

山區道路災害 常見的問題探討

吳文隆／台灣世曦工程顧問股份有限公司大地工程部協理

摘要

臺灣地狹人稠、地形陡峭、山高水急、地質破碎、雨量多、降雨強度強、地震作用活躍、颱風多，天然災害發生機率很高。尤其是山區道路所面臨之挑戰更甚於其他之公共工程設施，每逢颱風來襲或地震發生時，不時傳來落石、山崩、土石流、洪水對山區道路所造成之災害相當多，對國計民生影響更鉅，如何減少災害之影響，實為當前重要課題。本文收集過去山區道路災害常見的問題與缺失，加以整理歸納，從規劃設計、調查作業、地質因素、排水、擋土設施、邊坡、地錨、道路、橋梁、河川護坡、隧道等方面加以探討與分析，並進一步說明工程設計考量重點，以便提供工程界後續類似工程之參考，將災害影響降至最低。

Abstract

Taiwan possess the characteristic of dense population, narrow and steep terrain, high mountains and swift rivers, fracture Geology, considerable rainfall and heavy rainfall intensity, active earthquakes, many typhoons and a high probability of natural disasters.

Rockfalls, landslides, mudslides and floods have often taken place after typhoon or earthquake attacked.

The disasters have a great influence on people's livelihood so that how to reduce the impact of disasters is an important subject so far.

This article collected common problems and defects occurred in the past mountain road disaster. Also, discussions and analyses have been implemented in terms of planning and design, survey operations, geological factors, drainage, retaining facilities, slope, anchor, roads, bridges, river revetment and tunnels, etc. A further explanation regarding key considerations of engineering design is included.

It is expected that the description provided in this article can be served as a reference basis of similar engineering practices in the near future and minimizes the impact of disaster.

概述

臺灣山區地形陡峭，地質破碎，颱風豪雨，挾帶大量降雨量，造成河川沖刷與嚴重淤積。山區之道路地處偏遠，除受地形縱坡及氣候之條件，限制設計與施工之困難甚於平地。加上近年來全球氣候變遷及極端氣候影響下，山區經常發生落石、山崩、土石流災害，造成山區道路之路基、邊坡、擋土牆、護岸、橋梁、隧道等設施之損壞，交通中斷，形成孤島效應，對人民之生活、生命、財產影響至大且鉅。如何建構安全之道路，乃為當前最重要的課題。

山區道路之設計、施工及維護均較一般平地道路困難，問題也比較多，牽涉範圍也比較廣，所需之技術經驗也比較高。如何從過去災害原因，經過詳細分析與檢討改進，獲得寶貴的經驗，必能將發生問題災害降至最低。所謂前車之鑑，後事之師，本文收集許多山區道路工程案例，無論新建或災害復建工程，常見之問題與缺失，並加以整理分析，以利後續工程之參考。

常見的工程缺失與問題

山區道路位處偏遠，交通運輸困難，地形、地質及環境特殊，也較容易受自然環境條件所影響，所以發生之災害也較多。茲就國內山區道路工程計有路工段（路堤、削坡、半挖半填、路塹）、橋梁段、隧道段、臨水路段等不同結構型式，其常見的工程缺失與問題，經資料收集、整理與統計，從規劃設計、調查作業（包括測量、地質鑽探、監測）、地質因素、排水工程、擋土設施、邊坡、地錨、道路工程、橋梁工程、河川護岸工程等方面，分別加以說明分析，介紹其常見之問題與發生之災害。

規劃設計方面

山區道路災害復建工程於規劃設計方面，常見缺失包括：

1. 設計標準、規範引用不正確或使用舊版本。
2. 分析參數採用不合理。
3. 作用力（地震力、載重、風力等）考量不周詳或低估。
4. 分析模式不對或與學理相悖；公式套用不正確。
5. 分析計算過於粗略，過程不完整。
6. 設計未針對實際需求與條件進行，以致設計成果，無法符合現地情況。
7. 復建工程未進行致災原因調查分析，未掌握真正致災問題，以致設計成果無法消除破壞因素，造成日後可能重複致災之現象。
8. 設計人員未親赴現場調查，無法掌握現況與瞭解，隨意套用標準圖，以致規劃設計與現場差異大，無法施工情形。
9. 設計人員使用特殊材料、工法，僅有一家廠商生產材料、專利工法，造成綁標。
10. 材料費用未進行訪價，預算編制不合理。

調查作業

山區道路復建工程中，常見之調查作業缺失如下：

● 測量工作

1. 地形測量資料與現地地形不符合。
2. 地形圖檔座標系統採用 TWD67 舊系統。
3. 道路或河道斷面測量，並未實際進行現地實測，而以地形圖資料，直接切剖面而得斷面資料，與現地不符合。
4. 控制點引用錯誤。
5. 實施測量範圍太小，無涵蓋計畫全區（集水區範圍）。
6. 地形測量資料係採用災害發生前之舊資料，所以地形資料不符合。
7. 地形圖只有地形而無座標（二度分帶座標 N、E）。
8. 地形圖比例尺太小，無法精確設計或施工放樣之地形圖。
9. 測點過於集中、未均勻分布或於未於地形變化處增加測點，無法真實反應現地地形。

● 地質鑽探工作

1. 計畫區未進行地質鑽探工作，設計沒有依據。
2. 地質鑽探孔數不足，孔深未深入穩定之岩盤或不滑動之深度。
3. 滑動剖面上未配置地質鑽探孔，且未配置二孔以上

之鑽孔，以茲比對及研判滑動面。

4. 土壤、岩石試驗項目與數量，未能滿足設計需求及規範之規定。
5. 鑽孔位置配置不當，過於集中某處，無法涵蓋全區，取得完整之地質狀況。
6. 地質調查方法不恰當，作業過程草率，試驗取樣品質不佳。
7. 地質鑽探柱狀圖，岩心之描述不確實。
8. 地下水水位調查，測量時間甚短，無法確實獲得長期及短期之可靠地下水位。
9. 地下水質、地下水流量、地下水流向、地下水流速，未依需求進行調查。

● 監測工作

1. 地層滑動剖面上，未配置地中傾斜管，傾斜管未深入滑動面以下之穩定地層。
2. 地下水位未長期連續觀測，並分析其與降雨量之關係。
3. 電子式水壓計設置深度錯誤，宜安裝於透水性高之地層或岩層。
4. 地下水位觀測井深度太淺，以致量測不到地下水位。
5. 孔內傾斜管與鑽孔間之回填材料未填實，以致 ABS 管與地層未完全密接，影響其準確性。
6. 傾斜管安裝方向未與滑動方向一致，以致量測資料不正確。
7. 地下水位觀測井井口高度低於地表，以致地表逕流流入，積蓄孔內，影響地下水位之正確性。
8. 地下水位觀測井，未做好濾層，以致土砂滲入或阻塞，而影響地下水位之變化。
9. 地下水位觀測井位置與傾斜管位置未能整體考量，以致無法分析之穩定性。

地質因素

道路通過下述地質較差區域及地質敏感區，若未妥適處理，則災害較易發生。

1. 崩塌地（包含舊崩塌地）
2. 順向坡
3. 地滑地
4. 砂頁岩互層
5. 泥岩受雨水沖刷，形成沖蝕溝及土石流
6. 紅土礫石層
7. 破碎帶、剪裂帶、斷層活動帶

- 8. 軟弱黏土層
- 9. 落石區或崖錐堆積區
- 10. 土石流／泥流及其扇狀地
- 11. 岩屑崩滑區
- 12. 地層下陷區
- 13. 向源侵蝕區及其上游
- 14. 洪泛影響區
- 15. 高回填區、廢棄物回填區、廢棄礦渣堆
- 16. 河川攻擊岸掏刷
- 17. 楔型破壞

排水工程

山區道路復建工程常見之排水工程缺失如下：

- 1. 排水溝斷面不足
- 2. 排水溝縱坡太陡
- 3. 排水結構體強度不足
- 4. 排水溝龜裂、破壞
- 5. 排水溝材料選用不當
- 6. 排水水溝頂高於地表面，地表逕流無法順利流入，造成地表逕流亂竄
- 7. 排水溝結構物回填不實
- 8. 排水溝流末工未消能處理（無尾溝），而沖刷基礎
- 9. 橫向排水箱涵數量不足，造成水流溢出
- 10. 排水箱涵斷面太小，遭漂流木、土石阻塞，影響排水功能
- 11. 排水溝消能設施未設置，而沖刷坡面
- 12. 區域外緣邊界未設置截水溝，邊坡沖刷
- 13. 排水系統未設置沉砂池、集水井
- 14. 彎道處排水溝，因水流直進性漫溢路面
- 15. 排水系統未導至區域排水系統內
- 16. 排水系統未維護阻塞，影響排水功能
- 17. 排水溝位置設置於高處，水流不易流入，設置不當
- 18. 排水管濾料設置不當，造成橫向排水管阻塞，無法順利排水

擋土設施

山區道路復建工程常見擋土設施之缺失情況如下：

- 1. 擋土設施結構強度不足，配筋不足，溫度鋼筋量不足
- 2. 重力式擋土牆昇層間（水平），混凝土未設置剪力筋，受側向土壓力上下層間錯移
- 3. 擋土牆基腳承載力不足，而產生基礎承載破壞
- 4. 擋土牆因基礎軟弱而產生下陷、位移

- 5. 擋土牆水平抵抗力不足，產生水平滑動
- 6. 擋土牆傾倒破壞
- 7. 擋土牆位於滑動區而產生整體滑動破壞，如圖 1 所示。



圖 1 道路位於滑動區而破壞

- 8. 擋土牆牆背回填土夯實不足，而產生路面下陷
- 9. 擋土牆回填透水材料厚度不足，排水功能不佳
- 10. 擋土牆未設排水孔，或排水管數量不足，積蓄水壓力
- 11. 擋土牆基礎受雨水沖刷而掏空
- 12. 多階式擋土牆之側向土壓力計算低估及錯誤
- 13. 擋土牆未設置伸縮縫，造成擠壓龜裂
- 14. 擋土牆型式選擇不當
- 15. 排水溝或河岸保護護岸、護坡，以擋土牆型式設計，分析模式不對，設計錯誤，如圖 2 所示。



圖 2 河岸設施因被動不足而位移

- 16. 加勁式擋土牆回填材料以黏性土壤回填
- 17. 斜邊上採用加勁式擋土牆選用不當，滑動體重量增加，造成邊坡滑動。
- 18. 加勁式擋土牆預鑄版水平抵抗力不足，而鼓出變形
- 19. 邊坡擋土牆基礎未保護，受河川沖刷而掏空或河川土石淤積，河床面淤高，造成裸露邊坡受沖刷，而擋土牆基礎掏刷而破壞，如圖 3 所示。



圖 3 擋土牆因邊坡坡趾掏刷而破壞

20. 擋土牆轉角處受到三方面應力，接縫處未設剪力筋，產生龜裂而位移。
21. 擋土牆高度太高，側向力分量低估，因強度不足，而發生位移破壞，如圖 4 所示。



圖 4 擋土牆高度太高水平抵抗不足而位移

22. 道路拓寬開挖新舊地層介面，未妥善處理排水及做成階梯式之坡面，增加抵抗滑動之設置
23. 擋土牆牆面排水管之水流，未有效加以導排至區域排水系統
24. 擋土牆勁度不足，側向位移過大
25. 擋土牆長度不足，高度不足而產生邊坡崩塌
26. 擋土牆端部之側面未保護，以致土石崩落

自然邊坡及人工邊坡

1. 邊坡修坡超挖，坡度過陡，而產生滑動
2. 邊坡未植生保護，而產生坡面沖刷
3. 邊坡未分階段、設截流溝，沖刷破壞
4. 邊坡地下水過高，邊坡滑動
5. 邊坡受野溪沖刷及侵蝕
6. 邊坡未設截排水設施，造成邊坡滑動
7. 邊坡回填作業，未充分夯實
8. 邊坡裂隙未回填補實，地表逕流易入滲
9. 順向坡坡腳挖斷，形成不穩定
10. 邊坡坡腳之排水溝過深，失去側向抵抗，形成不穩定

11. 邊坡開挖不當
12. 於行水區填築邊坡
13. 邊坡坡面排水未考量
14. 邊坡受豪雨作用，排水不及而產生滑動

地錨

常見地錨之缺失問題如下：

1. 地錨鋼腱長期銹蝕的問題
2. 深入滑動面之錨碇段長度不足
3. 自由段灌漿不確實，灌漿未灌滿，形成空隙及裸露
4. 地錨預力損失
5. 地錨錨頭承壓板角度與鑽孔角度不合，形成折角
6. 地錨施做傾角過大，產生向下之拉力，不利邊坡穩定
7. 預鑄格梁錨座，因地層沖刷掏空而下滑，造成預力失效
8. 地錨檢查及維護未落實
9. 整體地錨護坡穩定性或抗拉力不足

道路工程

常見道路工程缺失如下：

1. 道路縱坡過陡，轉彎半徑太小
2. 道路路基未確實分層夯實
3. 道路路基、鋪面厚度不足
4. 道路邊溝排水不良，漫溢路面
5. 道路位於地滑區而滑動位移
6. 道路橫向排水不足或過度集中排水
7. 道路大挖大填，對地形改變太大
8. 未有效截水及排水，道路路面形成天然排水溝
9. 陡峻山區拓寬削坡不當
10. 道路拓寬半邊橋結構不穩定
11. 道路經溪溝受土石流沖毀
12. 道路路基過低，受洪水漫溢損壞
13. 道路下陷、龜裂
14. 道路路基流失，交通中斷，如圖 5 所示。



圖 5 邊坡滑動道路路基流失

- 15. 道路邊坡保護不足，落石、土石崩落掩蓋路面
- 16. 道路面排水，未向內側排放，以致直接沖刷道路下邊坡
- 17. 路面鋪築不良或欄未考慮排水開孔，造成局部積水

橋梁

- 1. 橋梁跨度不足，淨高不足，通洪斷面太小，如圖 6 所示。



圖 6 橋梁跨度與淨高不足

- 2. 橋梁之橋墩立於土石流溪溝中，受土石沖擊而損壞，如圖 7 所示。



圖 7 橋梁遭洪水、土石流沖毀

- 3. 橋臺、橋墩未做好保護，產生基礎沖刷而嚴重裸露
- 4. 橋梁型式研選不佳
- 5. 橋址位於攻擊岸或河道束縮處，易於沖刷而損毀
- 6. 橋址位於地質不穩定區域，易於產生破壞
- 7. 橋梁縱坡過陡
- 8. 橋梁橋面排水及集水未妥為處理，以致漫溢
- 9. 河道淤積，造成洪水沖毀橋梁
- 10. 橋梁因土石流、溪水暴漲，遭洪水沖斷，如圖 8、9 所示。



圖 8 橋梁遭洪水、土石流沖毀



圖 9 土石流造成河床淤積



圖 11 土石流直進性沖毀學校房舍

11. 河道刷深，造成橋梁基礎裸露
12. 洪水沖刷基礎橋台背牆位移破壞
13. 翼牆與橋台旁防洪牆共構基礎遭洪水沖刷破壞
14. 洪水挾帶石塊、漂流木撞擊大梁，大梁損毀
15. 橋梁之伸縮縫型式設計欠佳，無法滿足需求

河川護岸

1. 水路流速過大，使護岸基腳掏空或沖毀，如圖 10 所示。



圖 10 護岸基礎掏刷而破壞

2. 水路流速過大，護岸面被異物撞擊損毀，堤防破壞
3. 河道未導流及消能
4. 潛壩、梳子壩基礎未座落於堅實地盤上，或兩側翼牆未嵌入岩盤，易於掏刷破壞
5. 護岸基腳未做妥適之保護工（如鼎形塊、菱形塊，固床工、丁壩…）
6. 河道護岸斷面太小，造成洪水溢流
7. 河道護岸線形太彎，因水流直進性，無法渲洩，造成溢流沖刷，如圖 11 所示。

8. 河床固床工未與兩側護岸連結（如剪力筋）
9. 河道坡度陡，未考慮水流消能設施
10. 護岸不連續，部分未保護，形成缺口，造成護岸損壞
11. 河道淤積或受支流土石流沖積扇堆積，阻礙河道，形成河道束縮或堰塞湖
12. 整地後護岸位於河道內，因洪水而沖毀護岸

明隧道、山岳隧道工程

1. 明隧道長度不足，造成洞口被土石掩埋，如圖 12 所示。



圖 12 明隧道長度不足洞口遭土石掩埋

2. 明隧道頂版斜度不足，土石積壓造成混凝土頂版破壞
3. 明隧道頂版未設緩衝材，落石之直接撞擊而破壞
4. 明隧道之下邊坡坡腳受溪水掏空而破壞
5. 明隧道受上邊坡側向力推擠，而造成樑柱結構之龜裂及損壞
6. 山岳隧道路線經過地滑區範圍，隧道受地層滑動而破壞
7. 隧道洞口位於凹澗谷地，形成水流、土石之沖刷
8. 隧道洞口位於溪流附近，高程不足，河床淤積，而形成河水倒灌

工程設計考量重點

災害復建工程

有關山區道路災害復建工程與新建工程不一樣，主要目的係恢復原來道路交通運輸之功能，研擬以何種方案之結構型式復建為首要課題。災害復建工程以原址復建為原則，故復建工程之道路線形將限制於既有路線附近，線形調整幅度較小。通常復建方案之研選必須視該路段之災害類型、災損範圍、地質條件、地形條件及排水情況等綜合考量。在進行設計之前，必須對現場進行調查與瞭解災損情形，說明災損之範圍及危險性之評估，並掌握破壞模式與致災原因分析，研擬有效解決方案後，消除致災原因，避免日後重複致災問題，並參考過去成功經驗，避免前述之缺失與問題，經相關單位核准，再進行復建工程設計及後續發包施工。

新建工程

有關山區道路新建工程，須依業主需求、環評承諾項目及設計標準、規範收集相關之資料與考量現場地質、地形條件、氣象、水文、生態、交通、人文等進行分析設計，避免過去常見之缺失之發生，並將

環境影響之干擾降低最低，避免大挖大填，儘量使土石方平衡，及就地取材，一般而言，依上述考量以橋隧型式對環境衝擊較小，為較佳之選擇方案，而路堤（塹）型式因挖填範圍較大，大幅改變地形植生及排水等情況，對環境衝擊較大可適度降低過比重，尊重大自然之永續工程。

結論

1. 山區道路工程困難度與複雜性較一般平地高，極易因未臻周詳設計或施工而發生損壞，甚至產生災害，必須審慎為主。
2. 山區道路對於導水、排水處理最為重要，尤其颱風豪雨，降雨量大，延時長，巨大的洪水或地表逕流對道路設施及邊坡之影響很大，極易因設計與施工未充分掌握，而產生損壞或災害。
3. 我國地狹人稠，山區道路之新建或復建，宜應注意過去常見之缺失與問題，加以檢討與分析，提供借鏡，避免再度發生。
4. 全球氣候遷及極端氣候影響之下，山區道路除設計時應將設計標準提高外，並以全生命週期之考量，施工完成後，平時加強維護及檢查，並確保道路工程長期穩定與安全。



高雄市結構工程工業技師公會

主要服務項目:

1. 特殊結構審查。
2. 既有建築物耐震能力詳細評估(含補強建議)。
3. 既有建築物耐震能力詳細評估審查。
4. 既有建築物耐震能力補強設計審查。
5. 公共工程設計審查。
6. 隔、減震消能系統之設計審查。
7. 工程鑑定，包含以下之項目:
 - (1) 工程損壞事件，建物結構安全及賠償費用評估。
 - (2) 房屋傾斜、下陷、龜裂之結構安全評估及鑑定。
 - (3) 災害(含震災、風災、水災及土石流等)後建築物結構安全評估及鑑定。
 - (4) 購買老舊建築物前之結構安全評估及鑑定。
 - (5) 災害後危險建築物緊急鑑定。
8. 施工品質之評鑑。
9. 協助民眾解決施工技术疑義、工程專業諮詢。
10. 舉辦相關訓練講習、研討會或專題演講。

- 理事 汪宏志
- 常務理事 吳惠聰 蔡人壽
- 理事 陳純森 楊澤安
- 林煇鋒 鄭東旭
- 陳慶輝 劉張欽彥
- 常務監事 陳裕賓
- 監事 林澄清 陳信村

台灣最具結構工程權威之
專業公會!!!
您可以信賴、倚重的結構
工程專家群!!!



引用照片，摘自高雄中鋼集團總部大樓



會址：高雄市前鎮區二聖一路288號5F-1
電話：07-7138518 E-mail：kse@mail@msahinet.net

參考文獻

1. 內政部營建署(2001)，建築物基礎構造設計規範。
2. 陳福勝、周功台、吳文隆(2008)，「大地工程之挑戰與對策」，中華技術，第77期，第25-29頁，財團法人中華顧問工程司。
3. 林銘郎、吳文隆、周坤賢、楊智堯、王景平(2008)，「臺灣坡地災害地理區位類型及整治案例探討」，中華技術，第77期，第42-53頁，財團法人中華顧問工程司。
4. 財團法人中華顧問工程司(2009)，2009莫拉克颱風八八水災橋梁勘災紀實。
5. 張荻薇、周功台、楊智堯、王仲宇、陳銘鴻(2009)，「高屏溪流域之公路橋梁與邊坡災害」，地工技術，第122期，第105-114頁，財團法人地工技術研究基金會。
6. 何泰源、吳文隆、蕭秋安、蔡立盛(2011)，「臺灣河川橋梁基礎問題與案例介紹」，地工技術，第127期，第29-40頁，財團法人地工技術研究發展基金會。
7. 林明華、何泰源、吳文隆、蕭秋安、蔡立盛(2012)，「河川公路橋梁基礎改善案例介紹」，中華技術，第93期，第44-59頁，財團法人中華顧問工程司。
8. 蔡宗成、吳文隆、蕭秋安、陳俊定、周坤賢(2012)，「莫拉克風災台18線59.1k路段坍方復建工程設計與施工」，中華技術，第93期，第96-109頁，財團法人中華顧問工程司。
9. 吳進興、吳文隆、蕭秋安、周坤賢(2015)，「極端氣候下公路邊坡災害復建工程設計探討」，中華技術，第105期，第160-173頁，財團法人中華顧問工程司。
10. 行政院公共工程委員會，公共設施災後復建工程災害查估紀錄及復建經費概估表。