

堰塞湖形成機制與預測方法

陳昆廷　助理教授級研究員

2020/11/17

國立屏東科技大學 研究總中心
NPUST General Research Service Center
複合土砂災害防治研究中心
Compound Disaster Prevention Research Center
國立屏東科技大學 水土保持系
Department of Soil and Water Conservation

• 基本資料

國立屏東科技大學研究總中心　助理教授級研究員
國立屏東科技大學水土保持系　兼任助理教授

• 主要學歷

學校名稱	主修學門系所	學位	起訖年月
國立成功大學	水利及海洋工程學系	博士	2008 / 09 ~ 2015 / 06
國立屏東科技大學	土木工程系大地組	碩士	2005 / 09 ~ 2008 / 06
國立屏東科技大學	土木工程系	學士	2001 / 09 ~ 2005 / 06

• 主要經歷

服務機構	服務部門／系所	職稱	起訖年月
國立屏東科技大學	研究總中心	助理教授級研究員	2019 / 08 ~ 至今
中國科學院、水利部 成都山地災害與環境研究所	山地災害與地表過程 重點實驗室	副研究員	2019 / 07 ~ 2019 / 07
中國科學院、水利部 成都山地災害與環境研究所	山地災害與地表過程 重點實驗室	助理研究員	2017 / 09 ~ 2019 / 06
中國科學院、水利部 成都山地災害與環境研究所	山地災害與地表過程 重點實驗室	訪問學者	2016 / 09 ~ 2017 / 08
國立成功大學	防災研究中心	兼任研究人員	2008 / 08 ~ 2015 / 08
Kyoto University	Disaster Prevention Research Institute	Visiting scholar	2014 / 10 ~ 2014 / 12
中國科學院、水利部 成都山地災害與環境研究所	山地災害與地表過程 重點實驗室	訪問學者	2012 / 07 ~ 2012 / 10
國立屏東科技大學	土木工程系 大地工程研究室	兼任研究人員	2005 / 09 ~ 2008 / 06

• 研究領域

坡地災害防災減災

• 研究工作

1. 大規模崩滑體形成堰塞壩之機制分析

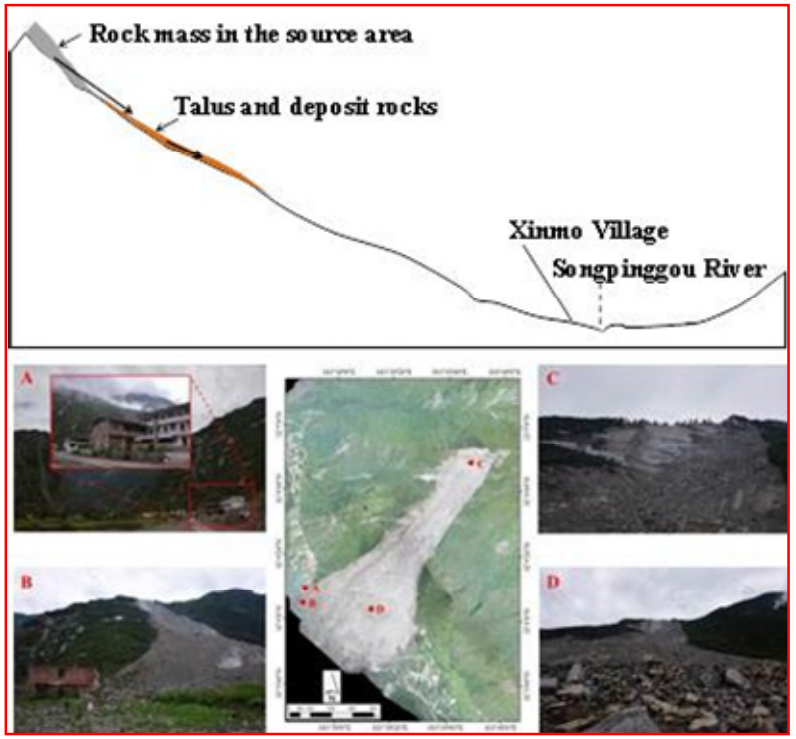
利用現場調查、室內實驗和數值模擬，探討大規模崩滑體形成堰塞壩之主要條件。

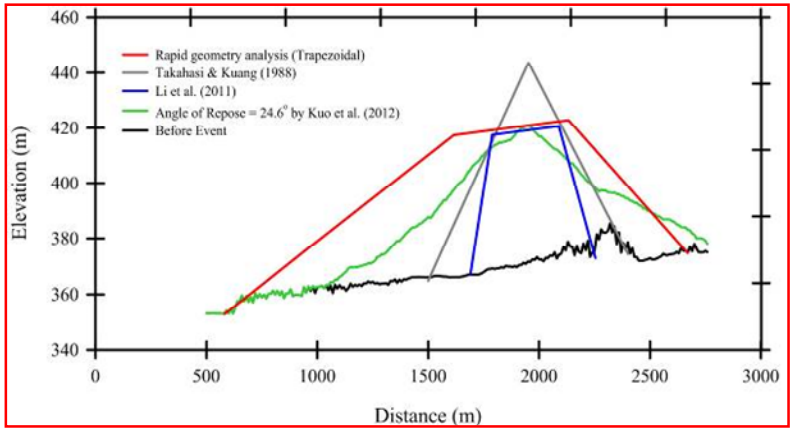
2. 土石流形成堰塞壩潛勢區位判釋

利用理論分析和現場調查研究，在土石流運動與堆積特性之基礎上，提出土石流形成堰塞壩之判釋方法。

3. 震後土石流形成與演化機制

利用理論分析、現場調查、統計方法研究，針對震後土石流之形成特性、演化趨勢進行分析，提出震後土石流形成機制與演化過程之定量方法。





國立屏東科技大學 研究總中心
NPUST General Research Service Center
複合土砂災害防治研究中心
Compound Disaster Prevention Research Center
國立屏東科技大學 水土保持系
Department of Soil and Water Conservation

堰塞湖形成機制與預測方法

簡報內容

一、前言

二、堰塞湖形成機制

三、土石流型堰塞湖形成預測方法

四、崩滑型堰塞湖形成預測方法

五、結論與後續研究

國立屏東科技大學 研究總中心
NPUST General Research Service Center
複合土砂災害防治研究中心
Compound Disaster Prevention Research Center
國立屏東科技大學 水土保持系
Department of Soil and Water Conservation

• 堰塞湖定義

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壩(Natural Dam)。

上游形成的湖泊稱為堰塞湖(Barrier Lake)。



海狸築成的壩

https://kknews.cc/news/v6noea2.html



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



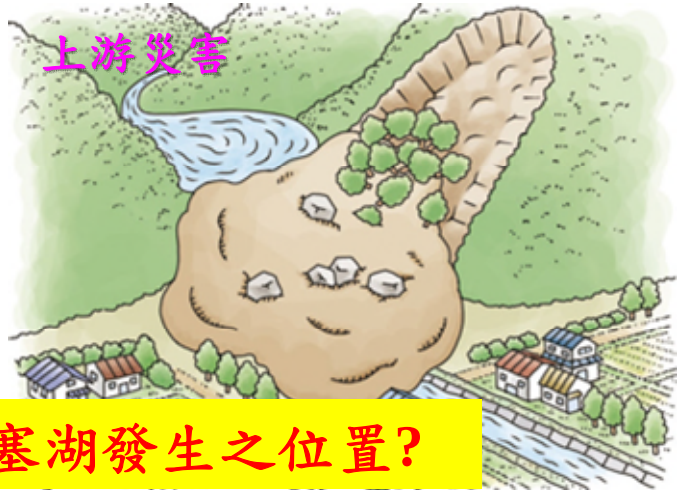
火山形成的壩

https://np.cpami.gov.tw

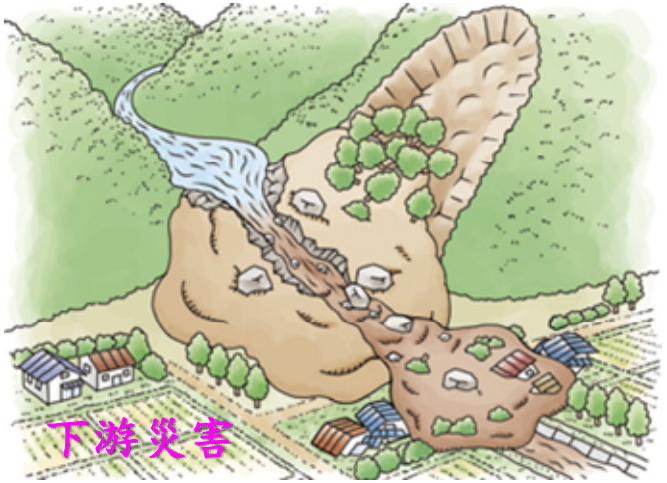
一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結論與後續研究

• 堰塞湖危害

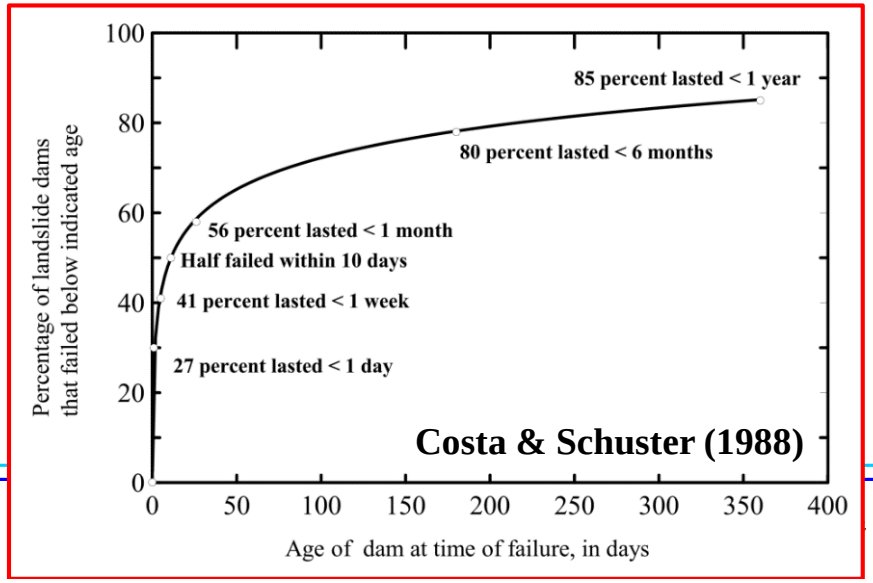
- ✓ 山谷兩側受降雨或地震影響發生崩塌、地滑、土石流等，崩滑流土體無法即時被河道水流挾帶至下游，堆積於河道中而形成堰塞壩。
- ✓ 堰塞壩上游迴水淹沒建物、道路、農地等基礎設施。
- ✓ 堰塞湖潰壩時間預測不易，使得災害具有突發性、衝擊大及影響範圍廣之危害特性，嚴重威脅下游居民生命財產安全。



有沒有可能提前知道堰塞湖發生之位置?



http://www.sabopc.or.jp/library/river_blockage/



一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結論與後續研究

• 土石流型堰塞湖

未阻塞河道之土石流





阻塞河道之土石流

國立成功大學防災研究中心提供

一、前言

二、堰塞湖形成機制

三、土石流型堰塞湖形成預測方法

四、崩滑型堰塞湖形成預測方法

五、結論與後續研究

• 崩滑型堰塞湖

未阻塞河道之大規模崩塌



國立成功大學防災研究中心提供



阻塞河道之大規模崩塌

一、前言

二、堰塞湖形成機制

三、土石流型堰塞湖形成預測方法

四、崩滑型堰塞湖形成預測方法

五、結論與後續研究

陳昆廷、臧運忠、郭玉樹、呂明鴻、謝正倫*，2010，『莫拉克颱風引致堰塞湖之案例分析』，中華防災學刊，第2卷，第1期，第43-50頁。

• 形成堰塞湖之定性條件





有沒有辦法量化堰塞湖形成之定性條件?

a). 土體運動距離要能抵達對岸

地形因素

b). 土體體積能填滿河道(堆積厚度大於水深)

量體因素

c). 土體堆積速率大於水流侵蝕速率

力學因素

一、前言

二、堰塞湖形成機制

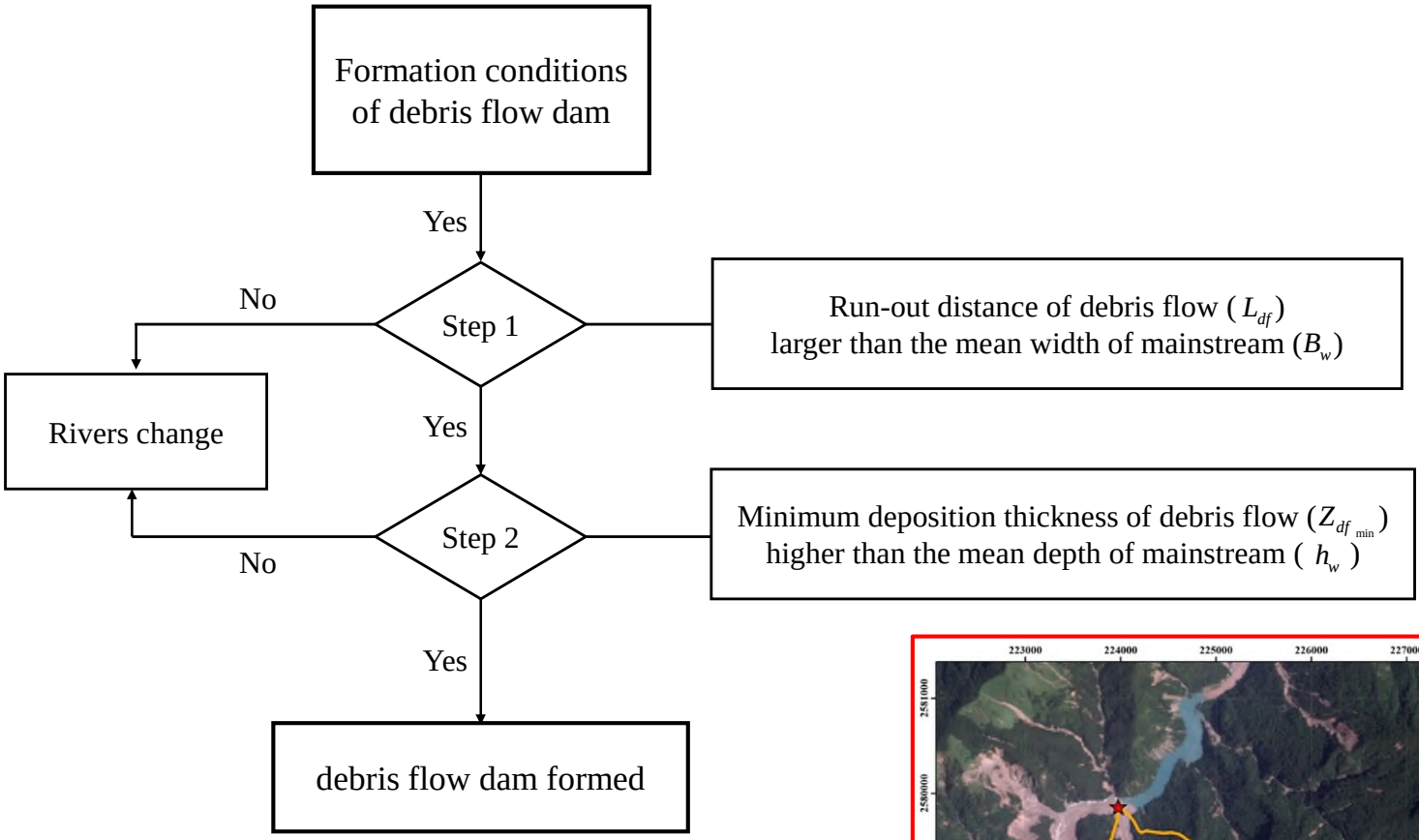
三、土石流型堰塞湖形成預測方法

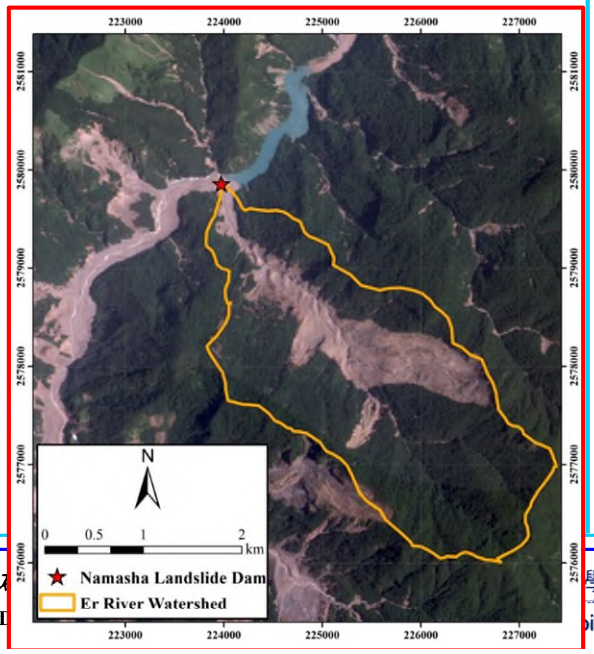
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法

五、結論與後續研究

國立屏東科技大學 研究總中心
NPUST General Research Service Center
複合土砂災害防治研究中心
Compound Disaster Prevention Research Center
國立屏東科技大學 水土保持系
Department of Soil and Water Conservation

• 土石流型堰塞湖形成之定量條件



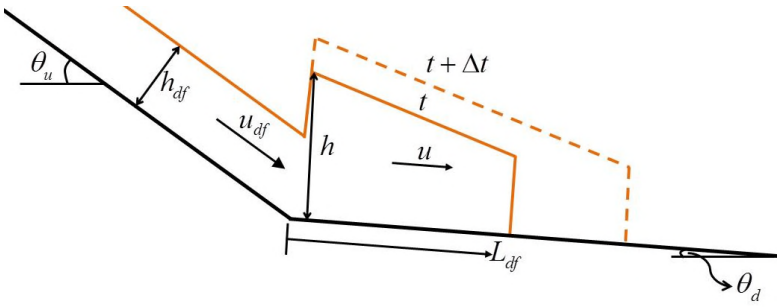


一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結論與後續研究

• 土石流運動距離

$$L_{df} > B_w$$

$$L_{df} = \frac{U^2}{G}$$



$$U = u_{df}\cos(\theta_u - \theta_d)\left\{1 + \frac{\left[(\sigma-\rho)C_{df}K_a + \rho\right]\cos\theta_u}{2\left[(\sigma-\rho)C_{df} + \rho\right]}\frac{gh_{df}}{u_{df}^{\ 2}}\right\}$$ **Takahashi (1977)**

$$G = \frac{(\sigma-\rho)gC_{df}\cos\theta_d\tan\phi_k}{(\sigma-\rho)C_{df} + \rho} - g\sin\theta_d$$ **Takahashi (1977)**

$$C_{df\infty} \equiv C_{df} = \frac{\rho\tan\theta_u}{(\sigma-\rho)(\tan\phi_{df} - \tan\theta_u)}$$ **Takahashi (1977)**

$$u_{df} = \frac{2}{5d_{50}}\left\{\frac{g\sin\theta_u}{a\sin\phi_k}\left[C_{df} + (1-C_{df})\frac{\rho}{\sigma}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}\left[\left(\frac{C_*}{C_{df}}\right)^{\frac{1}{3}} - 1\right]h_{df}^{\ \frac{3}{2}}$$ **Takahashi (1974)**

$$Q_{df} = \frac{1}{360}\frac{C_*}{C_* - C_{df}}CIA_{df}$$ **Tsai (2006)**

$$Q_{df} = B_u q_{df} = B_u h_{df} u_{df}$$ **Tsai (2006)**

一、前言

二、堰塞湖形成機制

三、土石流型堰塞湖形成預測方法

四、崩滑型堰塞湖形成預測方法

五、結論與後續研究

• 土石流堆積厚度與河道水深

$$Z_{df_{\min}} > h_w$$

$$Z_{df_{\max}} = L_{df} \tan\left(\theta_{df} - \theta_d\right)$$

$$Z_{df_{\min}} = \left(L_{df} - B_w\right) \times \tan\left(\theta_{df} - \theta_d\right)$$

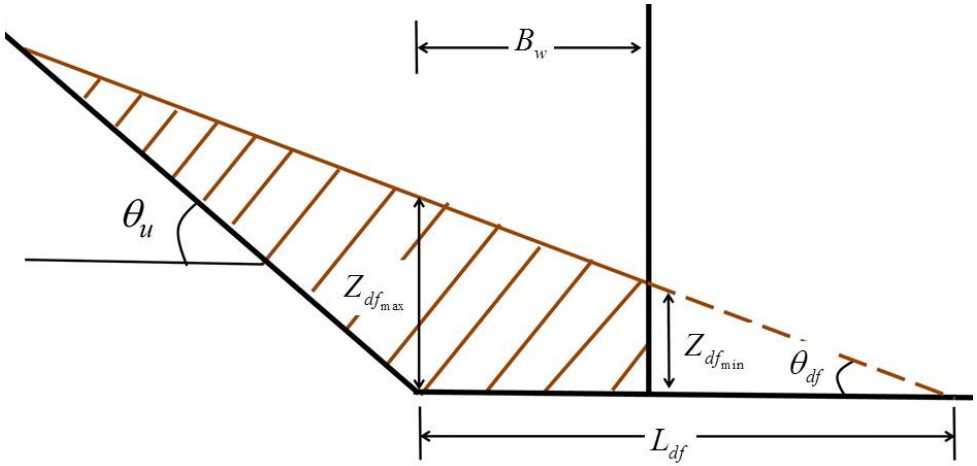
Tsai et al. (2006)

$$\tan\theta_{df} = \frac{C_*\left(\sigma-\rho\right)\tan\phi_{df}}{C_*\left(\sigma-\rho\right)+\rho\left[1+4.5\times10^{-4}C_{df}{}^{-6}\left(\frac{q_{df}{}^2}{gd_{50}{}^3}\right)^{\frac{1}{3}}\right]}$$

Tsai et al. (2006)

$$Q_w = \frac{A_w}{A_{w1}} Q_{w1}$$

$$Q_w = \frac{1}{n}\frac{\left(B_w h_w\right)^{\frac{5}{3}}}{\left(B_w + 2h_w\right)^{\frac{2}{3}}}\theta_w{}^{\frac{1}{2}}$$



一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結語

• 那瑪夏堰塞湖案例

parameters $L_{df} > B_w$	Typhoon Morakot value	Typhoon Fanapi value
Mean width of the main branch of the river, B_w (m)	40	20
Density of the particle, σ (g/cm^3)	2.65	2.65
Density of the fluid, ρ (g/cm^3)	1	1
Upstream slope of the tributary, θ_u (°)	17.8	18.3
Acceleration due to gravity, g (m/s^2)	9.81	9.81
Kinematic friction angle, ϕ_k (°)	31	31
Coefficient of active earth pressure, K_a	0.249	0.249
Volume concentration of the debris flow, C_{df}	0.451	0.474
Run-out distance of the debris flow, L_{df} (m)	463	111

1. 如何將土石流堆積主河的形態加以分類?
2. 如何考慮土石流堆積長度、厚度受主河水流之影響?

parameters $Z_{df_{min}} > h_w$	Typhoon Morakot value	Typhoon Fanapi value
Mean depth of the main branch of the river, h_w (m)	3.6	2.9
Volume concentration of the debris flow being deposited, C_*	0.67	0.67
Internal friction angle, ϕ_{df} (°)	37	37
Mean particle diameter, d_{50} (mm)	20	8
Unit discharge of the debris flow, q_{df} (m^2/s)	43.1	7.9
Deposition slope of the debris flow fan, $tan\ \theta_{df}$	0.048	0.074
Minimum deposition thickness of the debris flow, Z_{dfmin} (m)	20	6.7

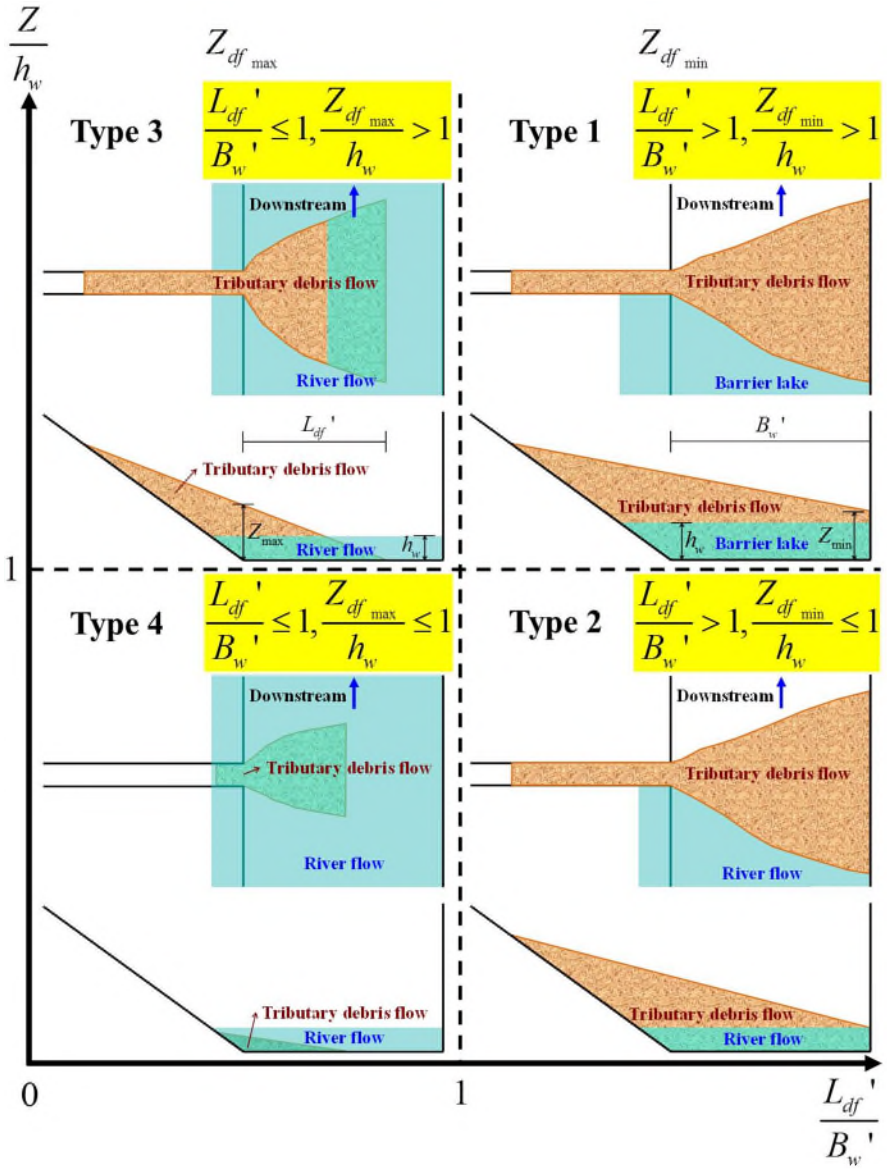
Kun-Ting Chen, Chia-Hsing Lin, Xiao-Qing Chen*, Gui-Sheng Hu, Xiao-Jun Guo, Chjeng-Lun Shieh. An assessment method for debris flow dam formation in Taiwan. *Earth Sciences Research Journal*, 2018, 22(1), 37-43. (SCIE)

一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結語

• 土石流型堰塞湖堆積主河之形態

Type 3

土石流堆積扇進入主河，部分露出水面



Type 1

土石流堆積扇堵塞主河形成堰塞湖

Type 4

土石流堆積扇完全沒入水中

Type 2

土石流堆積扇抵達主河對岸，並在瞬間產生溢流

一、前言

二、堰塞湖形成機制

三、土石流型堰塞湖形成預測方法

四、崩滑型堰塞湖形成預測方法

五、結語

• 土石流運動距離修正

依據Takahashi的泥石流堆積長度理論，加入水的壓力項、阻力項以及浮力項進行修正。

$$U = u_{df}\cos(\theta_u - \theta_d)\left\{1 + \frac{\left[(\sigma-\rho)C_{df}K_a + \rho\right]\cos\theta_u}{2\left[(\sigma-\rho)C_{df}+\rho\right]}\frac{gh_{df}}{u_{df}^{\ 2}}\right\}$$

$$-\frac{\rho_w C_D u_{df}\cos^2(\theta_u-\theta_d)}{2\left[(\sigma-\rho)C_{df}+\rho\right]}\frac{h_w}{h_{df}}$$

$$-\frac{\rho_w g\cos\theta_d}{2\left[(\sigma-\rho)C_{df}+\rho\right]}\frac{h_w^{\ 2}}{u_{df}h_{df}}$$

$$-\frac{\rho_w x g\sin\theta_d}{\left[(\sigma-\rho)C_{df}+\rho\right]}\frac{h_w}{u_{df}h_{df}}$$

泥石流進入水中所受的壓力

$$F_D = \frac{1}{2}\rho_w C_D\left[u_{df}\cos(\theta_u-\theta_d)\right]^2 h_w\cos\theta_d$$

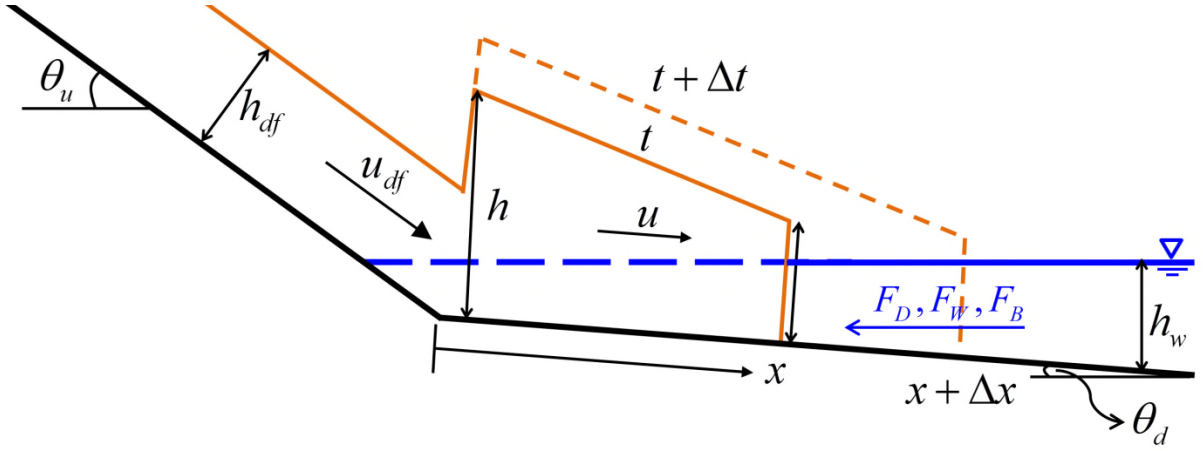
泥石流進入水中所受的阻力

$$F_W = \frac{1}{2}\rho_w g h_w^{\ 2}\cos\theta_d$$

泥石流進入水中所受的浮力

$$F_B = V_w\rho_w g\sin\theta_d = h_w x\rho_w g\sin\theta_d$$

$$L_{df} = \frac{U^2}{G}$$



一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結語

• 土石流堆積長度、堆積厚度、主河寬度之修正

$$\frac{Q_w \rho_w u_w}{\sin\beta} = \frac{Q_{df} \rho_{df} u_{df}}{\sin(\alpha-\beta)}$$

$$R = \text{動量比} = \frac{Q_w \rho_w u_w}{Q_{df} \rho_T u_u}$$

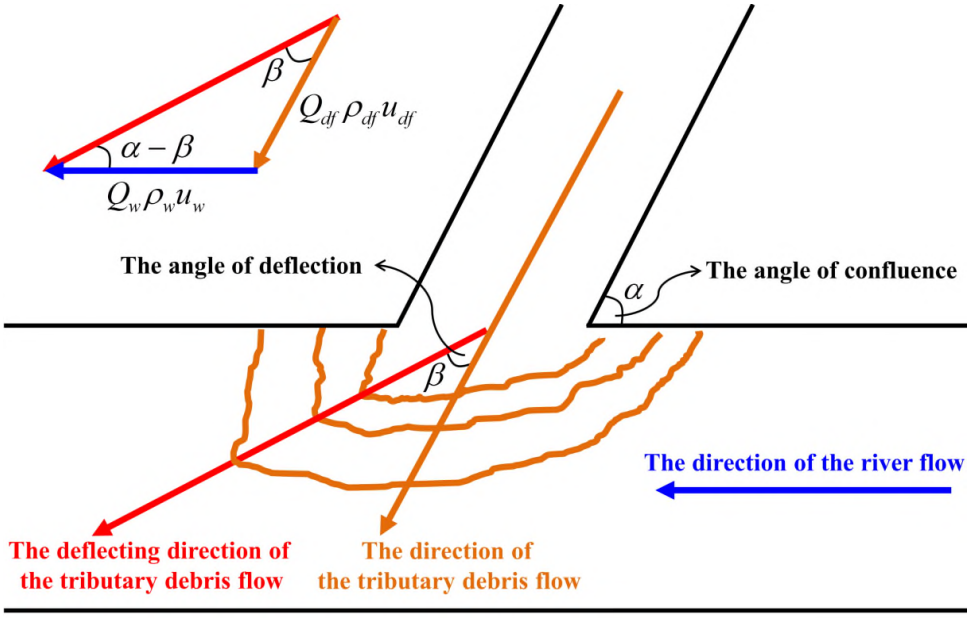
$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{R\sin\alpha}{1+R\cos\alpha}\right)$$

$$L_{df}' = L_{df}\frac{\sin(180°-\alpha)}{\sin(\alpha-\beta)}$$

$$B_w' = \frac{B_w}{\sin(\alpha-\beta)}$$

$$Z_{df\ \min} = Z_{df\ \max} e^{\left[-\frac{1}{2C_L^2}\left(\frac{B_w'}{L_{df}'}\right)^2\right]}$$

$$Z_{df_{\max}} = L_{df}' \tan(\theta_{df} - \theta_d)$$



一、前言

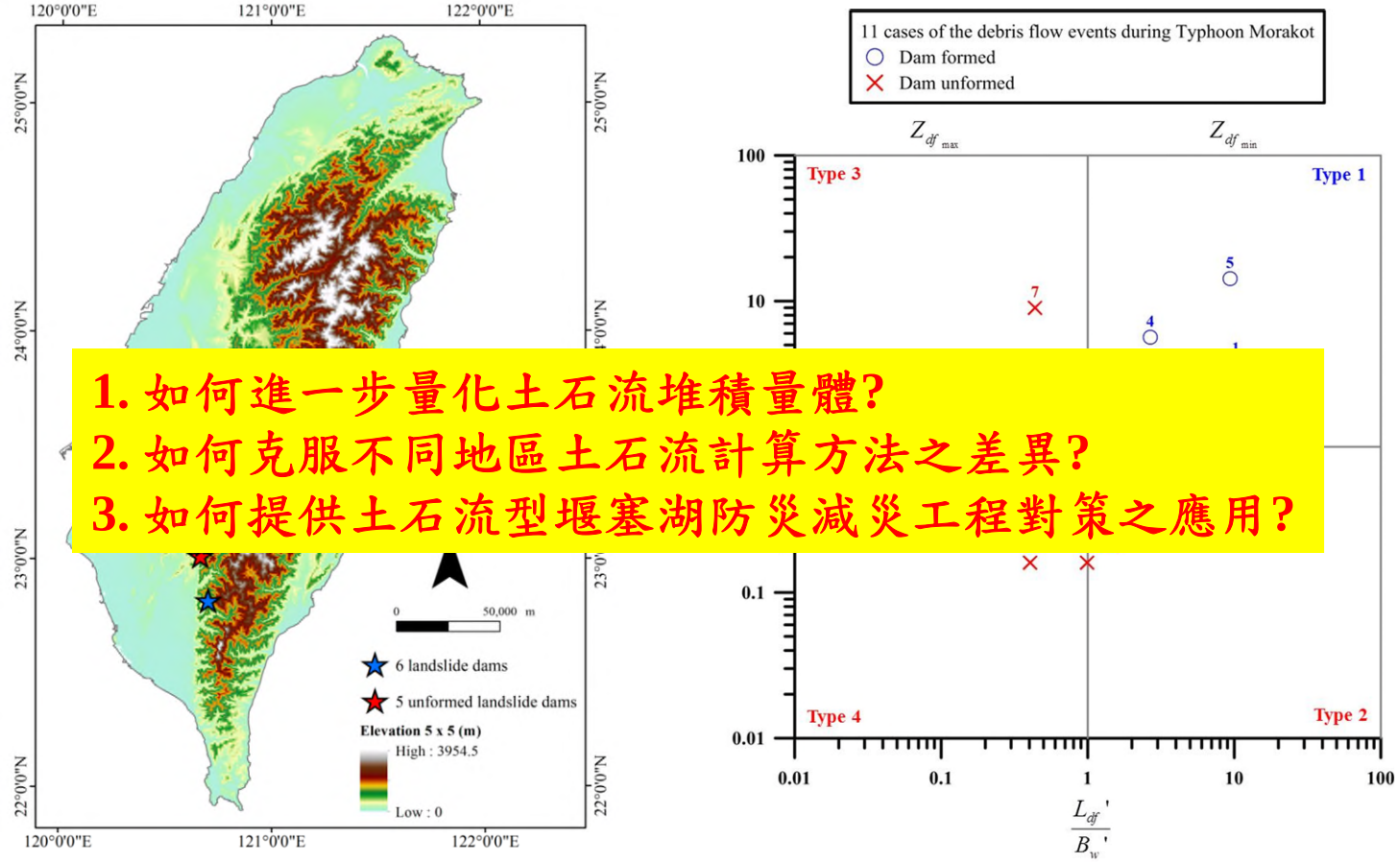
二、堰塞湖形成機制

三、土石流型堰塞湖形成預測方法

四、崩滑型堰塞湖形成預測方法

五、結語

• 無因次化土石流堆積形態



1. 如何進一步量化土石流堆積量體?
2. 如何克服不同地區土石流計算方法之差異?
3. 如何提供土石流型堰塞湖防災減災工程對策之應用?

Kun-Ting Chen, Xiao-Qing Chen*, Gui-Sheng Hu, Yu-Shu Kuo, Yan-Rong Huang, Chjeng-Lun Shieh. Dimensionless assessment method of landslide dam formation caused by tributary debris flow events. *Geofluids*, 2019, Article ID 7083058. (SCIE)

黃彥融，2015，「土石流形成堰塞湖評估方法之研究」，碩士論文，國立成功大學水利及海洋工程學系，台南，指導教授：謝正倫。

一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結語

• 土石流堆積扇之差異



四川小磨子溝土石流堆積



那瑪夏堰塞湖

一、前言

二、堰塞湖形成機制

三、土石流型堰塞湖形成預測方法

四、崩滑型堰塞湖形成預測方法

五、結語

國立屏東科技大學 研究總中心
NPUST General Research Service Center
複合土砂災害防治研究中心
Compound Disaster Prevention Research Center
國立屏東科技大學 水土保持系
Department of Soil and Water Conservation

• 無因次土石流阻塞體積指標

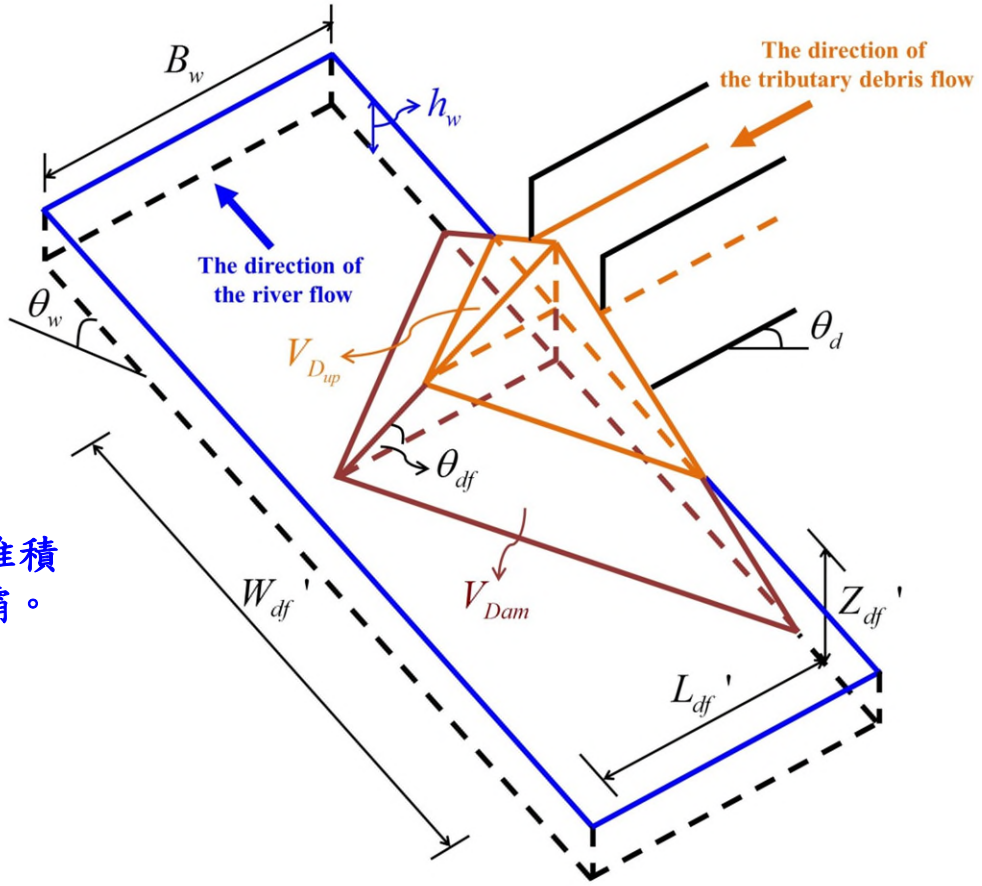
$$DVI = \frac{V_{Dam}}{V_{Dam_{\min}}}$$

$$\frac{V_{Dam}}{V_{Dam_{\min}}} > 1$$

✓ 支流土石流進入主河，堆積扇阻斷主河並形成堰塞壩。

$$\frac{V_{Dam}}{V_{Dam_{\min}}} < 1$$

✓ 支流土石流進入主河，堆積扇無法填滿主河形成堰塞壩。




Ni et al. (2014)

一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結語

• 土石流相關體積估算方法

$$DVI = \frac{V_{Dam}}{V_{Dam_{\min}}}$$

泥石流形成堰塞壩體積：$V_{Dam} = V_D - V_{D_{up}}$

泥石流阻塞河道最小體積：$V_{Dam_{\min}} = \frac{1}{2} h_w B_w {}' W_{df_{\min}}$

堆積扇堆積體積：$V_D = V_{DF} - V_E$

堆積扇上部體積：$V_{D_{up}} = \frac{L_{df} {}' W_{df} {}' \left(Z_{df} {}' - h_w \right)^3}{3 Z_{df} {}'^2}$

泥石流流出體積：$V_{DF} = \frac{1}{3} L_{df} {}' W_{df} {}' Z_{df} {}'$

匡尚富 (1995)

主河水流侵蝕體積：$V_E = E_w h_w B_w t$

主河水流侵蝕速度：$E_w = \frac{0.02 \left(\frac{B_w h_w}{B_w + 2h_w} \right) \tan\theta_w}{\left(\frac{\sigma}{\rho} - 1 \right) d_{50}} \left(1 - \frac{0.035 \left(\frac{\sigma}{\rho} - 1 \right) d_{50}}{\left(\frac{B_w h_w}{B_w + 2h_w} \right) \tan\theta_w} \right)^3 \sqrt{\left(\frac{\sigma}{\rho} - 1 \right) g d_{50}}$

Nakagawa and Tsujimoto (1975)

一、前言

二、堰塞湖形成機制

三、土石流型堰塞湖形成預測方法

四、崩滑型堰塞湖形成預測方法

五、結語

• 四川石棉縣後溝堰塞湖案例

$$DVI = \frac{V_{Dam}}{V_{Dam_{min}}} = 4.91$$

泥石流形成堰塞壩體積： 7706.77 m^3

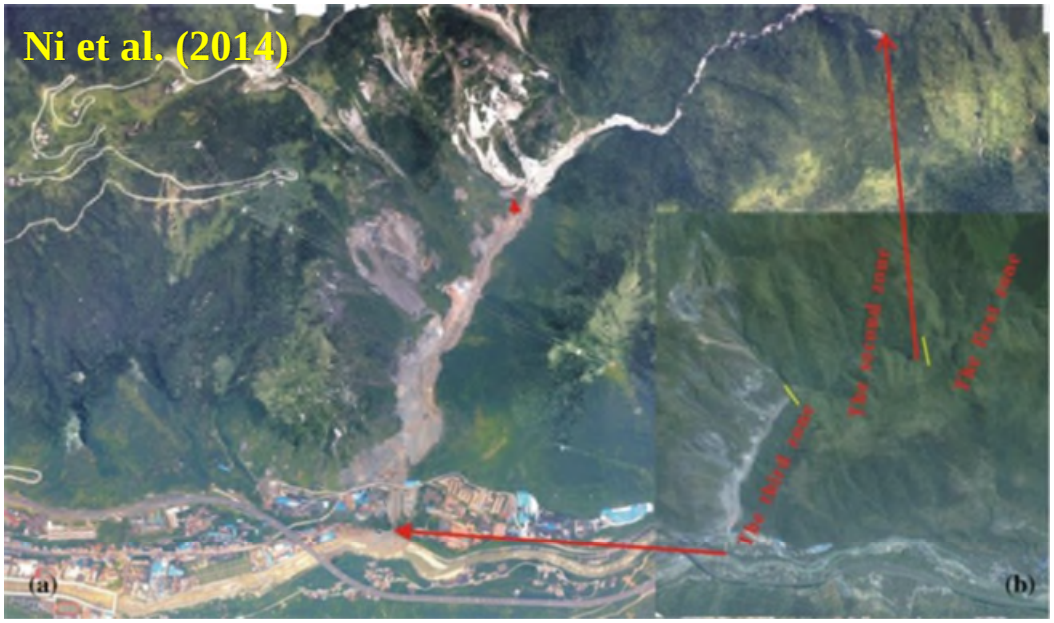
泥石流阻塞河道最小體積： 1567.12 m^3

堆積扇堆積體積： 14365.69 m^3

堆積扇上部體積： 6658.92 m^3

泥石流流出體積： 14366.98 m^3



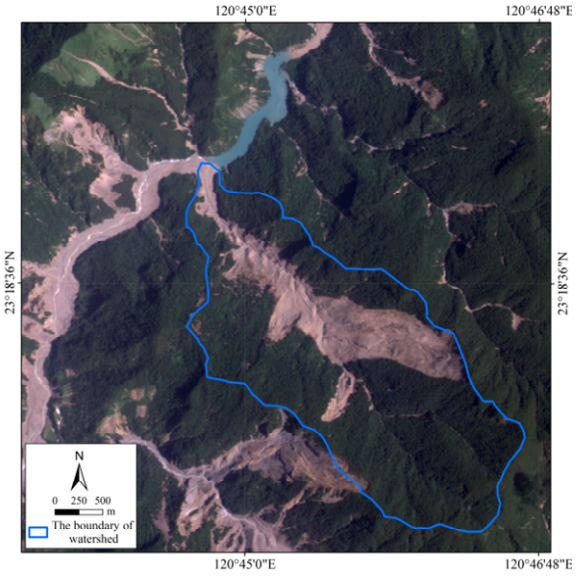


一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結語

• 那瑪夏堰塞湖案例

莫拉克颱風事件的評估指標

Name	Namasha landslide dam
Outflow volume of the tributary debris flow V_{DF} (m^3)	6,667,340
deposition volume of the tributary debris flow V_D (m^3)	6,667,154
Erosion volume by the flow of main stream V_E (m^3)	186
Deposition volume of the tributary debris flow on the surface of the water $V_{D_{up}}$ (m^3)	2,674,054
Deposition volume of the tributary debris flow in the river V_{Dam} (m^3)	3,993,100
Minimum volume of river-blocking $V_{Dam_{min}}$ (m^3)	24,947
$\frac{V_{Dam}}{V_{Dam_{min}}}$	**160.06**



不同重現期距下的評估指標

$\frac{V_{Dam}}{V_{Dam_{min}}}$		Discharges of the main stream at the tributary				
		10 years	20 years	50 years	100 years	200 years
Rainfall intensities	10 years	$\frac{1,417,184}{11,217}=126.34$	$\frac{1,685,358}{14,045}=120.00$	$\frac{2,066,473}{18,241}=113.29$	$\frac{2,377,149}{21,824}=108.92$	$\frac{2,700,416}{25,701}=105.07$
	20 years	$\frac{1,966,437}{10,194}=192.90$	$\frac{2,261,576}{12,275}=184.24$	$\frac{2,671,198}{15,252}=175.14$	$\frac{3,002,126}{17,734}=169.29$	$\frac{3,345,910}{20,378}=164.19$
	50 years	$\frac{3,156,195}{9,691}=325.68$	$\frac{3,516,959}{11,240}=312.90$	$\frac{3,992,002}{13,338}=299.30$	$\frac{4,364,025}{15,019}=290.57$	$\frac{4,744,074}{16,764}=282.99$
	100 years	$\frac{4,618,203}{9,731}=474.59$	$\frac{5,068,350}{11,075}=457.64$	$\frac{5,633,218}{12,818}=439.48$	$\frac{6,060,724}{14,170}=427.72$	$\frac{6,487,975}{15,541}=417.48$
	200 years	$\frac{6,879,745}{10,067}=683.40$	$\frac{7,477,717}{11,309}=661.22$	$\frac{8,193,483}{12,859}=637.18$	$\frac{8,715,004}{14,022}=621.52$	$\frac{9,222,301}{15,174}=607.77$

一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結語

• 高雄桃園-DF006土石流潛勢溪流案例

莫拉克颱風事件的評估指標

Name	Taoyaun DF006
Outflow volume of the tributary debris flow V_{DF} (m^3)	308,011
deposition volume of the tributary debris flow V_D (m^3)	307,903
Erosion volume by the flow of main stream V_E (m^3)	108
Deposition volume of the tributary debris flow on the surface of the water $V_{D_{up}}$ (m^3)	1.5
Deposition volume of the tributary debris flow in the river V_{Dam} (m^3)	307,902
Minimum volume of river-blocking $V_{Dam_{min}}$ (m^3)	3,193,377
$\frac{V_{Dam}}{V_{Dam_{min}}}$	0.10



不同重現期距下的評估指標

$\frac{V_{Dam}}{V_{Dam_{min}}}$		Discharges of the main stream at the tributary				
		10 years	20 years	50 years	100 years	200 years
Rainfall intensities	10 years	$\frac{256,445}{1,031,927}=0.25$	$\frac{226,887}{1,622,903}=0.14$	$\frac{155,823}{2,586,566}=0.06$	$\frac{98,264}{3,444,742}=0.03$	$\frac{52,758}{4,412,330}=0.01$
	20 years	$\frac{345,619}{694,196}=0.50$	$\frac{353,197}{1,087,834}=0.33$	$\frac{314,529}{1,728,933}=0.18$	$\frac{262,031}{2,299,410}=0.11$	$\frac{201,880}{2,942,306}=0.07$
	50 years	$\frac{422,858}{445,240}=0.95$	$\frac{475,098}{693,752}=0.69$	$\frac{494,118}{1,097,750}=0.45$	$\frac{476,525}{1,456,825}=0.33$	$\frac{439,205}{1,861,190}=0.24$
	100 years	$\frac{667,385}{332,884}=2.01$	$\frac{568,267}{516,066}=1.10$	$\frac{590,195}{813,391}=0.73$	$\frac{601,966}{1,077,391}=0.56$	$\frac{591,712}{1,374,504}=0.43$
	200 years	$\frac{1,003,950}{254,946}=3.94$	$\frac{994,401}{392,913}=2.53$	$\frac{840,167}{616,444}=1.36$	$\frac{689,218}{814,695}=0.85$	$\frac{705,667}{1,037,654}=0.68$

Kun-Ting Chen, Xiao-Qing Chen, Zhi-Pan Niu*, Xiao-Jun Guo. Early identification of river blocking induced by tributary debris flow based on dimensionless volume index. *landslides*, 2019, 16, 2335-2352 . (SCIE)

一、前言

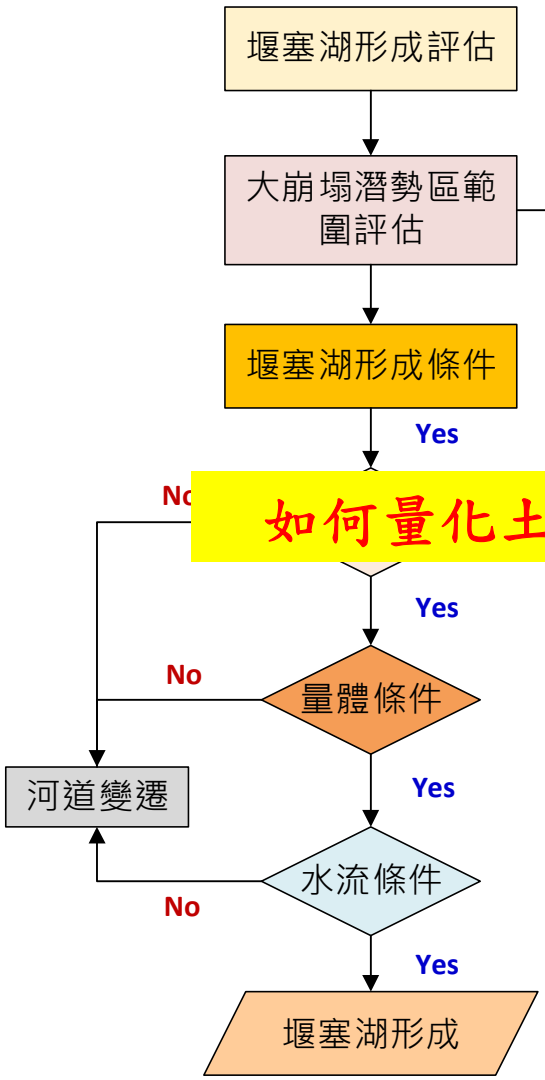
二、堰塞湖形成機制

三、土石流型堰塞湖形成預測方法

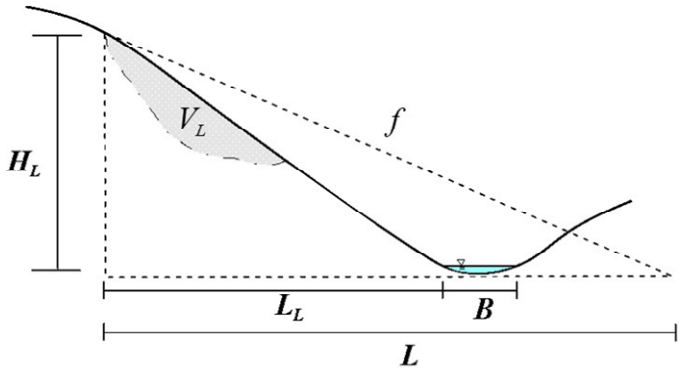
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法

五、結語

• 崩滑型堰塞湖形成之定量條件



1. 崩滑運動距離



如何量化土體堆積速率與水流侵蝕速率？，$f = \frac{H_L}{L}$

2. 崩滑體積與河道最小阻塞體積

$$V_L = 0.074 A_L^{1.45}$$

$$V_{min} = 0.5 L_W H_w B$$

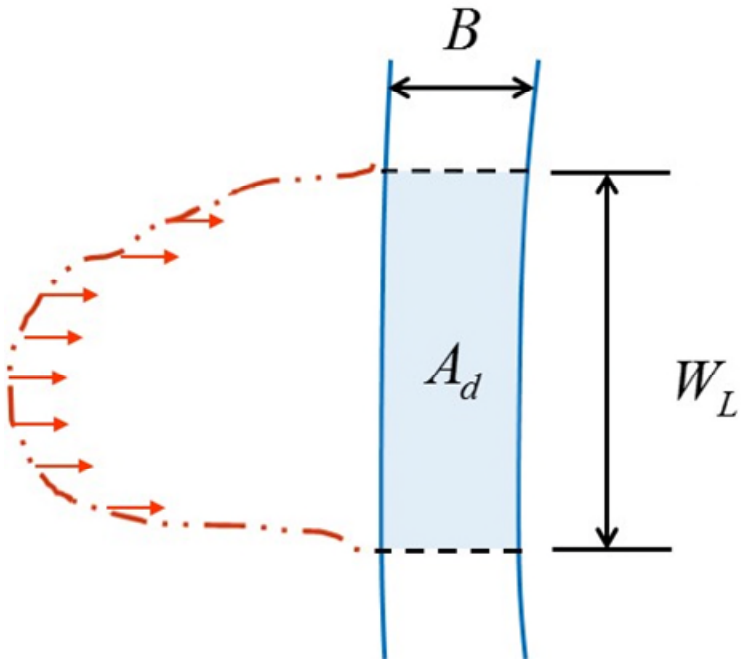
一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結語

• 土體堆積速率

$v_d = \dfrac{V_L}{A_m t_d}$ ，崩塌土體堆積速率

$A_m = B \times W_L$ ，堆積區域面積

$t_d = \dfrac{S_L}{\bar{v}_L}$ ，堆積時間



$v_L = \sqrt{2gH_L(1 - f\cot\theta_s)}$ ，崩塌土體速度

S_L ： 崩塌土體頂部至坡趾之斜面距離

$\bar{v}_L = \dfrac{1}{2}v_L$ ，崩塌土體平均速度

V_L ： 崩塌土體體積

H_L ： 崩塌土體最大落高

g ： 重力加速度

θ_s ： 邊坡坡度

一、前言

二、堰塞湖形成機制

三、土石流型堰塞湖形成預測方法

四、崩滑型堰塞湖形成預測方法

五、結語

• 水流侵蝕速率

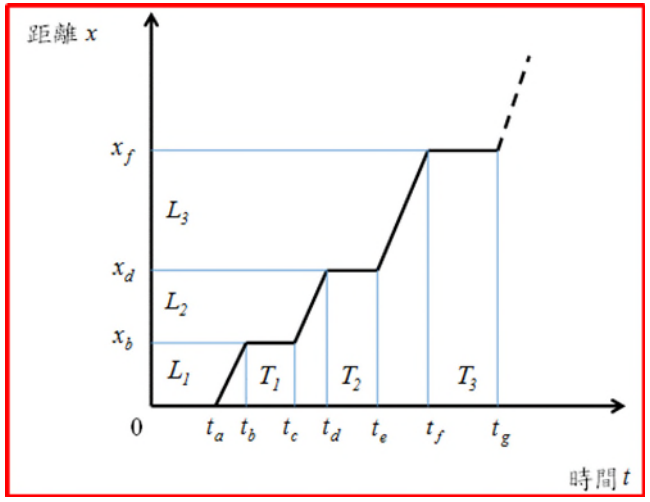
$v_e = V_b \times P_s$ ，河道水流侵蝕速率 **Einstein (1950)**

$$P_s = 0.03\tau^* \left(1 - \frac{0.035}{\tau^*}\right)^3 \sqrt{\frac{\left(\sigma/\rho - 1\right)g}{d}}$$ ，平均土砂脫離率 **中川與辻本(1975)**

$$\tau^* = \frac{R_h i}{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right)d}$$ ，土砂無因次推移力

$$V_b = \frac{1/6\,\pi d^3}{1/4\,\pi d^2}$$ ，土砂顆粒體積

$$v_e = 0.02\tau^* \left(1 - \frac{0.035}{\tau^*}\right)^3 \sqrt{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right)gd}$$



一、前言

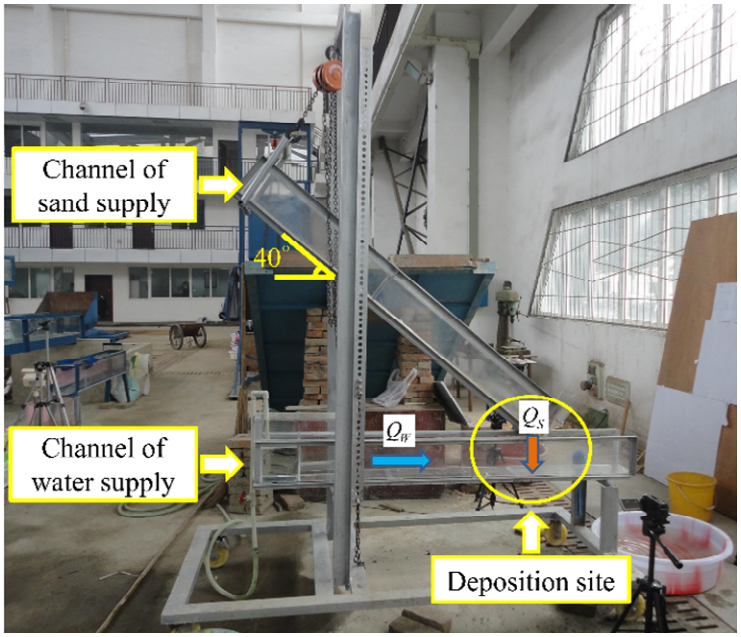
二、堰塞湖形成機制

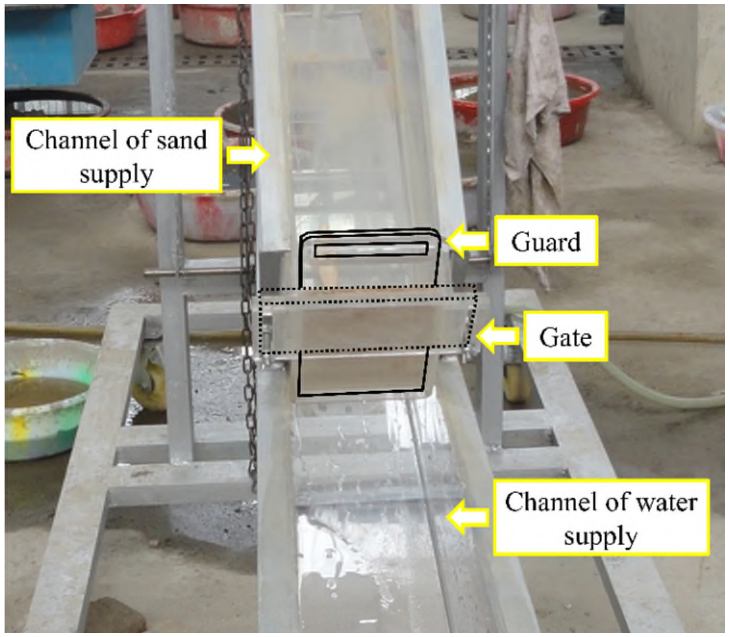
三、土石流型堰塞湖形成預測方法

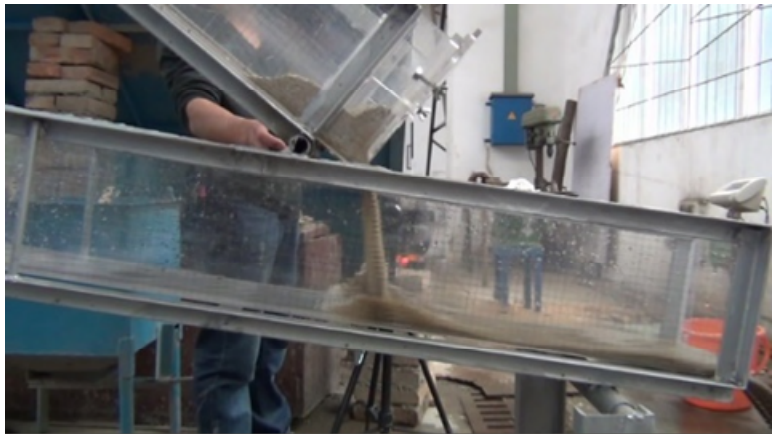
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法

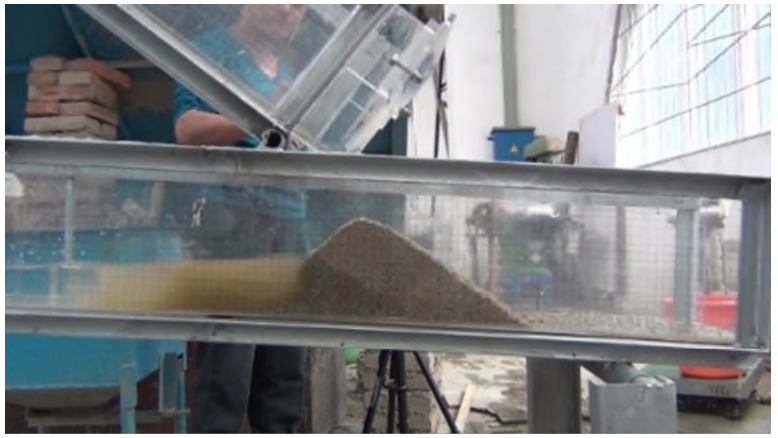
五、結語

• 崩滑土體阻塞河道實驗



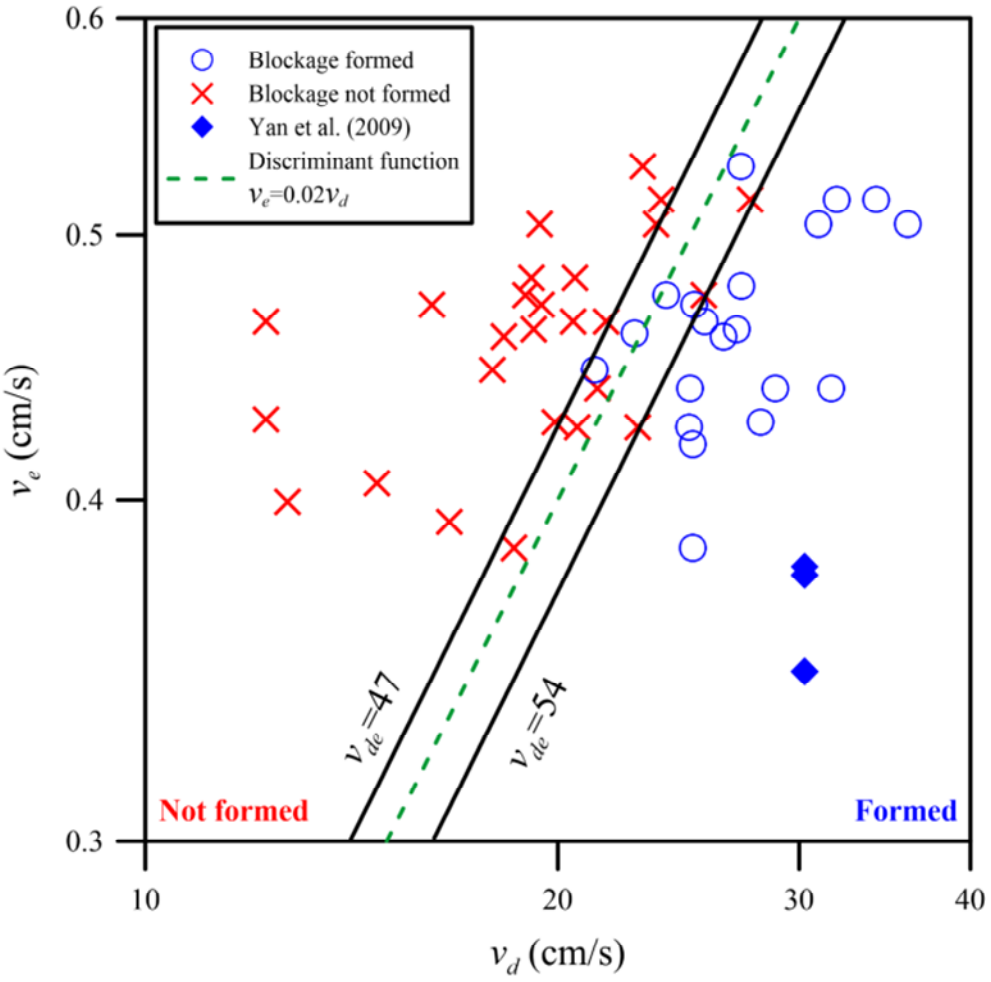






一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結語

• 無因次侵蝕指標



$$LDFI = \frac{v_d}{v_e + 0.335}$$

$v_{de} < 47$ ，不形成

$v_{de} > 54$ ，形成

一、前言

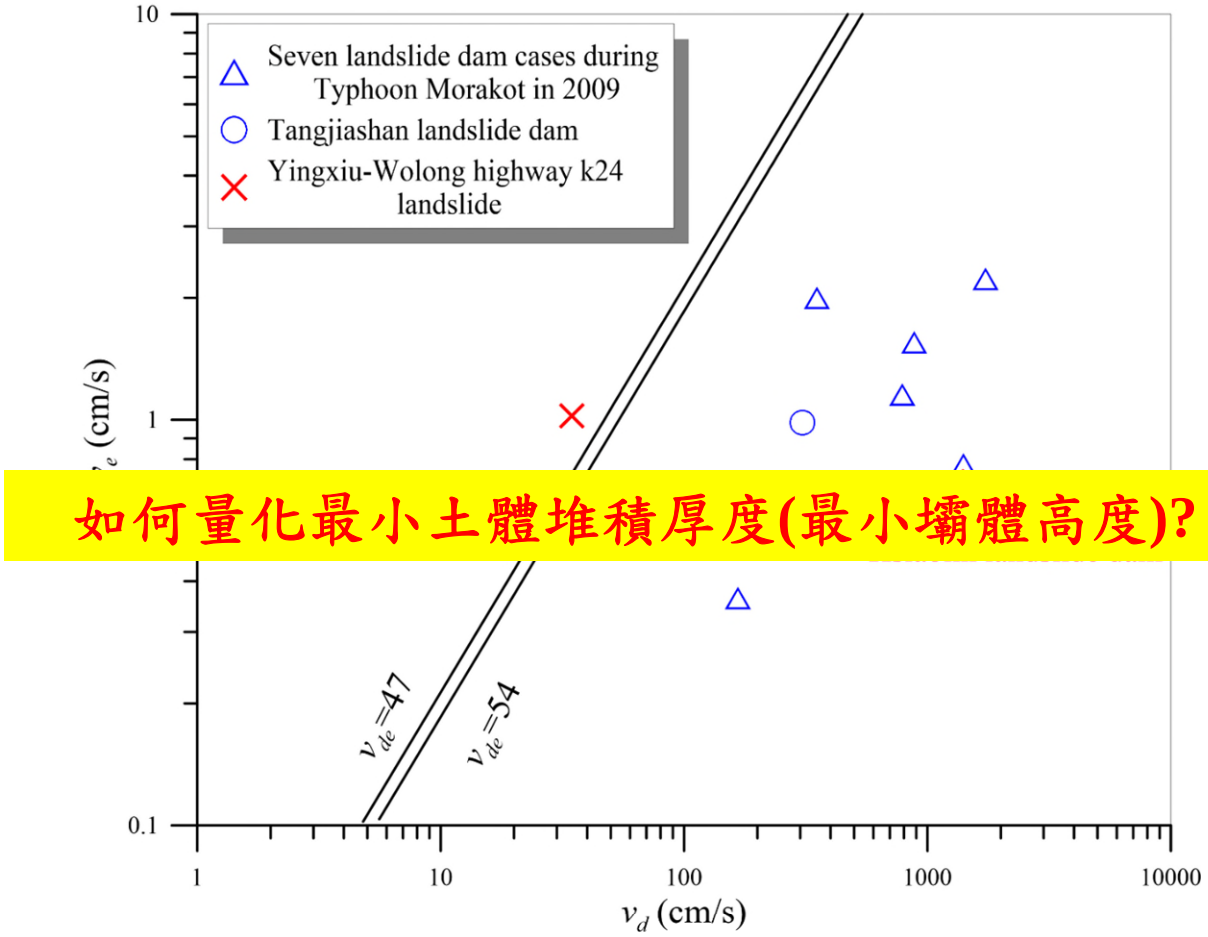
二、堰塞湖形成機制

三、土石流型堰塞湖形成預測方法

四、崩滑型堰塞湖形成預測方法

五、結語

• 崩滑型堰塞湖案例應用



如何量化最小土體堆積厚度(最小壩體高度)?

一、前言

二、堰塞湖形成機制

三、土石流型堰塞湖形成預測方法

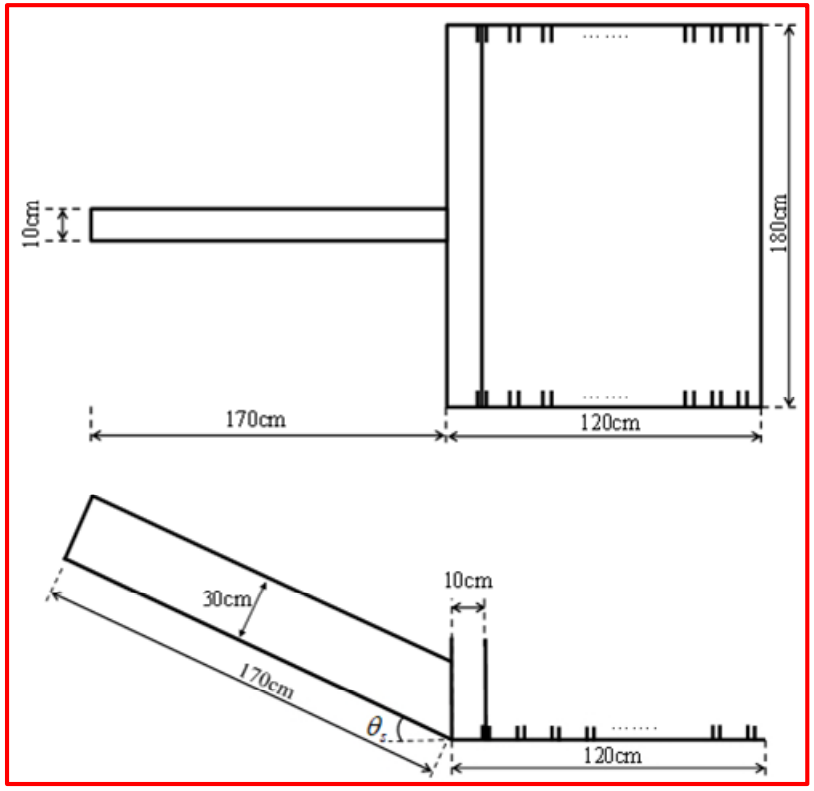
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法

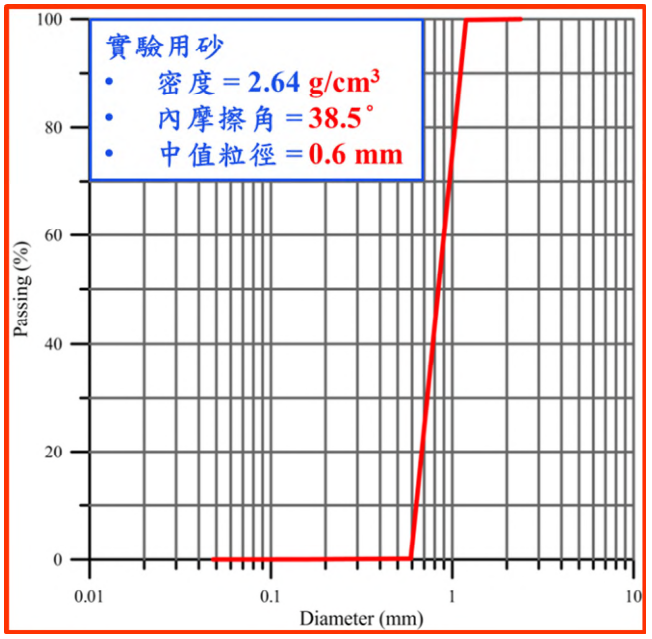
五、結語

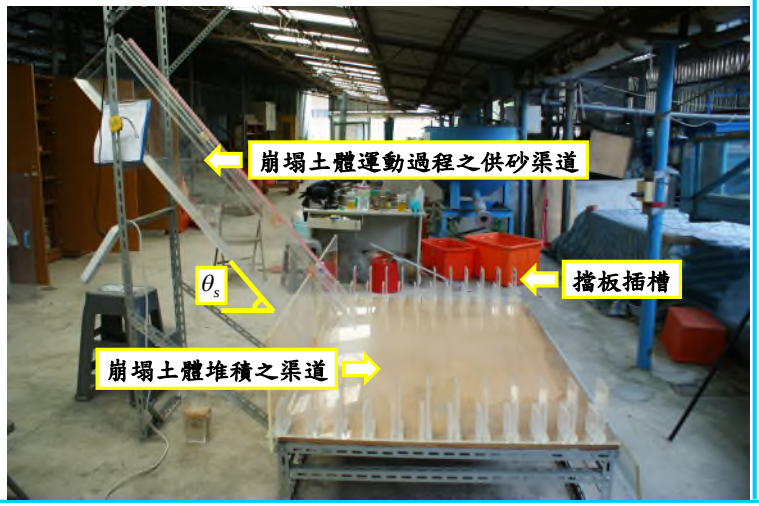
Kun-Ting Chen, Xiao-Qing Chen, Gui-Sheng Hu, Yu-Shu Kuo*, Hua-Yong Chen. Effects of river flow velocity on the formation of landslide dams. *Journal of Mountain Science*, 2019, 16, 2502-2518. (SCIE)

林岱本，2013，「崩塌型堰塞湖形成條件之研究」，碩士論文，國立成功大學水利及海洋工程學系，台南，指導教授：謝正倫。

• 崩滑型堰塞湖形成實驗



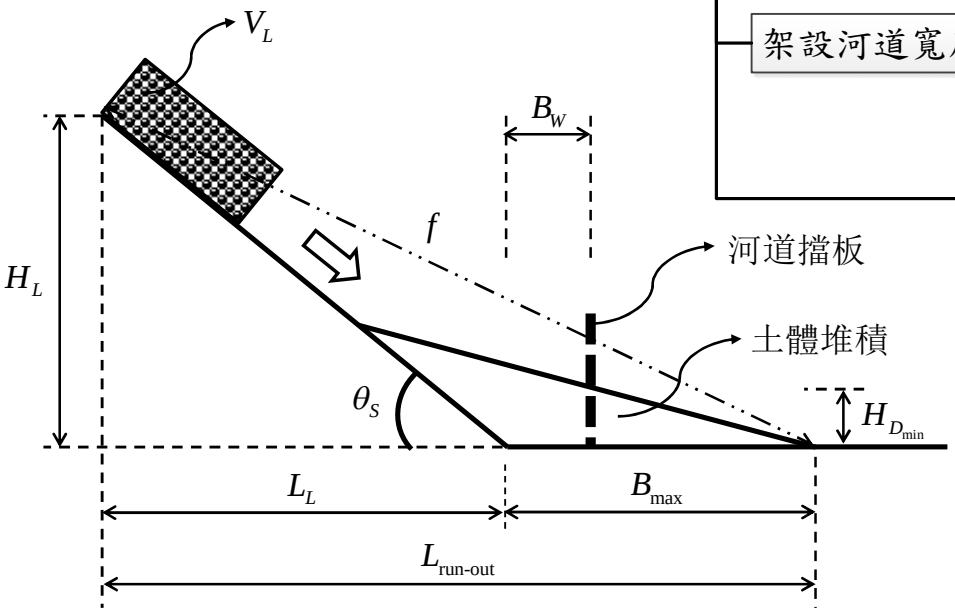


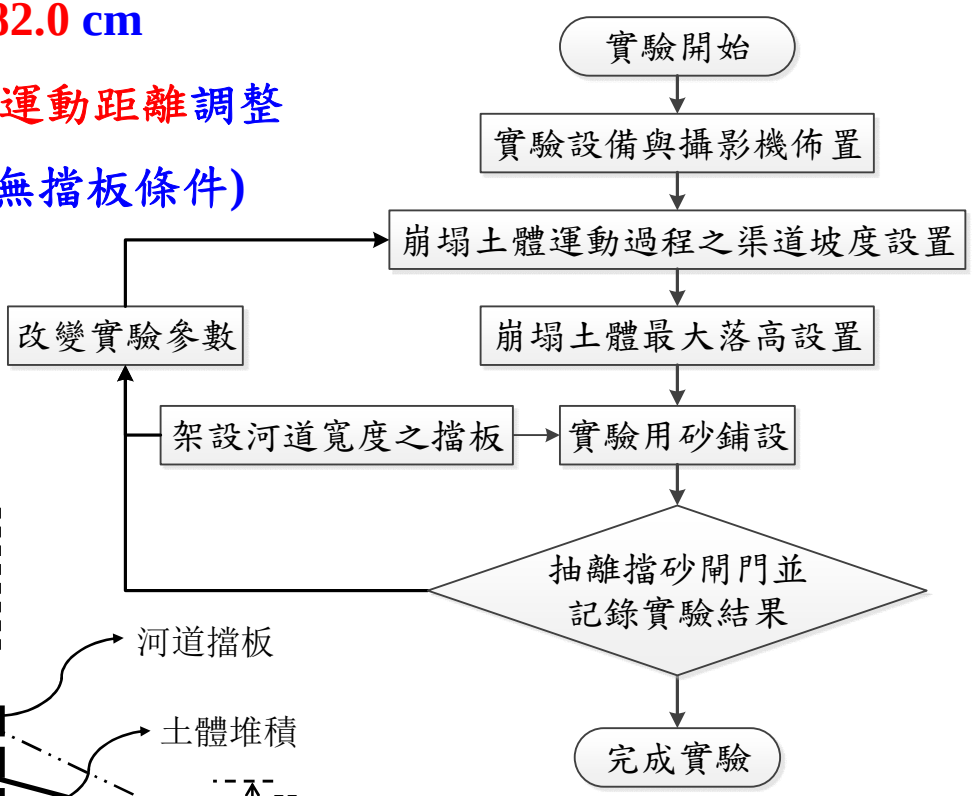


一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結語

• 實驗參數與實驗流程

- ✓ 崩塌體積：5000、7000 cm^3
- ✓ 邊坡坡度：40、50°
- ✓ 崩塌最大落高：34.4 ~ 82.0 cm
- ✓ 河道寬度：依崩塌土體運動距離調整
- ✓ 實驗組數：51組(7組為無擋板條件)





一、前言

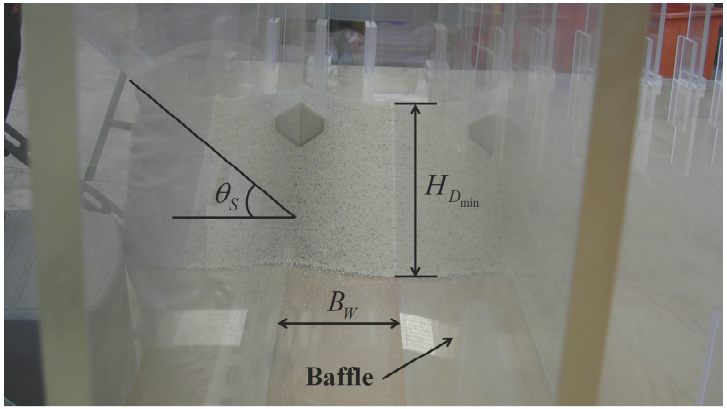
二、堰塞湖形成機制

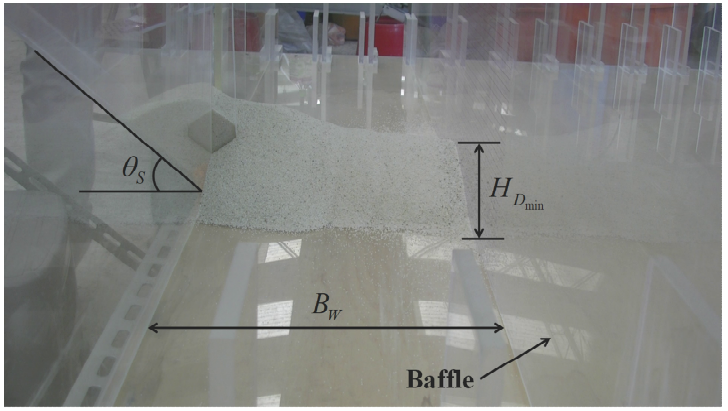
三、土石流型堰塞湖形成預測方法

四、崩滑型堰塞湖形成預測方法

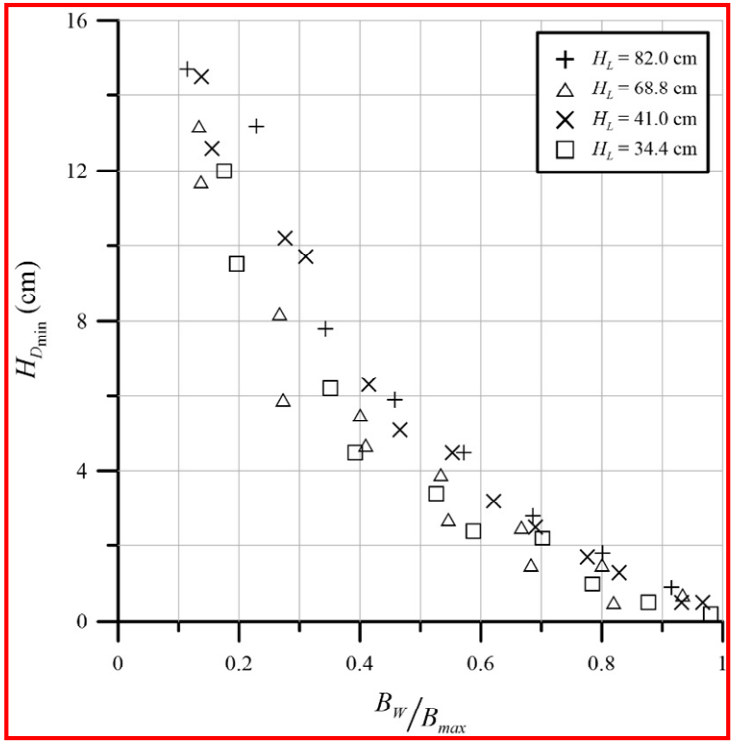
五、結語

• 最小壩體高度與河道寬度/崩塌水平運動距離之關係





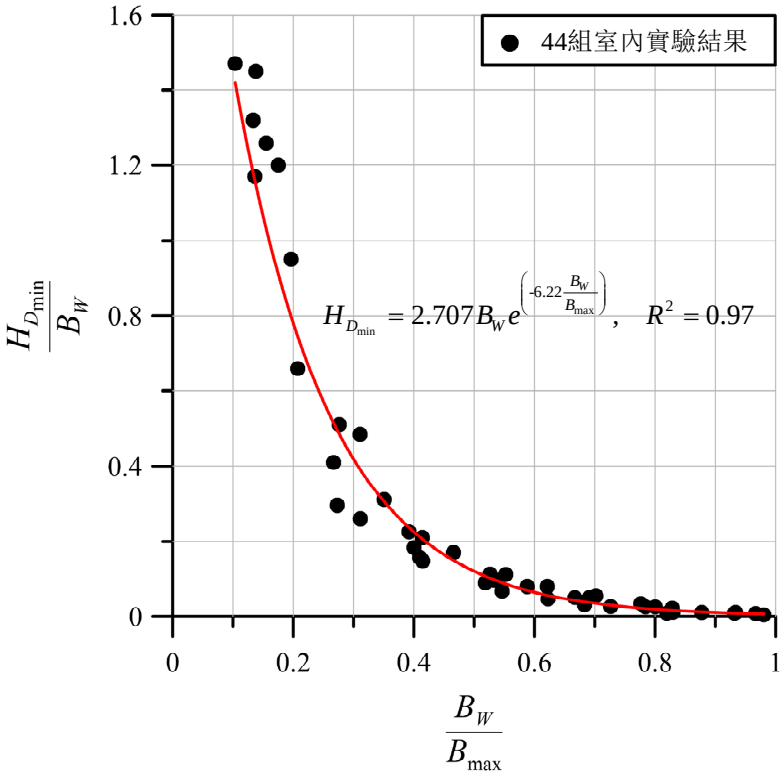


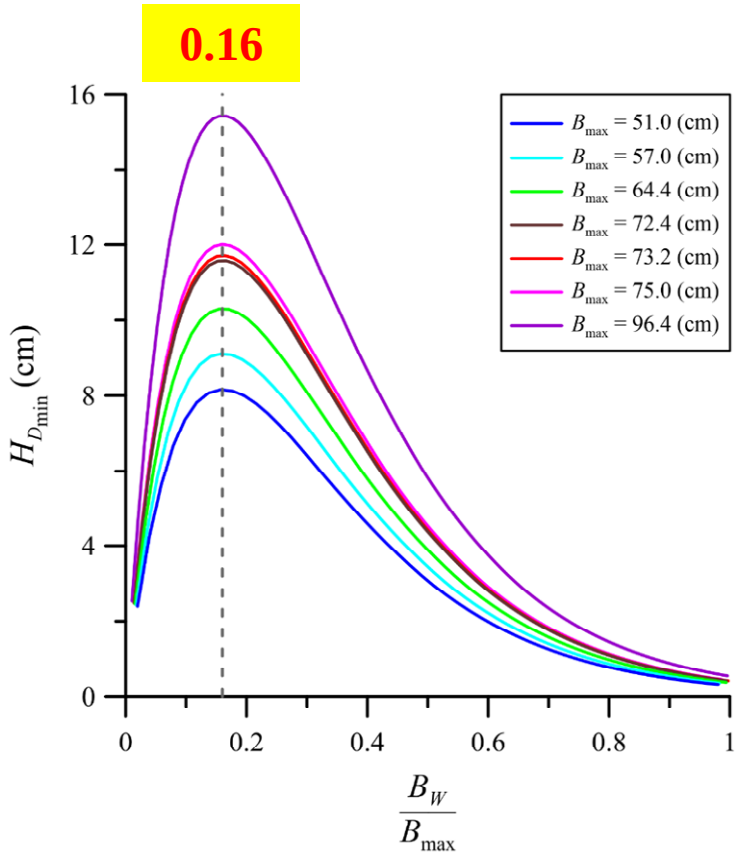


一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結語

• 無因次參數分析

$\frac{H_{D_{min}}}{B_W}$ and $\frac{B_W}{B_{max}}$ ，當 $\frac{B_W}{B_{max}}>1$ ，堰塞壩最小壩體高度為0。





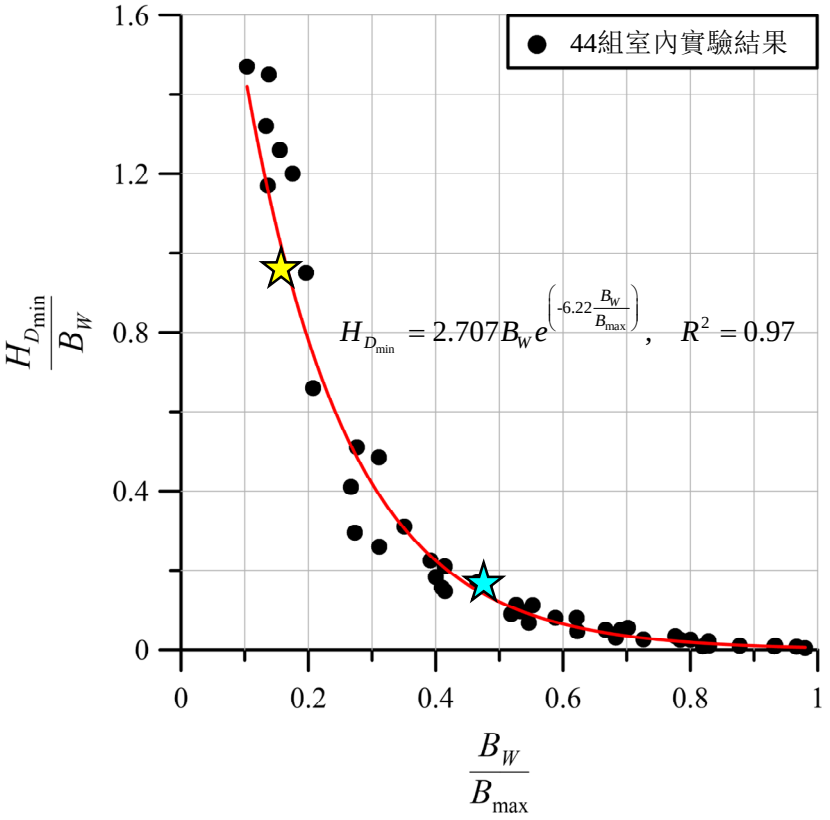
一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結語

• 崩滑型堰塞湖案例分析





國立成功大學防災研究中心提供



一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結語

Kun-Ting Chen, Tien-Chien Chen, Xiao-Qing Chen*, Hua-Yong Chen, Wan-Yu Zhao. An experimental determination of the relationship between the minimum height of landslide dams and the run-out distance of landslides. *landslides*, Minor Version. (SCIE)

陳昆廷、陳天健、李明熹，2020，崩塌運動距離與堰塞壩最小壩體高度之關係探討，第18屆大地工程學術研究討論會論文集，B13.

• 結論

- 堰塞湖形成之早期判釋預測能協助防救災處置對策擬定，大幅降低堰塞湖緊急救災過程中之不確定性與風險性，進一步解決堰塞湖分佈廣泛、數量極多、調查困難、威脅極大之問題。

- 未來仍須提升對於堰塞湖潰壞、災害評估、防治、預警與演變趨勢等相關課題之瞭解。

- 防災~最壞打算，最佳準備，從經驗中學習~有備無患 。

• 後續研究

- 後續將結合其它分析方法，進一步釐清相關研究之適用性與限制性；蒐集國內外之堰塞湖案例，持續精進土石流型與崩滑型堰塞湖相關之預測方法，強化堰塞湖緊急防救災對策之能量。

一、前言
二、堰塞湖形成機制
三、土石流型堰塞湖形成預測方法
四、崩滑型堰塞湖形成預測方法
五、結語


謝謝聆聽，敬請指教