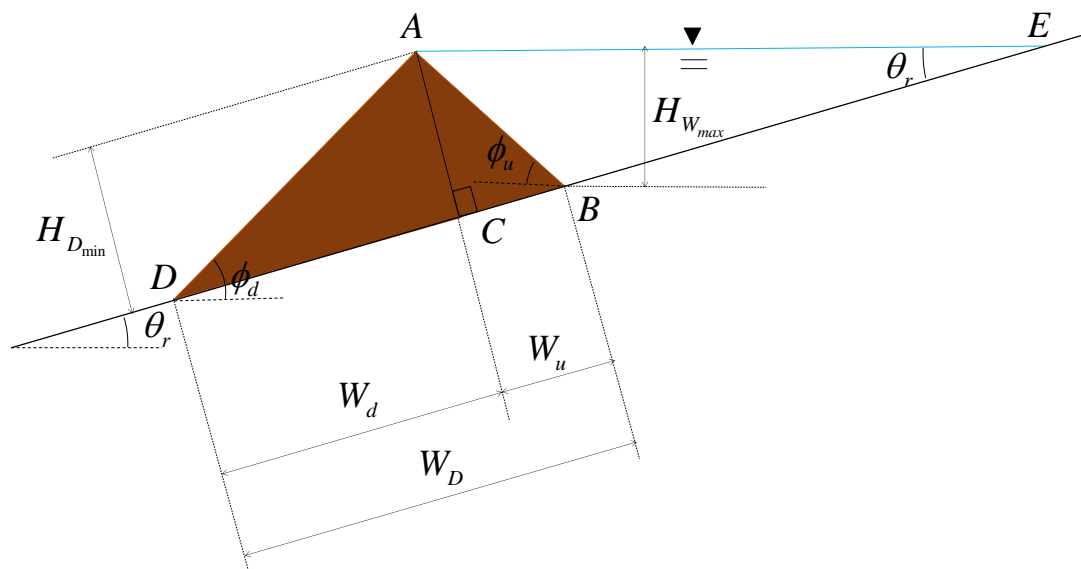
# 第二年研究成果(111年度)

## • 壩體規模與壩體最大蓄水量計算

考慮**梯形**河道地形及壩體為**三角形**，推導**壩體規模與壩體最大蓄水量**計算方法。

### 壩體體積

$$V_{D_{Trapezoid}} = \frac{H_{D_{min}} W_D (L_{D_{Top}} + L_{D_{Bottom}})}{4}$$



### 壩體最大蓄水量

$$V_{W_{max}} = \frac{H_{D_{min}} (L_{D_{Top}} + L_{D_{Bottom}})}{4} \left[ \frac{H_{D_{min}}}{\tan(\theta_r)} - W_u \right]$$

### 壩體最大蓄水水深

$$H_{W_{max}} = \overline{BE} \sin \theta_r = \left[ \frac{H_{D_{min}}}{\tan \theta_r} - \frac{H_{D_{min}}}{\tan(\phi_u + \theta_r)} \right] \sin \theta_r$$

一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

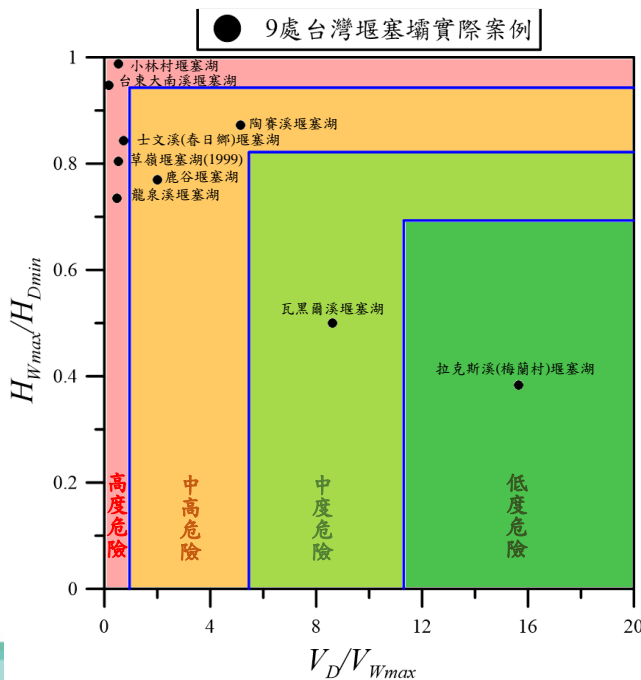
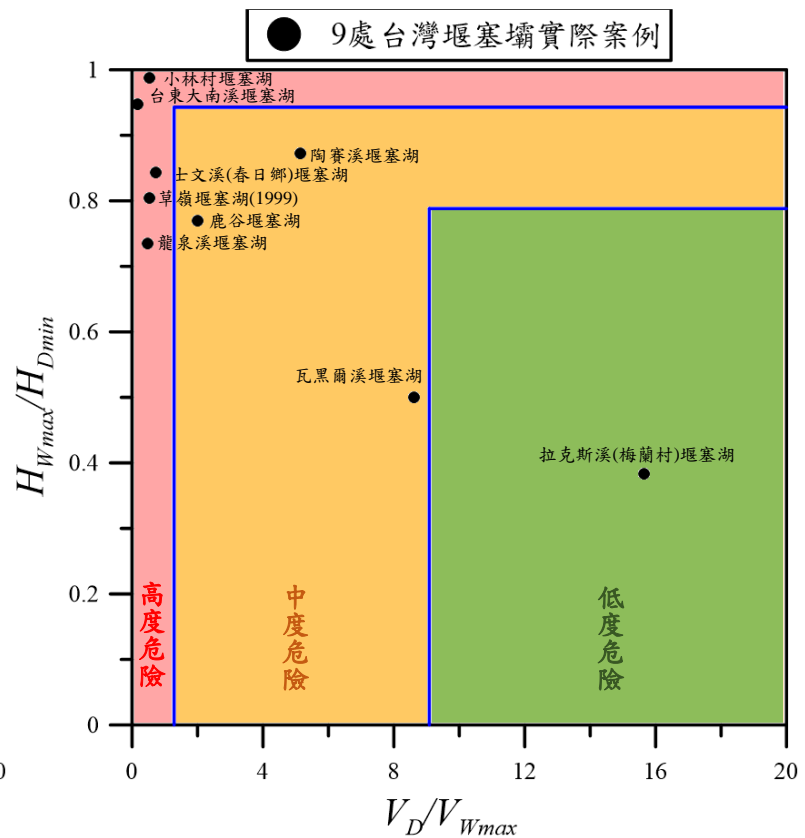
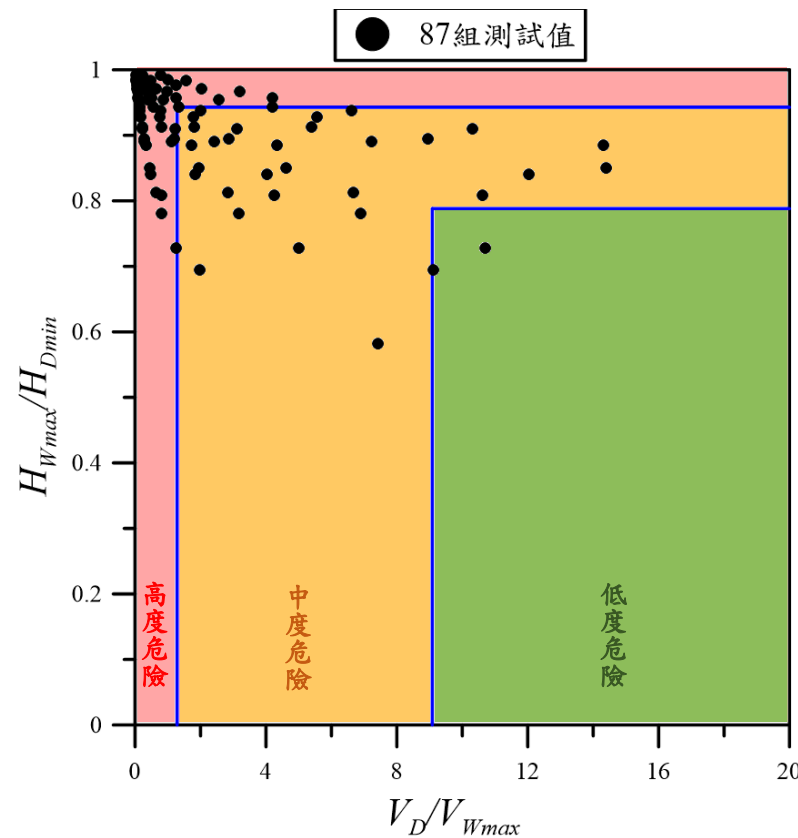
四、結論與建議





# 第二年研究成果(111年度)

## 堰塞壩危險程度量化分級



一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

四、結論與建議



# 關鍵課題

## • 建立堰塞壩之動態穩定性評估方法

國內外常用之壩體穩定性評估方法，為使用壩體最小高度、壩體上游集水區面積、壩體體積等三項參數進行評估，其值為一定值，會有誤判或是無法評估之情況，因此，本計畫之堰塞壩動態穩定性評估方法構想，為將壩體上游集水區面積參數，以流量與降雨量進行轉換推導，可結合不同降雨重現期距下之降雨強度，預估在不同降雨重現期距下之穩定性評估。

$$DBI = \log\left(\frac{A_b \times H_d}{V_d}\right)$$

$$DBI \begin{cases} < 2.75 & \text{穩定} \\ > 3.08 & \text{不穩定} \end{cases}$$

## • 建構具時間尺度之堰塞壩動態危險程度與動態穩定性評估

無因次危險程度評估指標為使用壩體規模與壩體最大蓄水量比值，以及崩塌最小堆積高度與壩體最大蓄水深度比值進行評估，隨著不同降雨重現期距條件，則會出現不同之危險程度與穩定性，因此能將危險程度與穩定性加以結合，建構出隨時間尺度變化之堰塞壩動態危險程度與穩定性評估方法。

一、緒論

二、研究方法

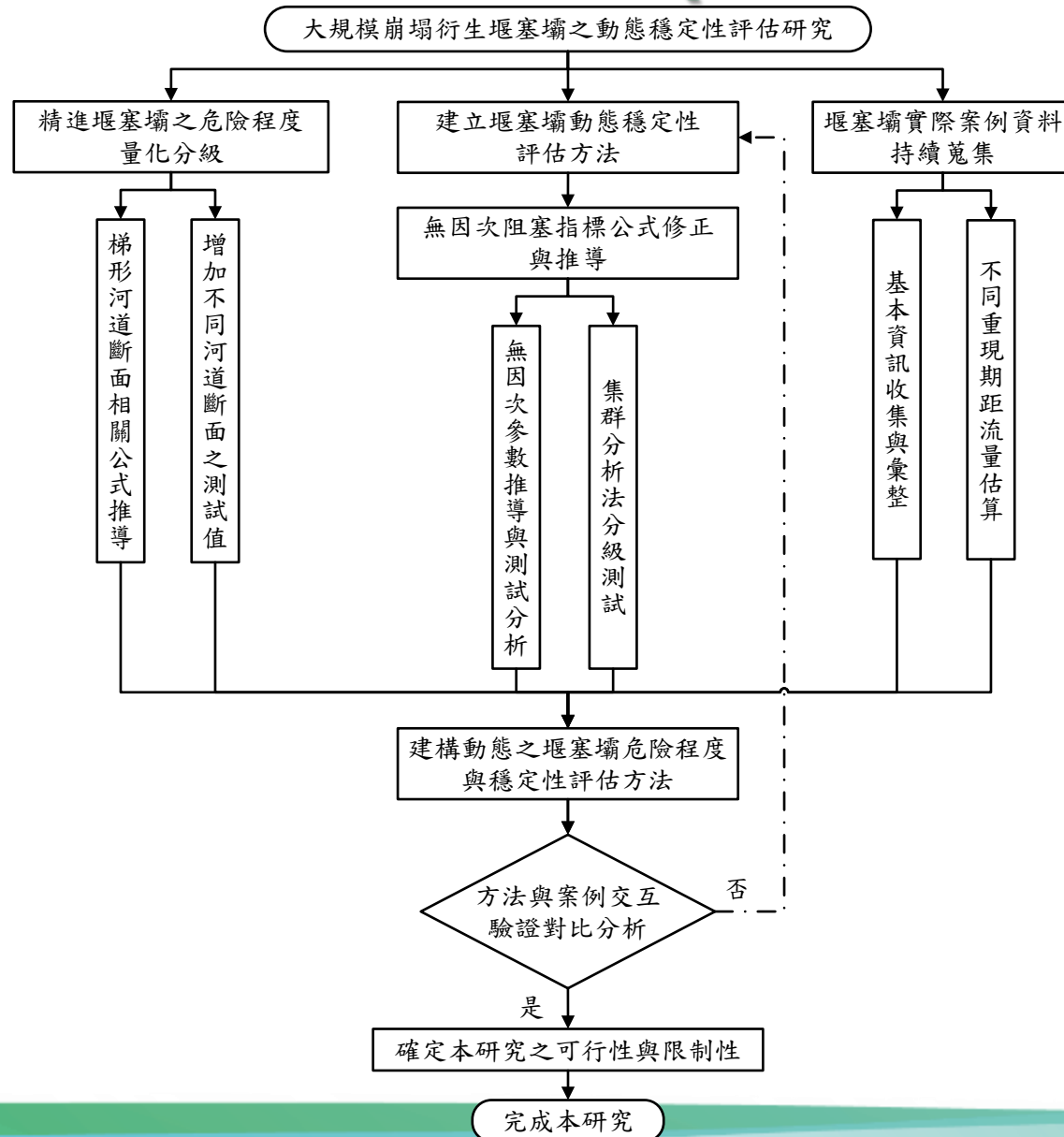
三、結果與討論

四、結論與建議





# 第三年研究內容(112年度)



一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

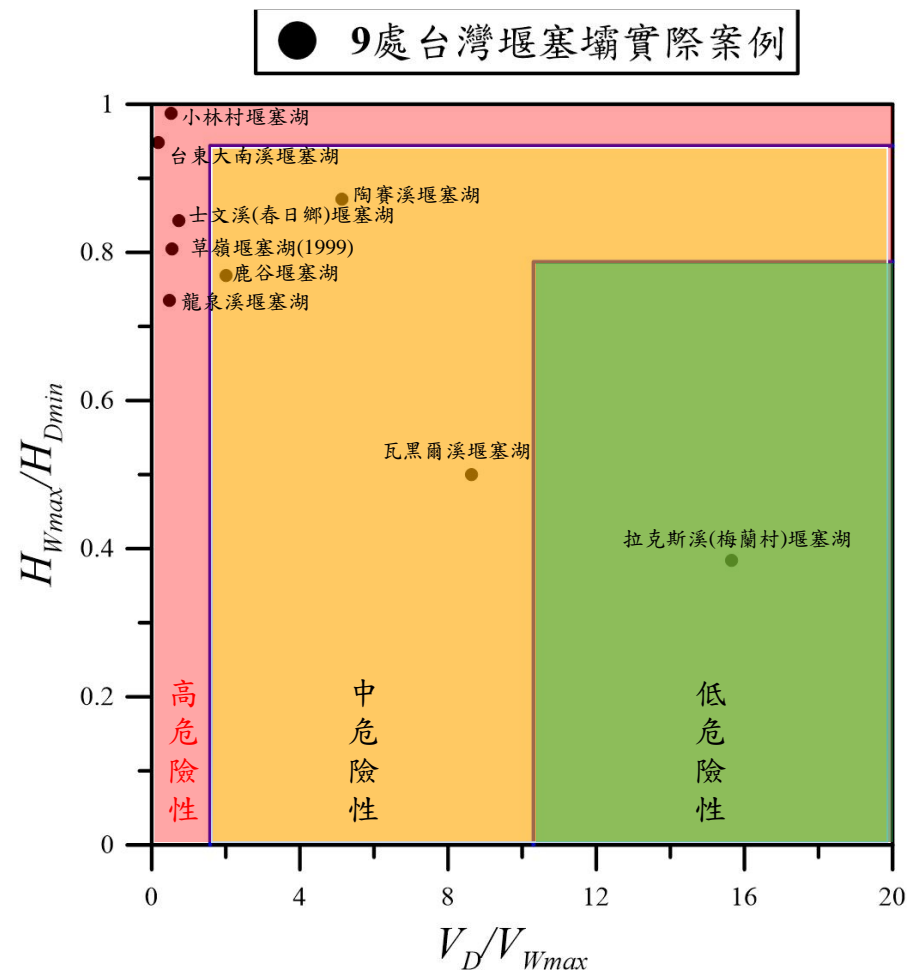
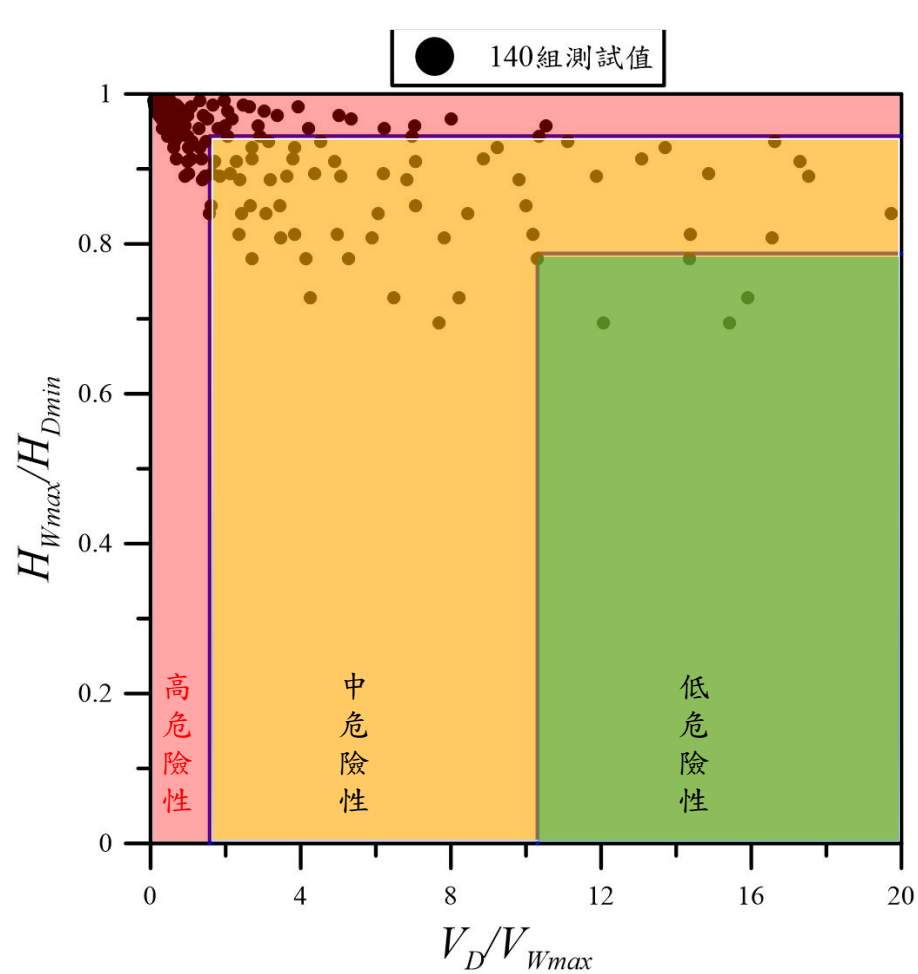
四、結論與建議





# 堰塞壩之動態穩定性評估

## 無因次化之堰塞壩危險評估指標與危險程度量化分級



一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

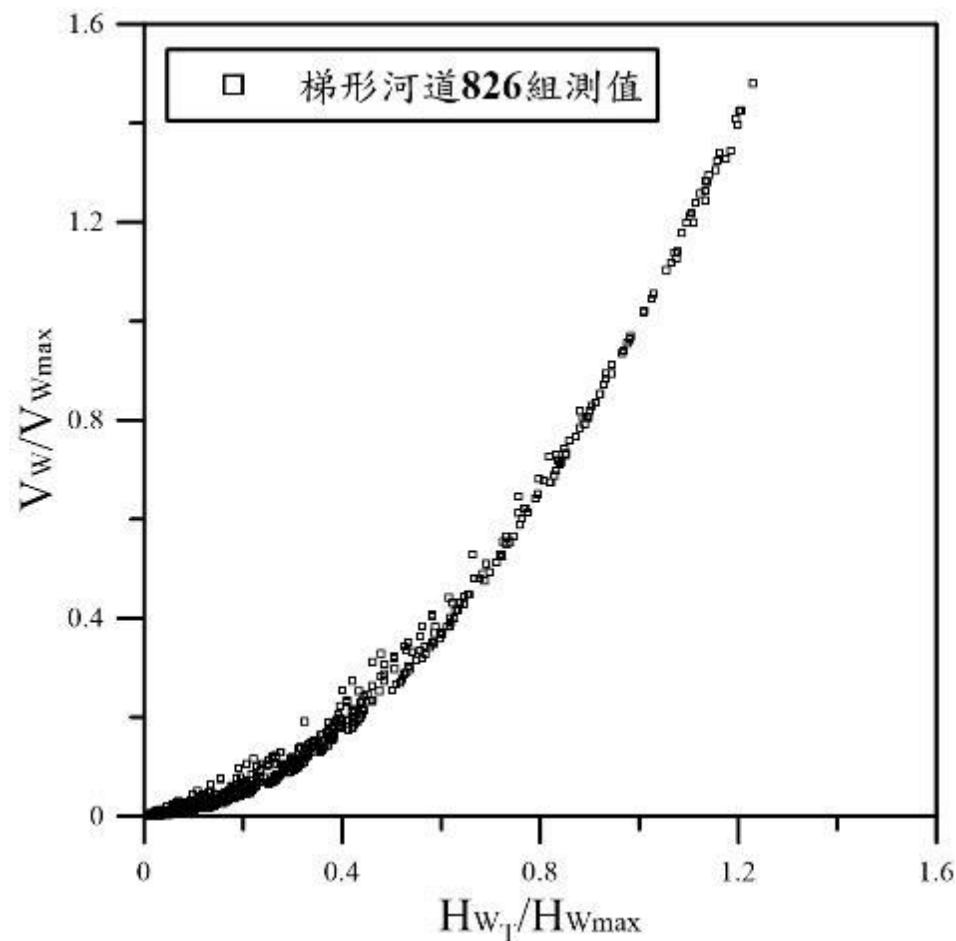
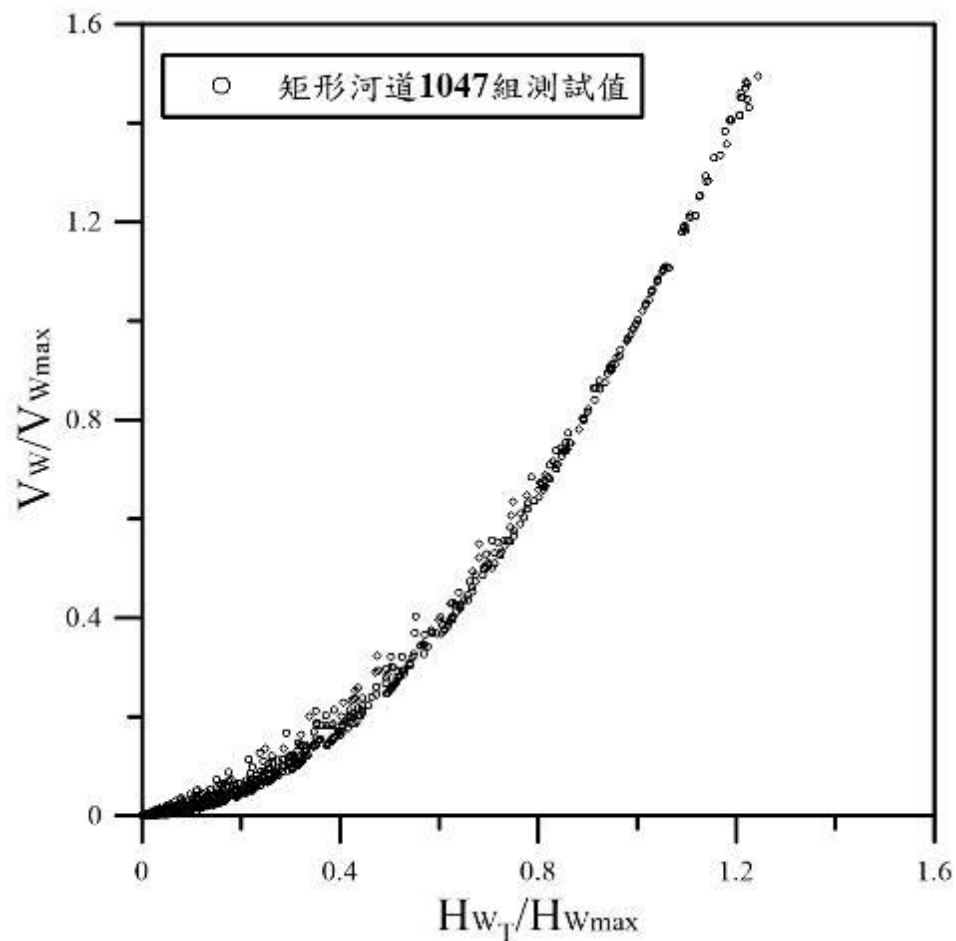
四、結論與建議





# 堰塞壩之動態穩定性評估

## • 堰塞壩之動態穩定性評估



一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

四、結論與建議





# 堰塞壩之動態穩定性評估

## • 無因次動態穩定性評估指標

案例	重現期	佳	尚可	差
大南溪堰塞湖	I <sub>50</sub>	<0.160hr	0.16~0.970hr	0.97~5.00hr
	I <sub>100</sub>	<0.150hr	0.15~0.890hr	0.89~4.60hr
鹿谷堰塞湖	I <sub>50</sub>	<0.002hr	0.002~0.011hr	0.011~0.013hr
	I <sub>100</sub>	<0.002hr	0.002~0.010hr	0.010~0.012hr
龍泉溪堰塞湖	I <sub>50</sub>	<0.006hr	0.006~0.037hr	0.037~1.00hr
	I <sub>100</sub>	<0.006hr	0.006~0.034hr	0.034~0.91hr



一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

四、結論與建議





# 研究區域

編號	鄉鎮	新編號	崩塌潛勢區代碼	影響聚落	面積(ha)
1	達仁鄉 台坂村	臺東縣 - 達仁鄉 -D003	DS051	拉里吧1	78.9
2	達仁鄉 台坂村	臺東縣 - 達仁鄉 -D004	DS052	拉里吧2	88.8



**D003潛勢區**屬水系發育較成熟之坡面，河道下切較深，蝕溝上溯較遠。河道兩岸邊坡坡度因舊有崩塌發育較為陡峭，坡頂處殘存舊有崩塌殘餘之崩積或滑動塊體，出露岩盤多屬較深層較新鮮之岩盤。

**D004潛勢區**內邊坡屬坡體正發育蝕溝坡壞之狀態，主河道左岸可明顯觀察出河道(蝕溝)的發育成熟度，自下游往上游越成熟。

一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

四、結論與建議





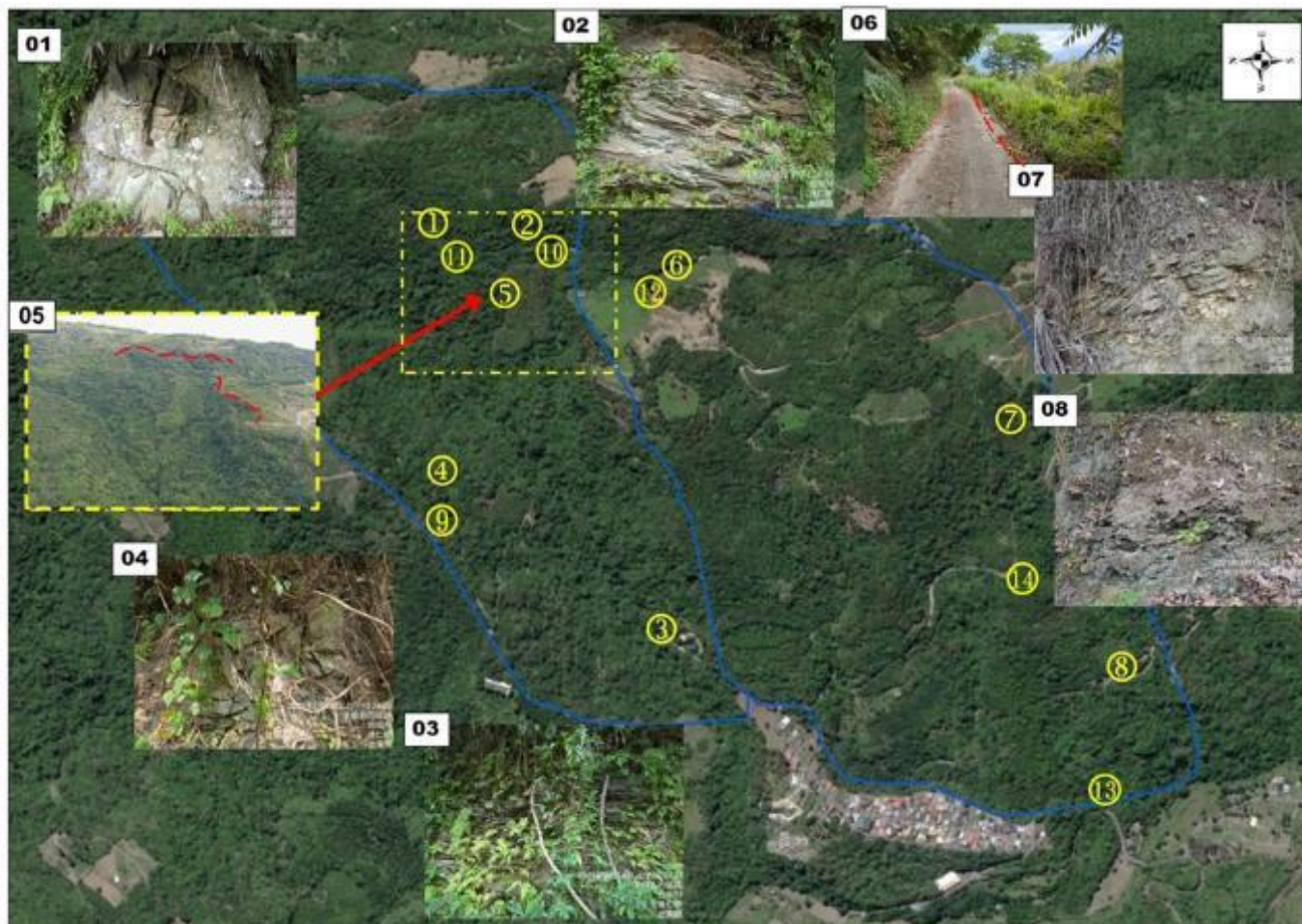
# 研究區域

## 一、緒論

## 二、研究方法

## 三、結果與討論

## 四、結論與建議





# 研究區域

一、緒論

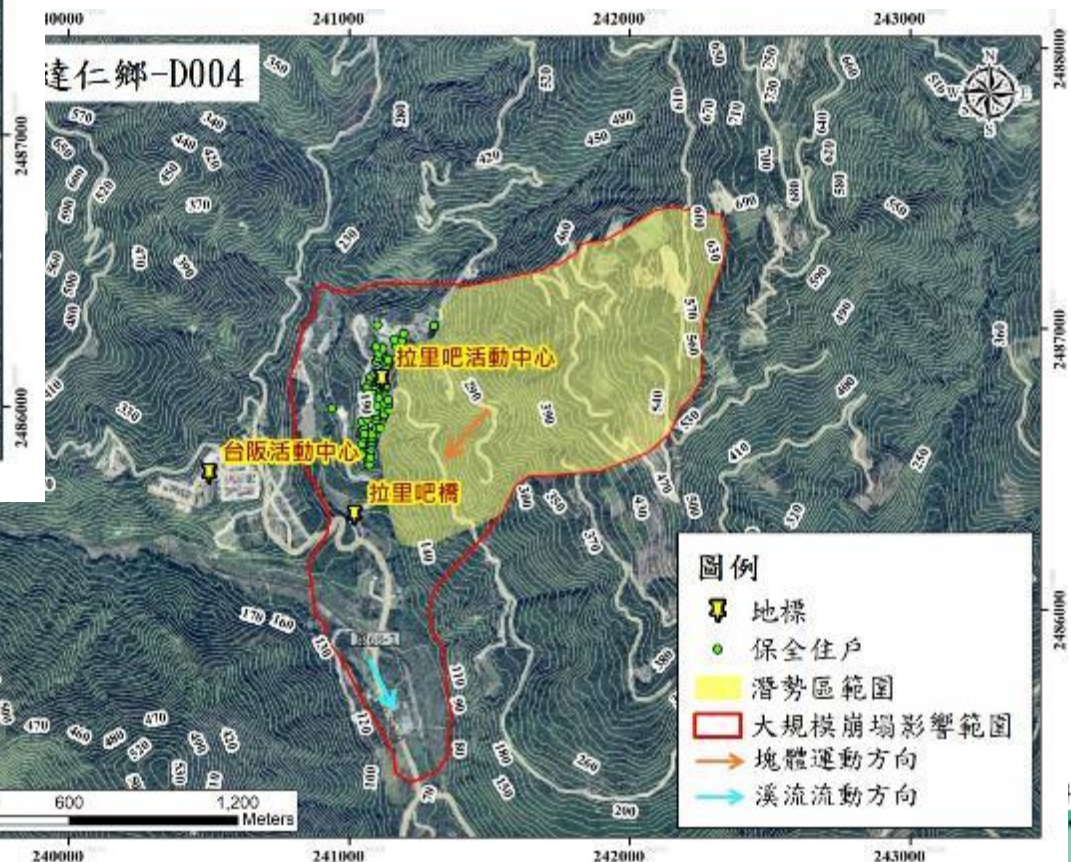
二、研究方法

三、結果與討論

四、結論與建議



農業發展與水土保持署(2023)





# 研究區域

## • 無因次化堰塞壩危險評估指標

編號	$H_{D_{min}}$ (m)	$H_{W_{max}}$ (m)	$\frac{H_{D_{min}}}{H_{W_{max}}}$	$V_D$ (m <sup>3</sup> )	$V_{W_{max}}$ (m <sup>3</sup> )	$\frac{V_D}{V_{W_{max}}}$	分類
D003	74	69	<b>0.93</b>	13,676,503	1,831,798	<b>7.5</b>	中危險性
D004	52.5	48	<b>0.91</b>	18,316,170	903,960	<b>20.3</b>	中危險性

## • 無因次動態穩定性評估指標

編號	$H_{W_{max}}$ (m)	穩定性 尚可水位 (m)	穩定性差 臨界水位 (m)	$I_{50}$ 潰壩時間 (hr)		$I_{100}$ 潰壩時間 (hr)	
				尚可	差	尚可	差
D003	69	8.8	54	0.32~1.95	1.95~2.5	0.29~1.8	1.8~2.3
D004	48	6.1	37.5	0.15~0.95	0.95~1.23	0.14~0.87	0.87~1.13

一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

四、結論與建議





# 結論

- 本研究所提出之**無因次堰塞壩危險評估指標**，可量化**危險程度**，將堰塞壩危險程度分為**高危險**、**中危險**、**低危險**等3級，此成果能為堰塞壩緊急危險程度評估分級，大幅提升堰塞壩防災減災能力。
- 由**動態無因次阻塞指標**可知，當**水體體積**大於**最大蓄水體積**、**蓄水深度**大於**最大蓄水深度**時，可判定發生**溢流破壞**，並可由此條件搭配**不同降雨重現期距**，針對可能發生堰塞壩區位，評估其**動態穩定性**評估。

一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

四、結論與建議





# 結論

- 本研究將**1047組**矩形河道測試值和**826組**梯形河道測試值進行群集分析，可將無因次動態穩定性評估指標分別劃分為「**穩定性佳**、**穩定性尚可**、**穩定性差**」3個級別，

當  $\frac{H_{W_T}}{H_{W_{\max}}}$  與  $\frac{V_W}{V_{W_{\max}}}$  之值**大於1**時，可視為溢流破壞。

- 由**無因次動態穩定性評估指標**分級結果可知，當分類為**穩定性差**，表示壩體即將產生**破壞**；反之分類為**穩定性佳**者，表示壩體目前仍處於**穩定狀態**，能有更多**預警時間**進行相關處置措施。

一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

四、結論與建議





# 建議

- 目前動態穩定性評估為假設堰塞壩為溢流破壞，對於**滲流破壞**之條件仍需後續進一步研究。
- 建議後續可置入**BigGIS**，提供即時解算，再搭配BigGIS其它功能，應可於短時間內獲得相當龐大之**參數資訊量**，有利於堰塞壩災時防災應變決策擬定之參考。

一、緒論

二、研究方法

三、結果與討論

四、結論與建議



報告完畢  
敬請指教



農業部農村發展及水土保持署  
與您一起打拼