



行政院公共工程委員會

「提升災後復建工程規劃設計品質與效能」訓練講習會

# 提昇坡地災害復建成功率的 心法及工法

廖瑞堂



青山工程顧問股份有限公司

中華民國108年8月6日

# 簡報內容

一、前言

二、邊坡破壞類型

三、坡地災害復健的對策及工法

四、案例分享-以台24線莫拉克風災復建工程為例

五、結語

# 前言

## 台灣有三多

山多	山坡地佔全島面積 <b>2/3</b>
雨多	雨量是世界平均雨量的 <b>2.5</b> 倍
地震多	平均 <b>17</b> 年一次危害性大地震



坡地災害頻傳的背景因素

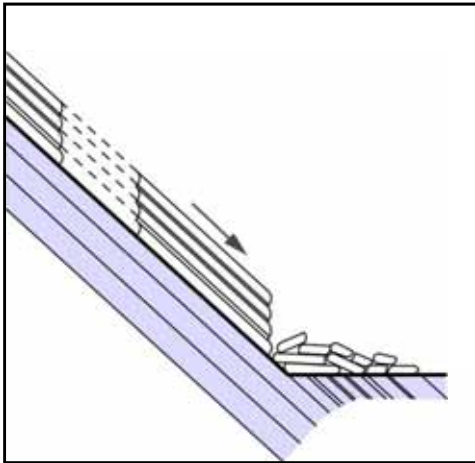


# 山坡地常見的土石災害

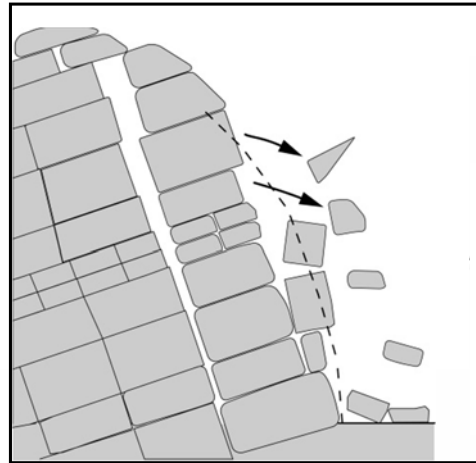
		經濟部中央地質調查所		行政院農業委員會水土保持局	
運動型態	移動物質	基岩	工程土壤		-
			岩屑	土壤	
墜落		落石	岩屑崩滑		山崩 (崩落、崩坍、崩壞)
傾覆					
滑動	平面型	岩體滑動			
	楔型				
	圓弧型				
側滑					
流動		-	土石流		土石流

# 山崩

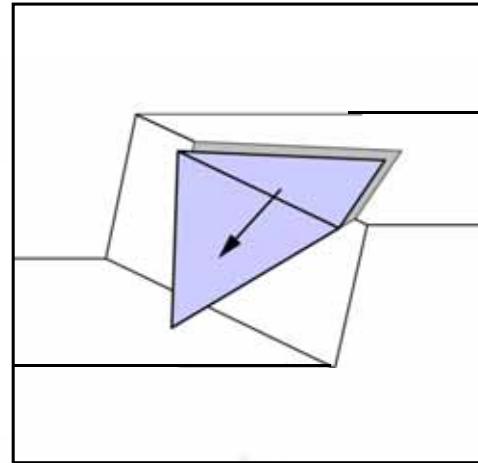
- ❑ 斜坡上不穩定土體或岩塊，快速向下移動的地質作用
- ❑ 依破壞面形狀或破壞機制的不同，可分為四種



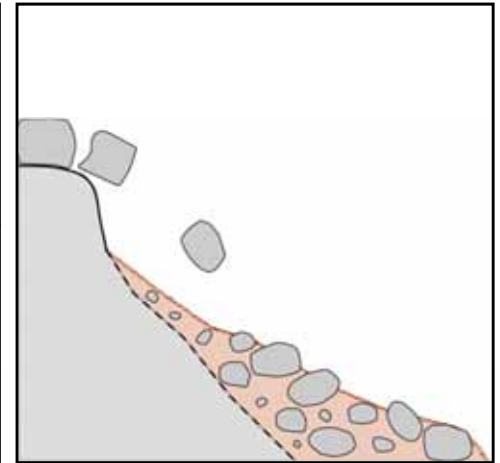
順向坡破壞



傾倒破壞



楔形破壞



落石

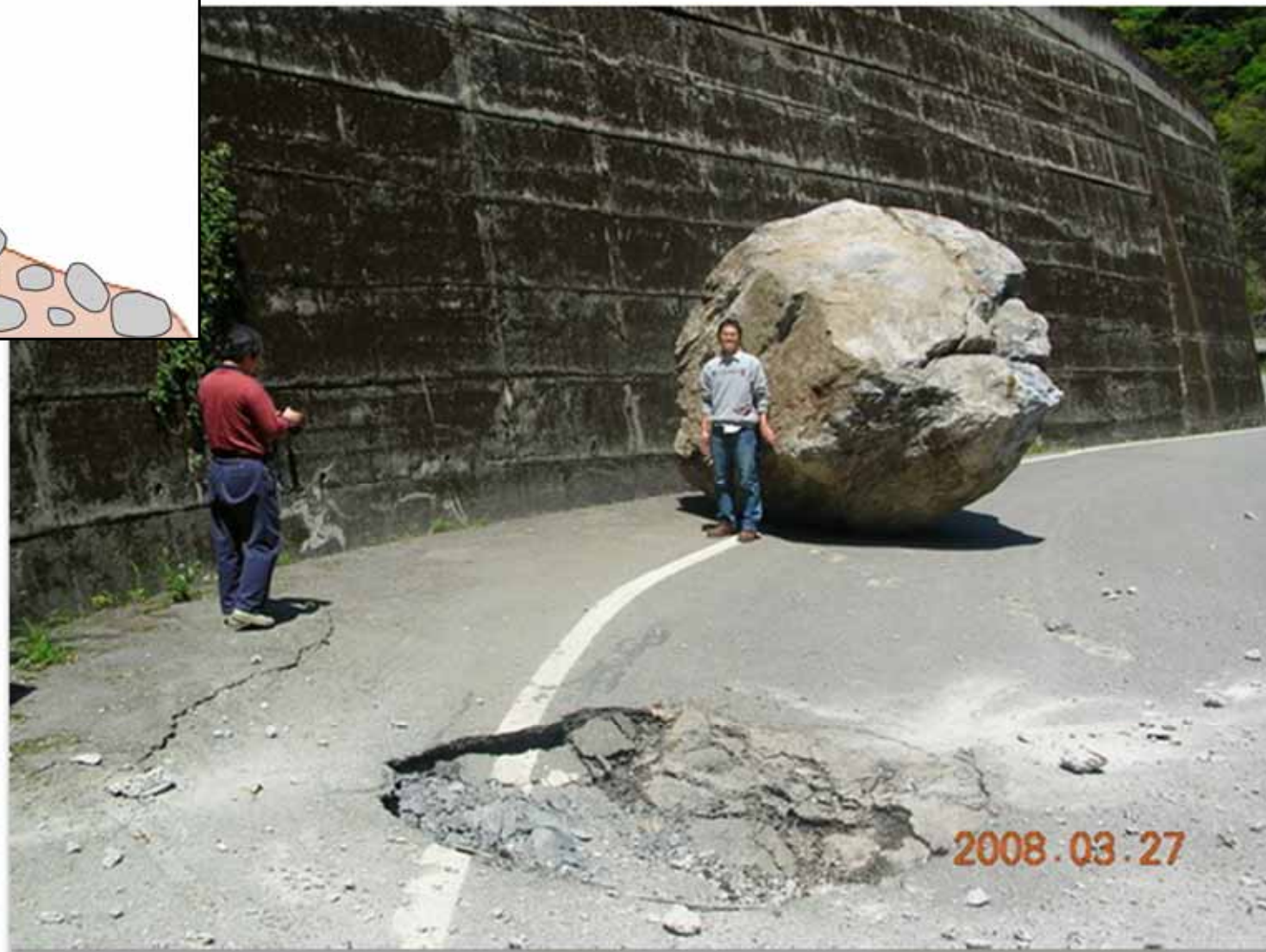
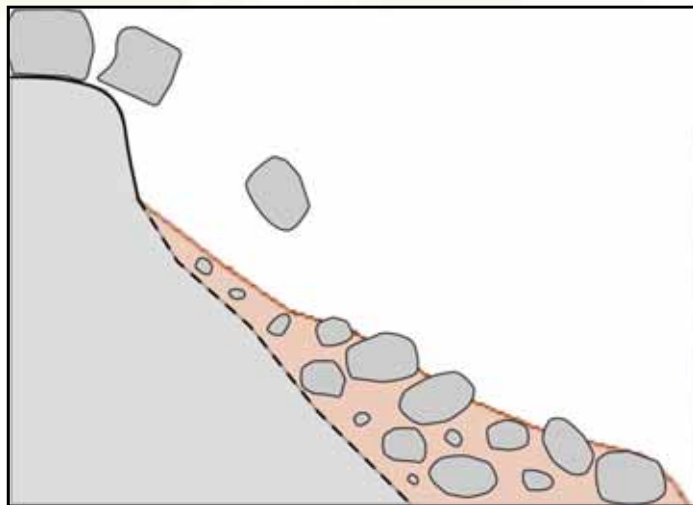


# 約3足球場大 疑3輛車遭噬 國 走山 6線道





# 山崩 落石破壞



# 山崩



108/7/28  
桃園台7線32.5k  
網路

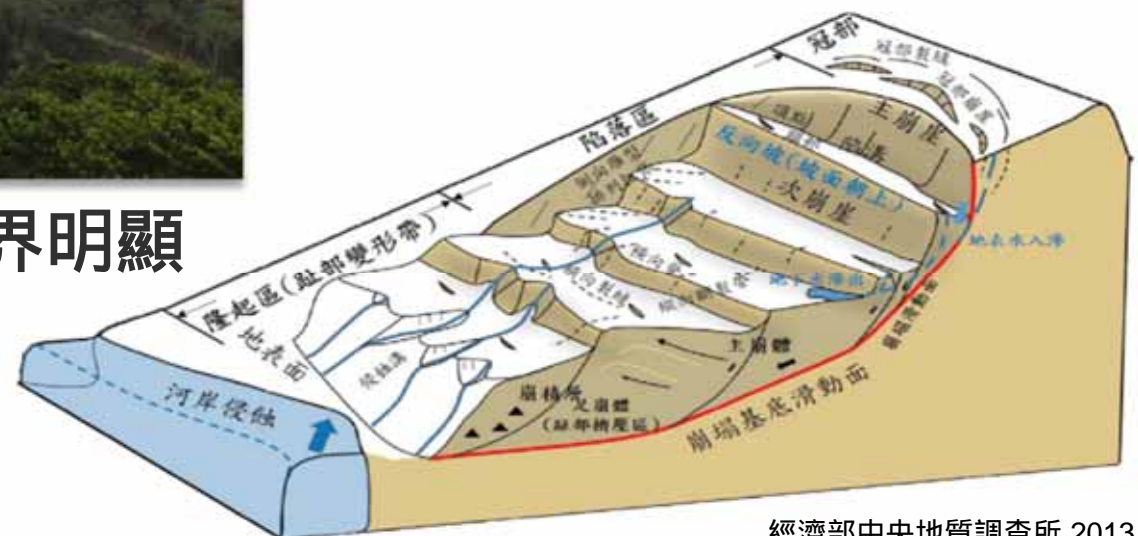


# 崩塌地 (崩坍地, 地滑)



## 頭部陷落崖(崩崖)、兩側邊界明顯

嘉義太和，面積約14公頃  
2009/8/8 莫拉克颱風

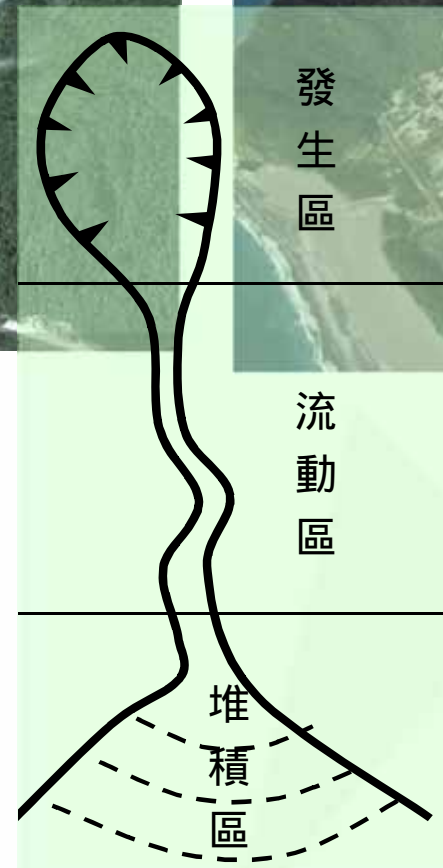


經濟部中央地質調查所, 2013

# 典型的土石流



水土保持局提供

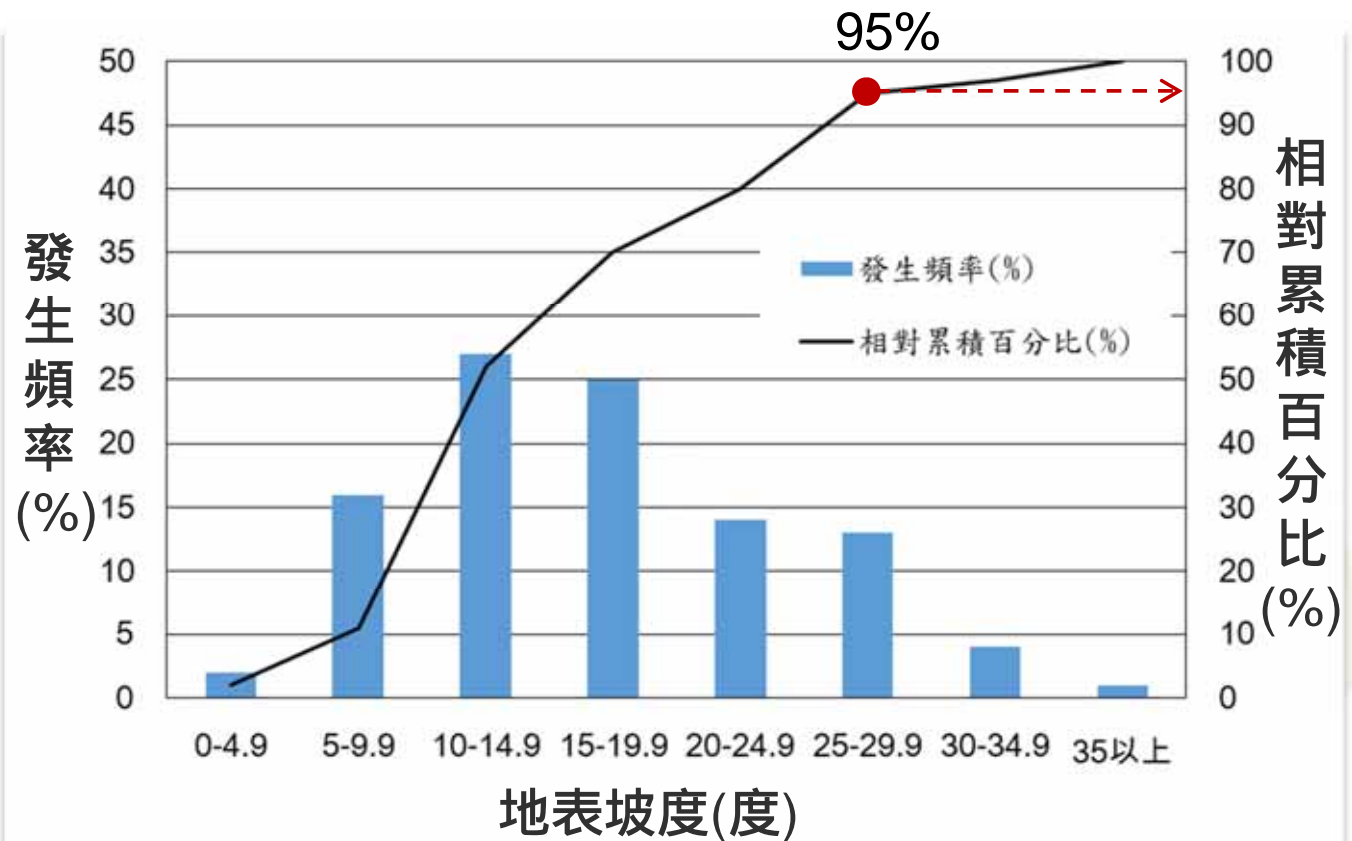


土石流破壞現象與  
山崩及地滑明顯不同



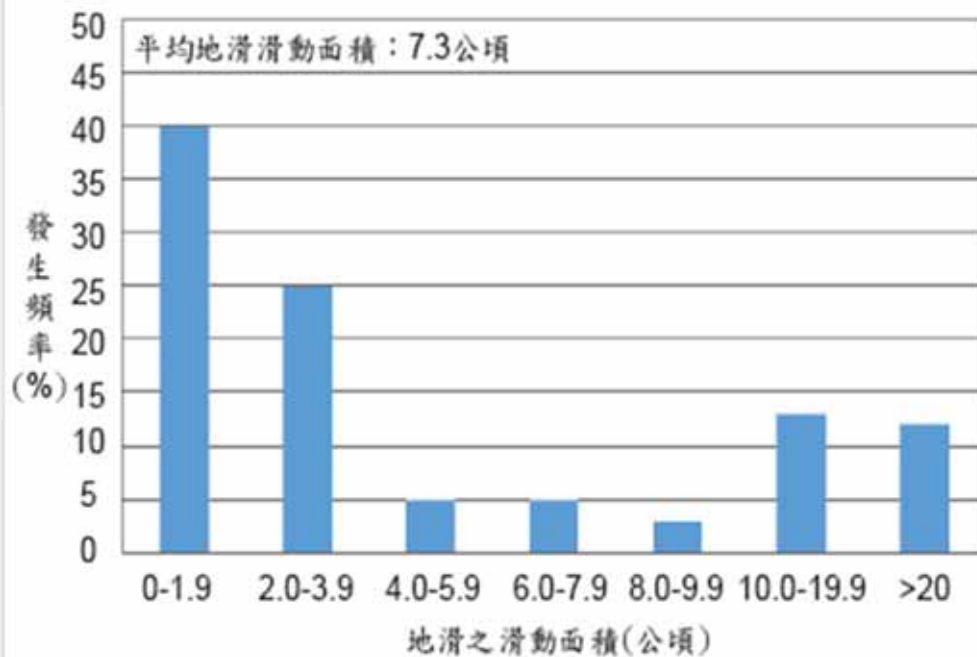
# 崩塌地之特色

- 斜坡上不穩定之土體**緩慢向下移動**  
百分之95崩塌地地表坡度**小於30度以下**
- **規模大** – 範圍大，滑動深
- **重複致災**，不易整治

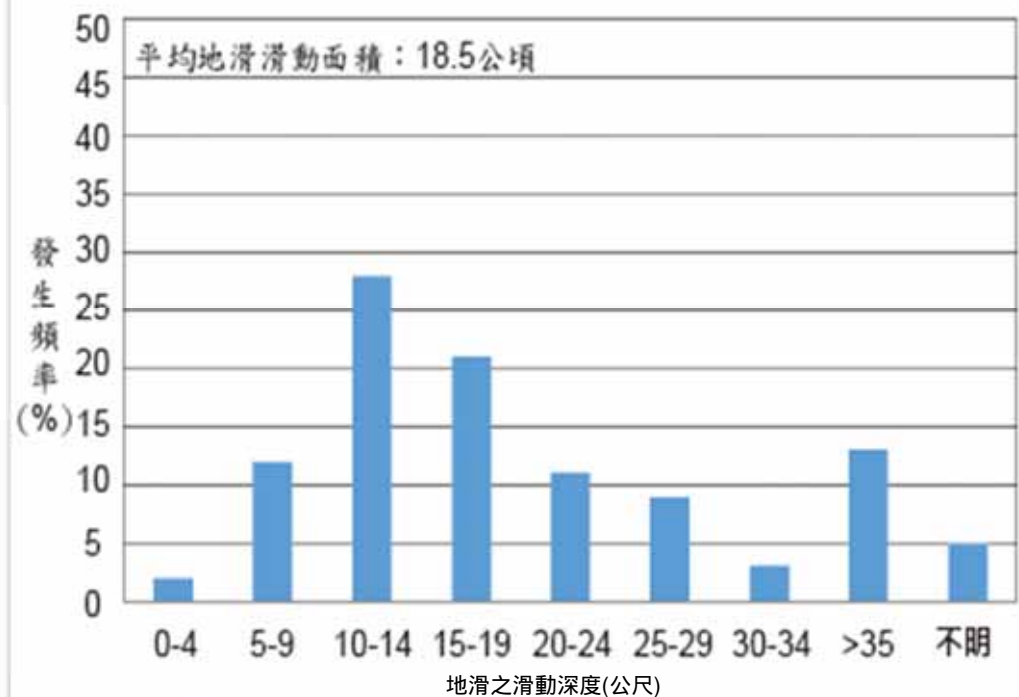


# 崩塌地-滑動規模大

## 滑動面積1~20公頃

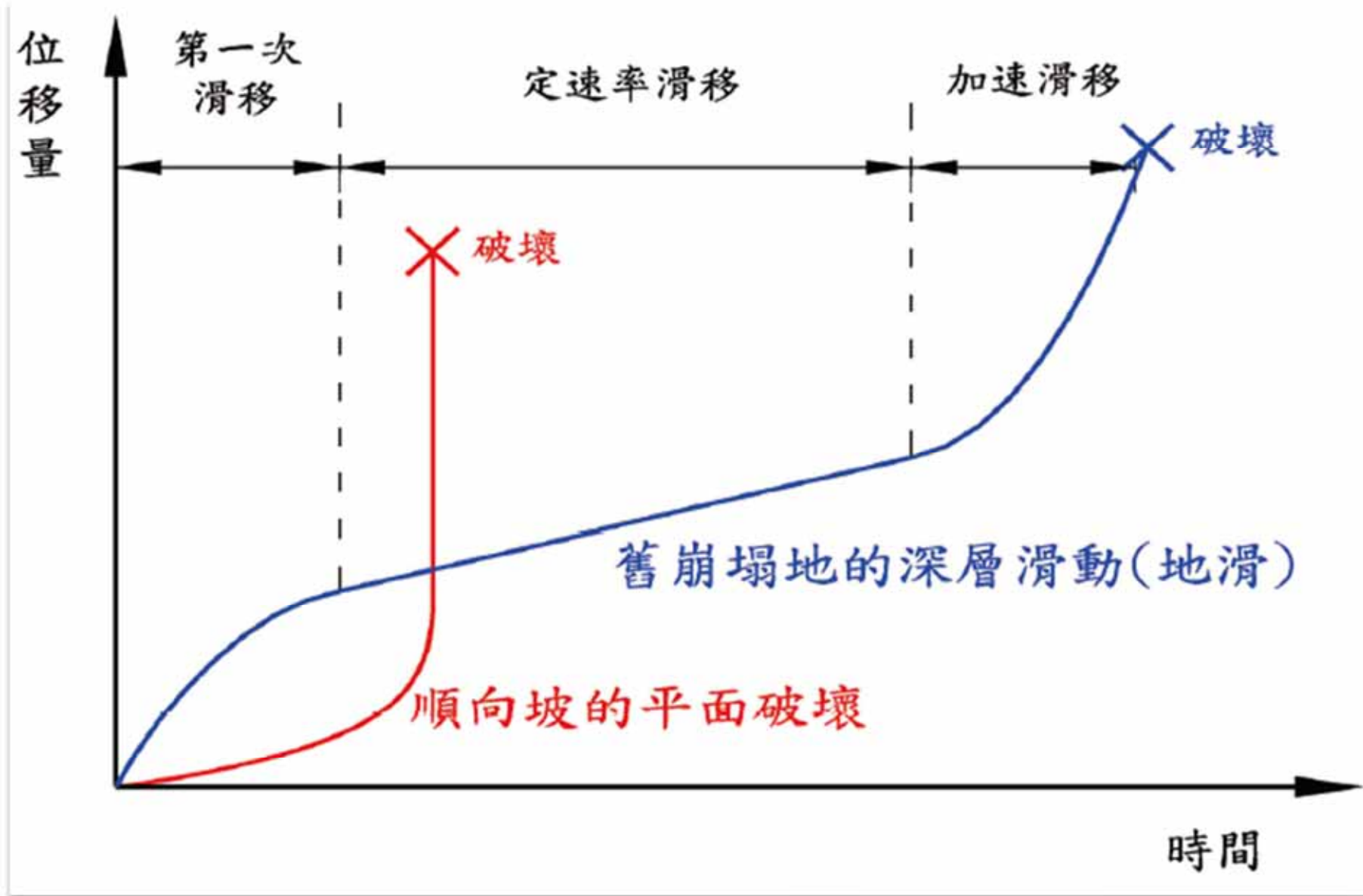


## 滑動深度平均18.5m





# 崩塌地-破壞前的位移速率變化



# 地滑-台18線五彎仔崩塌地



2003/6/26 31.5k崩塌 (6 ha)



# 重複致災不易整治



整治工程接近完工



施工中蛇籠明顯變形正以地錨加以補強



2007 辛樂克颱風後邊坡再度崩塌破壞



滑動範圍持續擴大

**如何提升災害復建的成功率？**

# 坡地災害處理對策及工法

- 考量因素：

  - 1. 保全對象及可能風險損失
  - 2. 滑動深度
  - 3. 處理的困難度及經費
  
- 對策：

  - 1. 避開 道路改線
  - 2. 就地補強改善
    - 主動防護：各種擋土護坡及排水設施
    - 被動防護：明隧道、隧道或橋工等
  
- 工法：

  - 抑止工法
    - 傳統擋土牆
    - 地錨及抗滑樁
  - 抑制工法
    - 修坡
    - 地表排水
    - 地下排水



# 避開對策



嚴重落石或山崩路段無法有效處理時，可採改道或向山側另闢隧道，以「避開對策」處理。



# 避開對策



以橋梁避開崩塌地 (如何確實避開崩塌區?)



# 主動防護對策



採用錨拉式擋土牆及自由格梁工法做為「主動防護對策」，以有效穩定邊坡

# 被動防護對策



明隧道係為「被動防護對策」中之一種工法，落石時不致傷及人車。



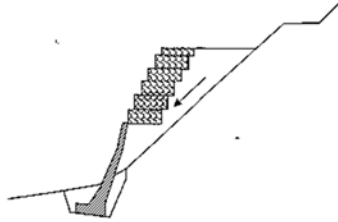
# 滑動深度及整治工法之關係



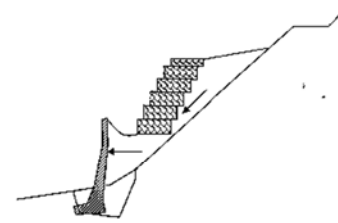
沒有一種工法是萬能的  
如何選擇最適對策及工法？

# 如何選擇合適的對策及工法？

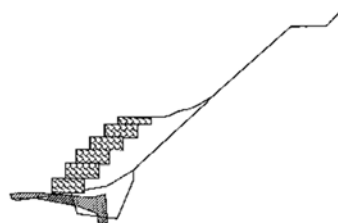
台灣省大地工程技師公會  
Taiwan Professional Geotechnical Engineers Association



步驟一、土石籠及填土沿原邊坡下滑



步驟二、擋土牆滑移前傾，土石籠及填土持續下滑



步驟三、擋土牆完全傾倒，土石籠及填土覆蓋牆體

圖 11-1 擋土牆崩塌步驟示意圖

台七線37k+212~4560段路基流失搶修工程 災變原因評估報告書

19





# 案例分享

訓練找問題及解決問題的能力

培養選擇「最佳對策」及「最適工法」的敏感度

以台24線莫拉克風災復健工程為例

# 前言

民國98年莫拉克颱風重創南台灣

台24線23.9k 40.7k，總長16.7k，30處災害點





# 關鍵問題

道路復健時程緊迫

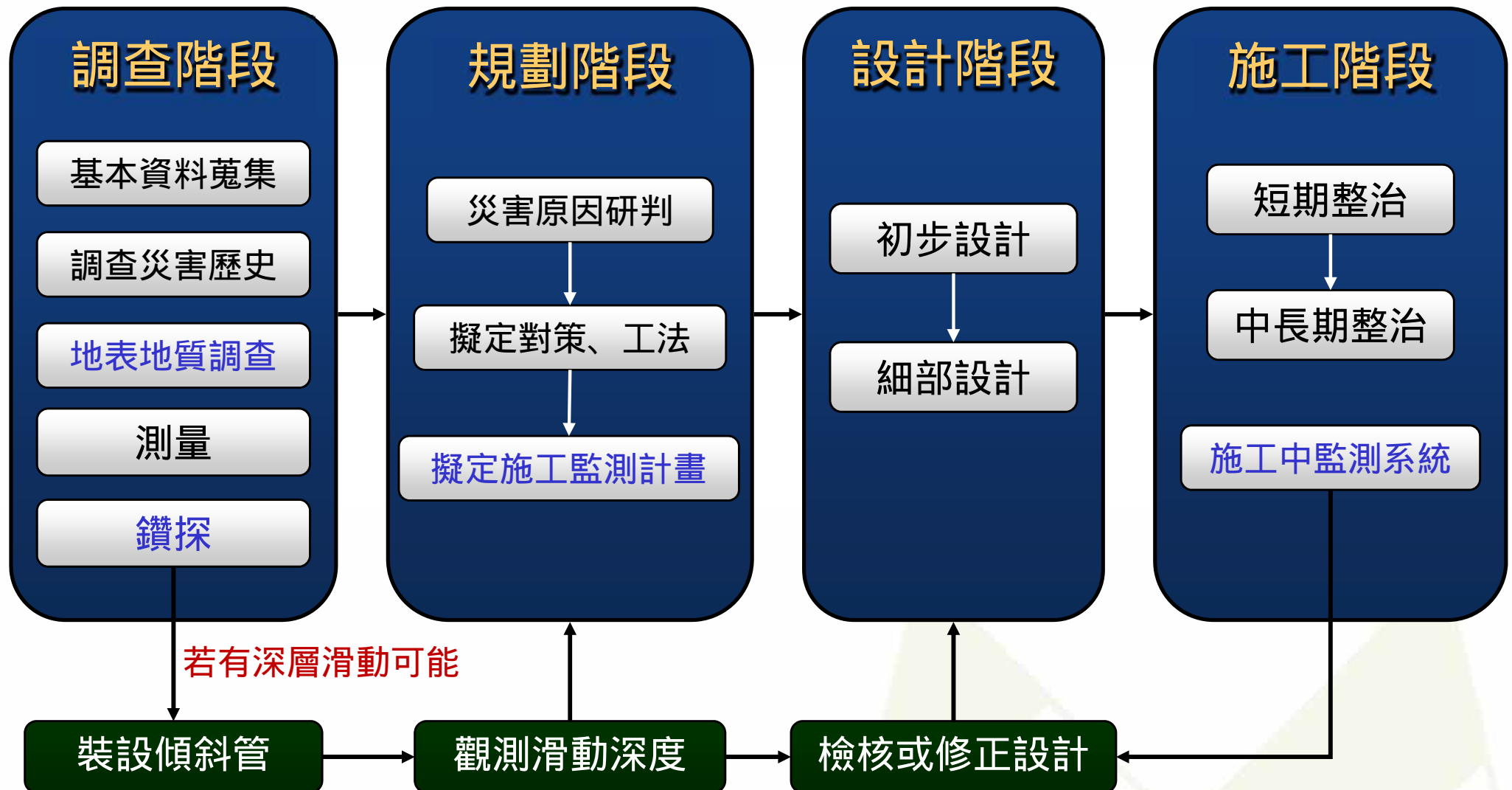
□ 如何釐清致災原因？



□ 如何研擬有效的對策及工法？

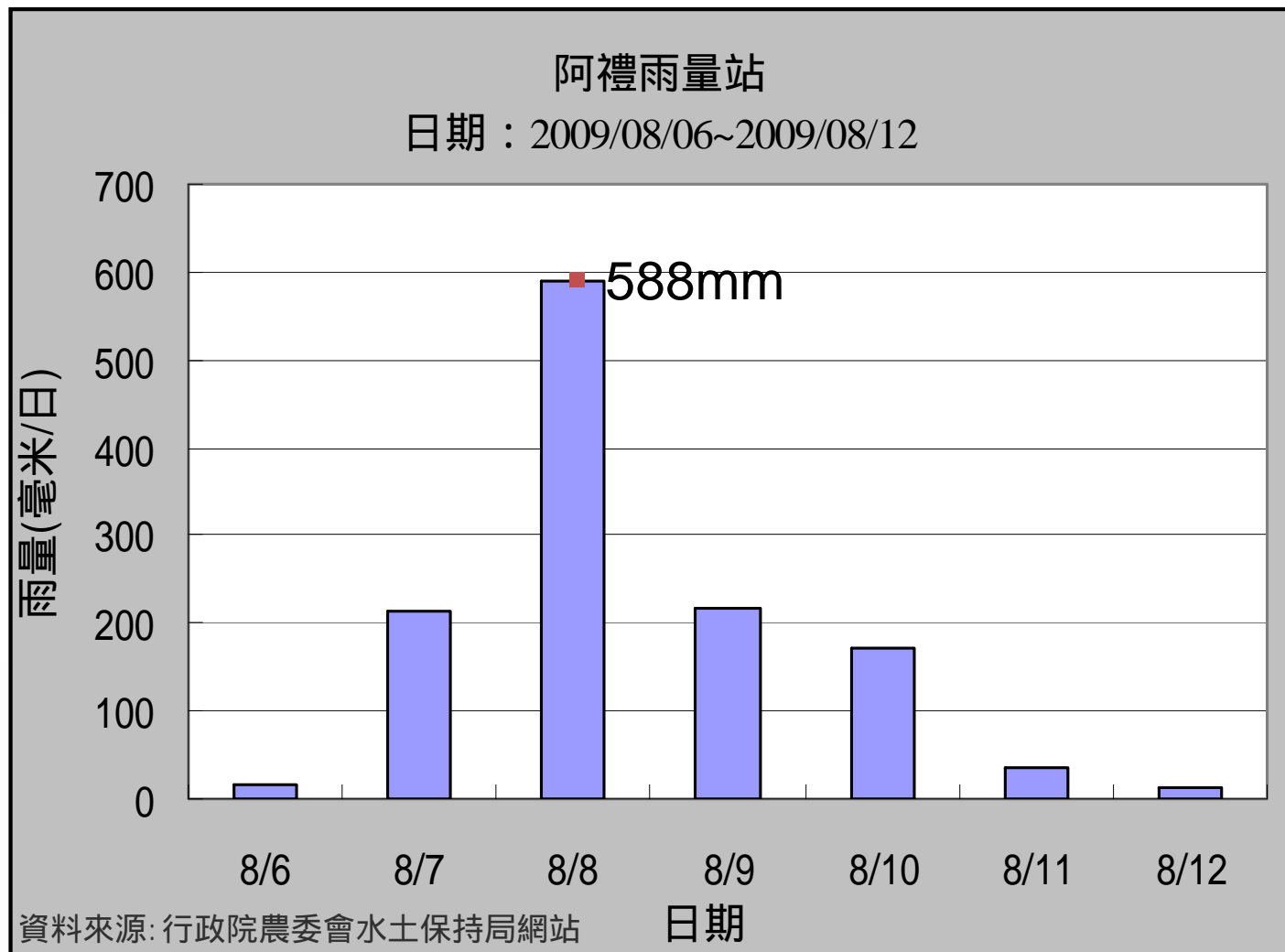


# 如何釐清致災原因？ 調查計畫





# 致災原因-雨量巨大且集中



莫拉克颱風累積降雨量1,227mm

# 地表地質調查-瞭解災害範圍及破壞機制

項目	航照判釋	地面測量	踏勘記錄	重要性
土地利用調查				重要
地表水文調查				重要
沖蝕溝調查				極重要
地表裂縫調查				極重要
坡面滲水及湧水				極重要





# 致災原因-地質及地形條件不佳





# 致災原因-上邊坡崩塌引起地表水漫流，造成路基缺口





# 致災原因-河岸侵蝕



(路基與河谷高差約200m)



# 調查結果彙整-土石災害型態分類

對策、工法  
擬定重要參考

山崩



地滑



土石流



河岸侵蝕





# 如何研擬有效的對策及工法？

災害原因

提出對策

工法選擇

小型崩塌 或排水不良 (約13處)	避免雨水或地表水滲入，造成 崩積層或風化層崩落	保護坡面及改善排水設施
地滑或大型崩塌 (約9~11處)	需先釐清滑動深度及範圍，再 選擇適用工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 以監測儀器調查滑動深度</li> <li>● 短期以恢復交通功能為主</li> <li>● 中長期依監測結果修正整治</li> </ul>
土石流	以改線避開為原則，或無害通 過	橋樑或明隧道
河岸侵蝕	加強護岸保護或野溪治理	野溪治理

□ 短中期：道路復健為主

□ 長期：改善邊坡穩定

心法：沒有一種工法是萬能的  
因地制宜

# 路線及道路設計考量

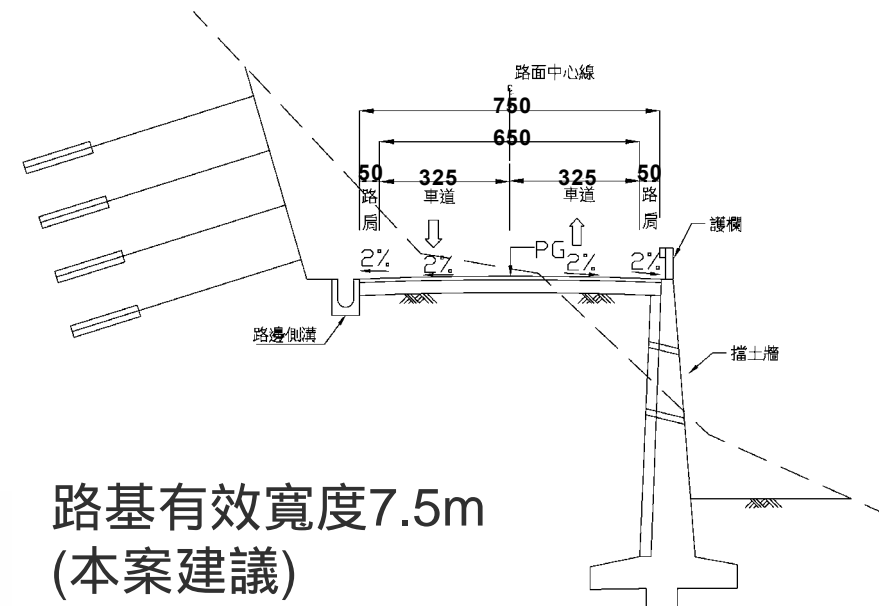
❑ 線形需符合山嶺區五級路 ( 契約要求30km/hr , 路寬9m )

❑ 為避免大幅改變原地形 , 故建議

- 依現有災修路形進行設計
- 最低設計速率20km/hr
- 最小車道寬採3.25m或更低

縮減路寬 , 減少所需之挖填方

公路等級及地形區分		五級路山嶺區	
設計速率(km/hr) <sup>1</sup>		20	30
車道寬(m)		3.25或更低	3.5
路肩(m)		0.25-0.5	0.5-1.0
車道數		2	
平面曲線最小半徑 Rmin(m)	E <sub>max</sub> =0.04	15	35
	E <sub>max</sub> =0.06	15	30
	E <sub>max</sub> =0.08	10	30
	E <sub>max</sub> =0.10	10	25
同向曲線最短長度(m)		25	40
複曲線每一圓曲線段最短長度(m)		10	20
最大縱坡度(%)	一般情況	12	11
	需要機械通風設施之隧道	以小於 2%為宜	
	無需機械通風設施之隧道	以小於 3%為宜	
合成坡度最大值(%)		13	12.5
豎曲線最短長度(m)	凸型	1 G 3 G	12 20



心法：減少對自然條件的改變量

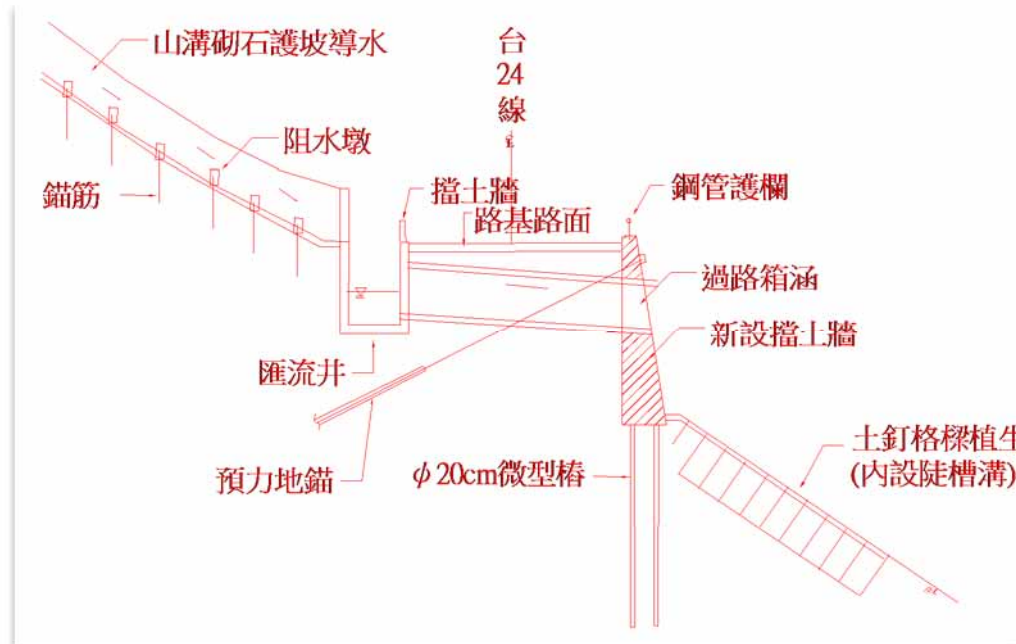


# 整治構想

- 小型崩塌或排水不良
- 舉例路段：26k+820~+850



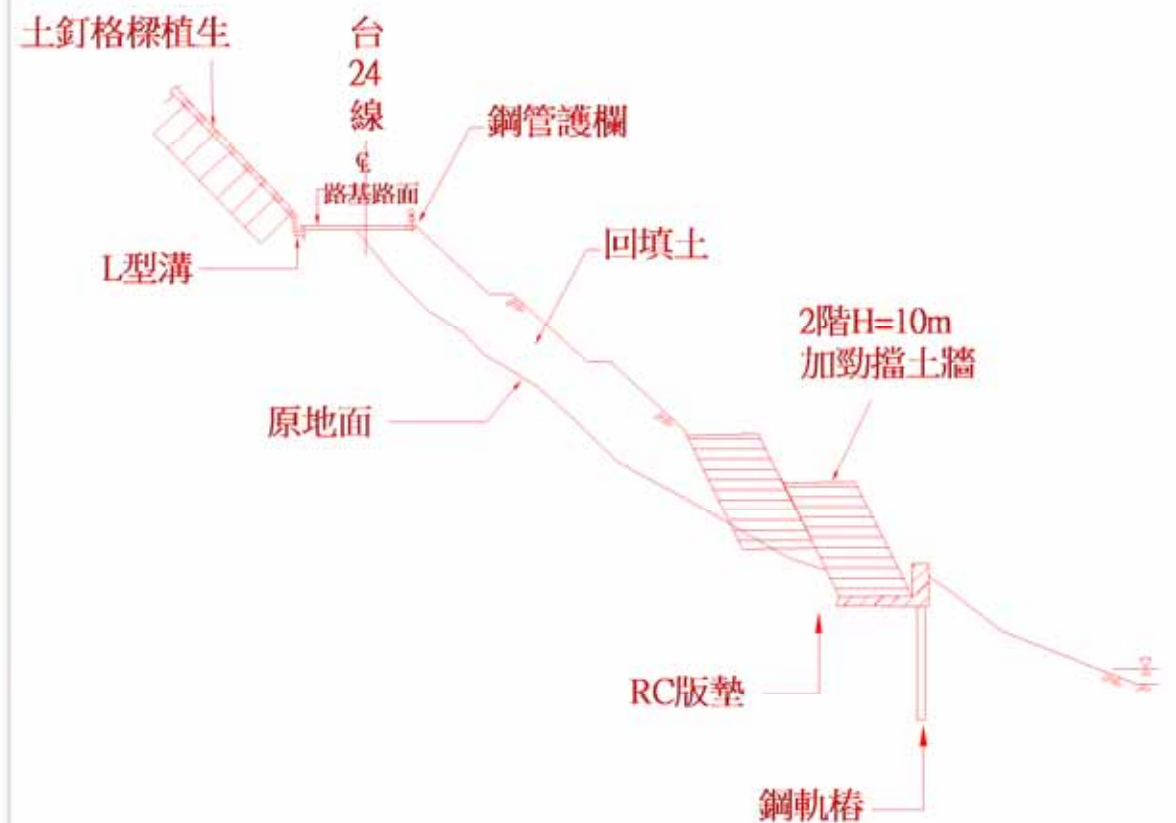
- 坡面保護
- 地表排水



**心法：地表水及地下水排水措施須兼顧**

# 整治構想

- 坡趾河岸侵蝕
- 舉例路段：28k+020~+250

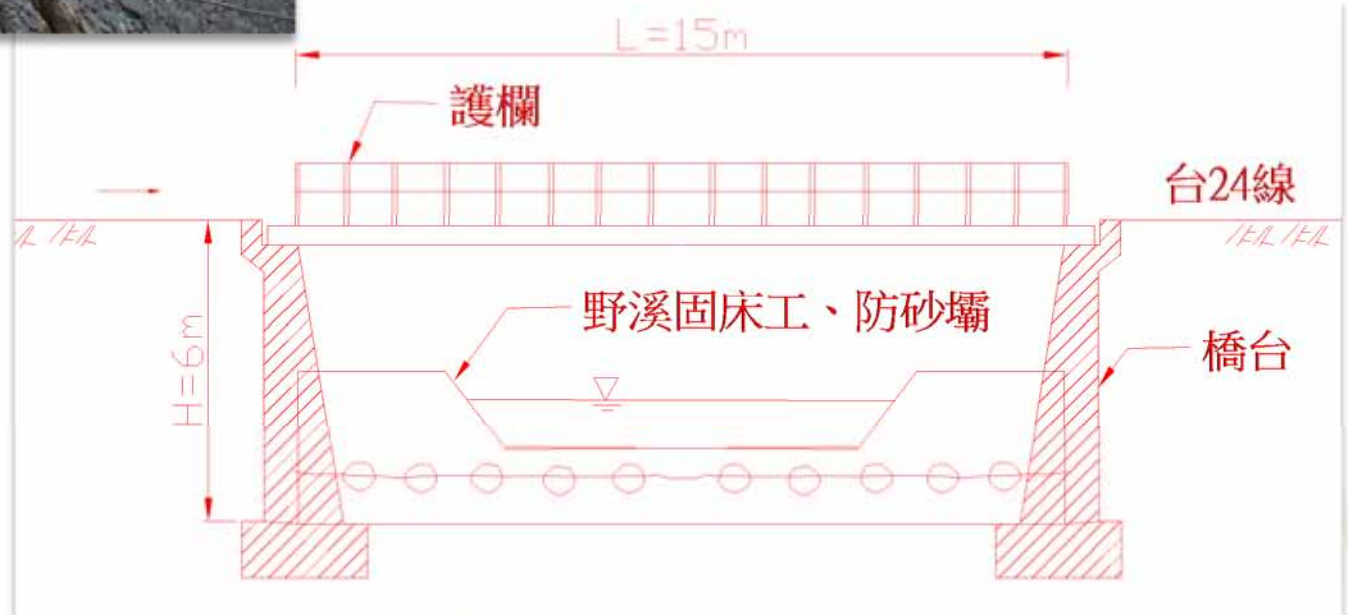


- 坡趾、坡面保護
- 地表排水



# 整治構想

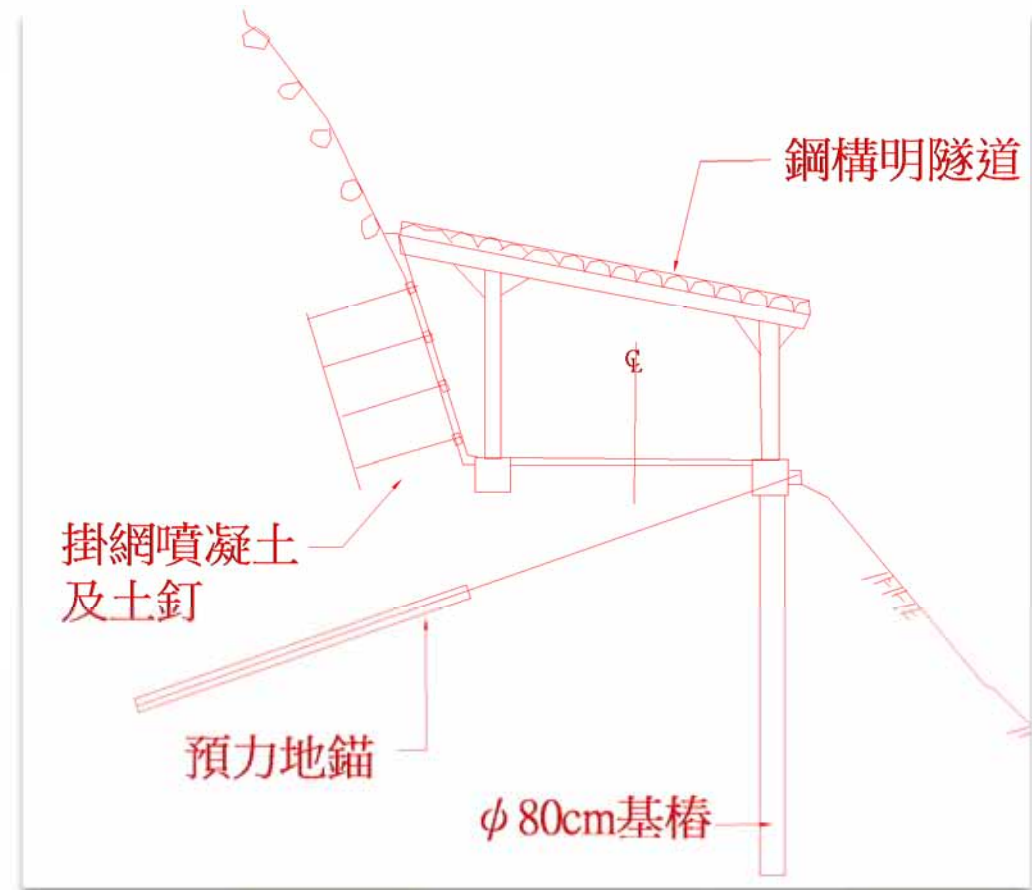
- 土石流
- 舉例路段：33k+720~+800



- 橋梁工法 (避開)
- 野溪治理 (主動防護)

# 整治構想

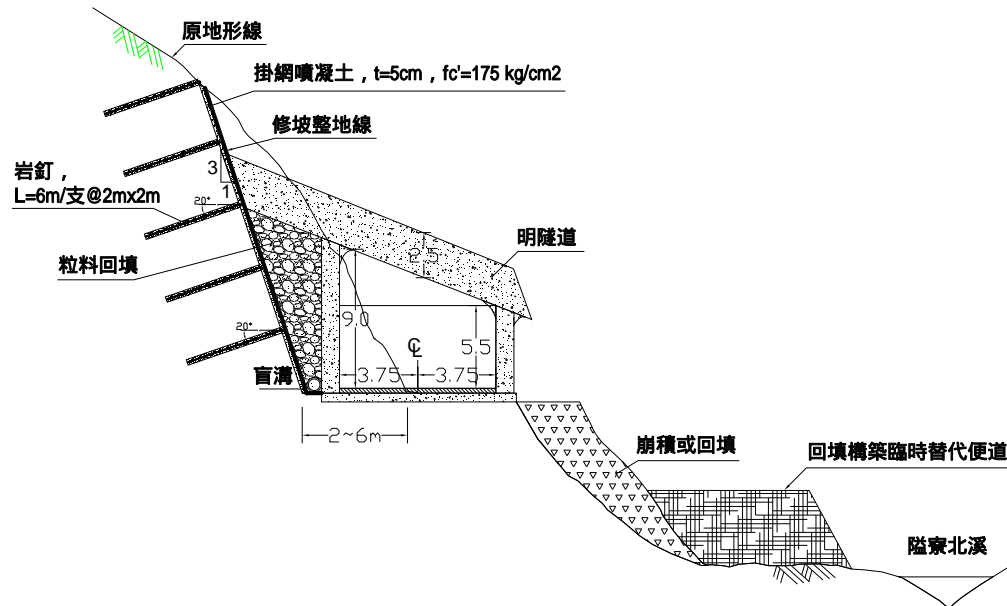
- 土石流、地滑？
- 舉例路段：37k+120~+215



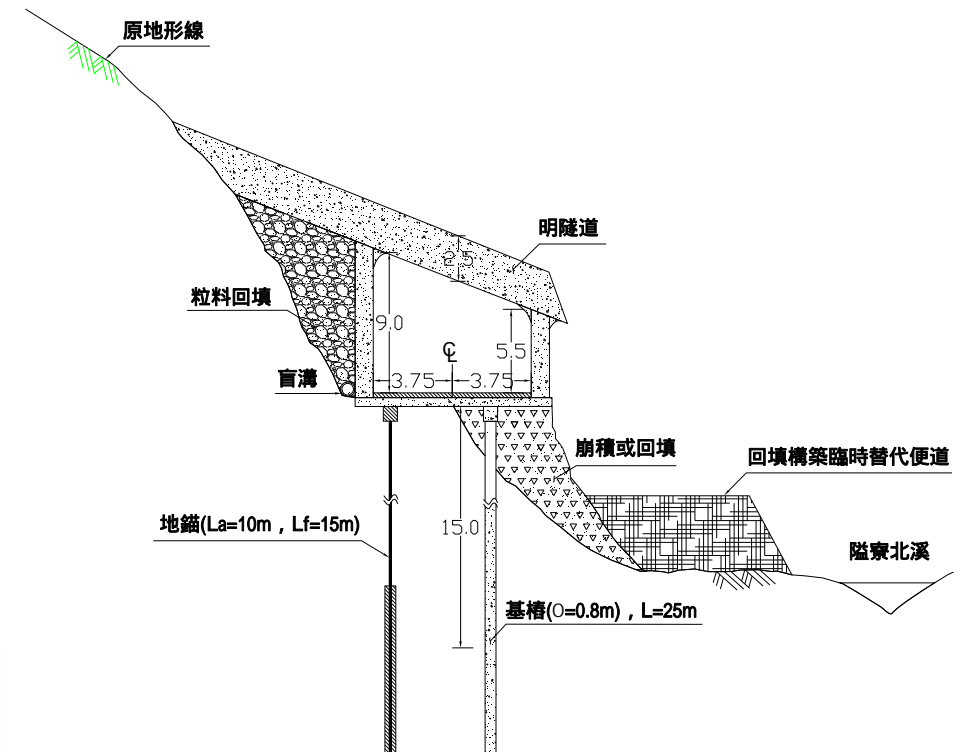
- 短期先恢復交通功能
- 長期以明隧道無害通過  
(釐清有無深層滑動可能後)



# 明隧道工法考量



地形陡峭、地質條件較佳

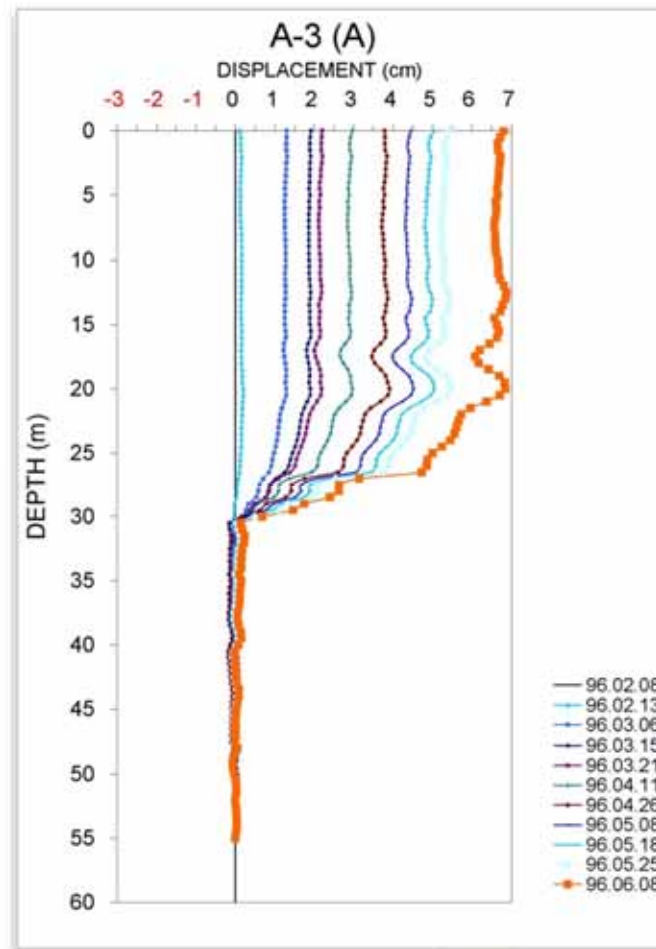


地質條件較差、溪岸侵蝕  
需考慮整體邊坡穩定

# 地滑或大型崩塌

滑動深度越深，  
傳統擋土工法仍有效？

- 短期先恢復交通功能
- 中長期依觀測結果修正原設計，或規劃中長期整治工程



利用傾斜管觀測  
掌握邊坡有無滑動趨勢



# 潛在地滑區

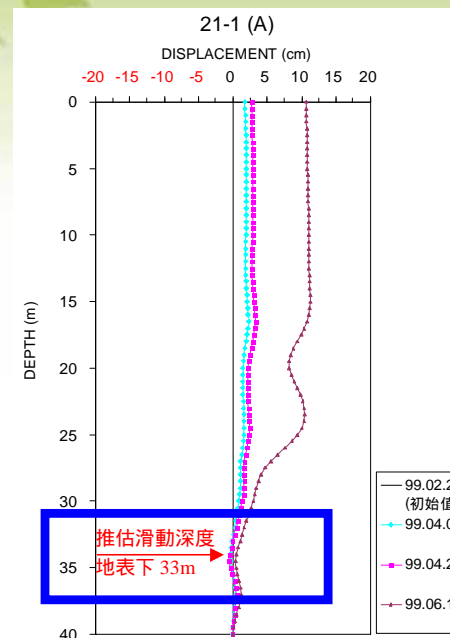
- 舉例路段：35k+450~+580
- 滑動範圍初估約4公頃





# 99年災害範圍擴大

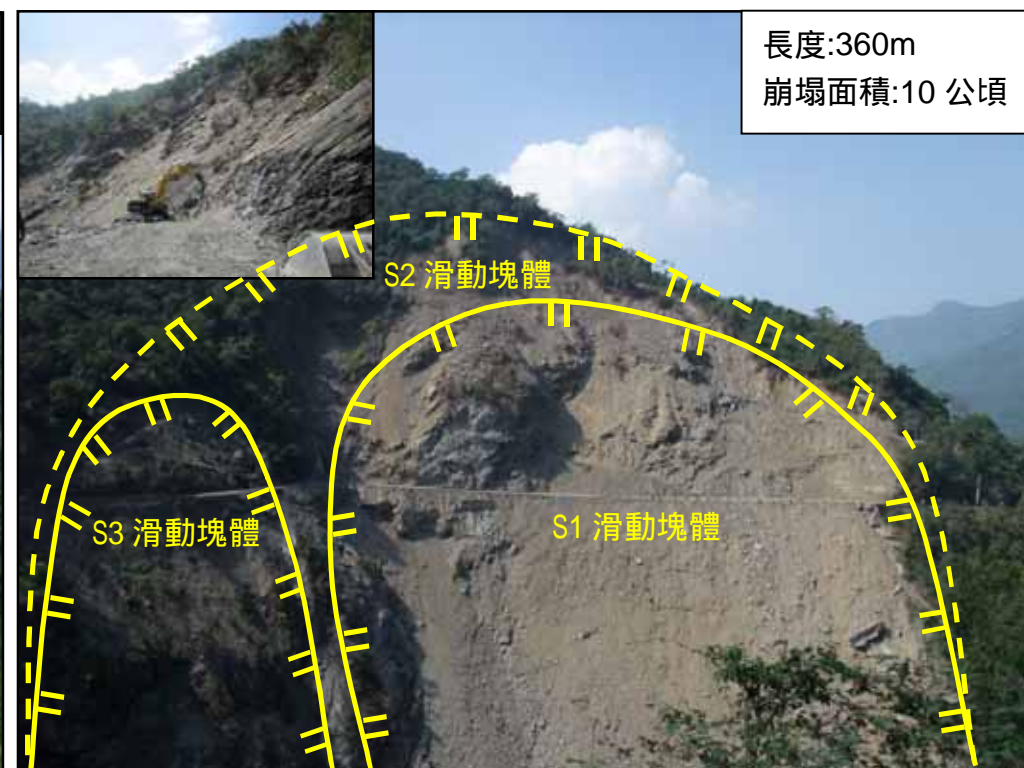
- ❑ 災害路段：150m → 400m
- ❑ 崩塌面積：4ha → 10ha
- ❑ 可能滑動深度：33m
- ❑ 後續如何處理？



傾斜管觀測期間  
99.2~99.6



99.7 ( 凡那比颱風前 )



99.11 ( 凡那比颱風後 )



# 滑動深度及整治困難度

滑動分類	滑動深度 (m)	可能致災原因	主要整治對策或工法	配合工法	整治困難度
淺層滑動	小於3m	1.地表逕流沖蝕	1.各種植生工法：如打樁編柵、噴植等 2.地表排水	-	大都可一次整治 (工期1年以內)
中淺層滑動	3~10m	1.擋土牆斷面不足 2.回填土層太厚 3.地表排水設施不良	1.重力式擋土牆、懸臂式擋土牆或土釘工法、加勁工法 2.地表或排水設施	1.植生 2.地表排水	找到原因 大都可一次整治完成 (工期1年以內)
中深層滑動	10~30m	1.具不利岩層位態或弱面 2.具不利地質條件	1.抗滑樁、錨拉式擋土牆 2.地表截排水設施	1.地表排水 2.地下排水 3.監測	要進行調查及監測 (工期約1~5年)
深層滑動	30~50m	1.滑動深度太深。 傳統工法無法擋土 2.具特別的地質或地下水條件	1.地下水排水工法 2.抗滑樁或錨拉式擋土牆 3.監測	1.地表排水 2.植生	要進行調查及監測 (工期約需3~10年)
極深層滑動	50m以上	1.具特別的地質及地下水條件	1.避開 2.地下排水工法 3.抗滑樁 4.監測	1.地表排水 2.植生	1.要進行詳細的調查 監測及成效追蹤 2.所需經費甚大 (工期須10年以上)

**規模越大，滑動深度越深，整治困難度越高，工程經費越大**

# 結語

## □ 沒有一種工法是萬能的

必須進行詳細之調查後，再整治，否則失敗機率甚高。

## □ 減少對自然條件的改變量

## □ 地表水及地下水排水措施須兼顧



# 簡報結束，感謝聆聽