

被忽略的隱形殺手-崩塌地橫渡

鍾昇融*

摘要

台灣戶外安全教育中結合繩結、確保、下降等技術內容之困難地形通過課程，一直是課程單位對外宣傳重點，多數學員也期望結訓後能將所學應用於戶外實際場域中，但因技術裝備體積大且重，加上台灣多數山徑中已存在許多拉繩，多數情況下均可安全通過，故攜帶技術裝備被多數登山者視為不必要之累贅。此外多數山徑垂直困難地形不多，但實際面臨崩塌地橫渡通過時卻與所學之攀登技術明顯不符，除為考取山岳嚮導檢定或從事攀岩與溯溪活動外，多數山友行走於百岳山徑中運用機會著實不多。

根據內政部消防署 104 年至 110 年山域事故統計，墜落事故共發生 204 件，佔求援態樣分析中 11%與疾病並列第四位，也就是每月平均有二至三起墜落事故造成傷亡，顯見目前山區架設的拉繩及教授之課程內容尚有調整空間。然而目前國內尚無針對山徑中拉繩之材質、種類、架設等進行探討與規範，多由山友自發性依照經驗進行架設；垂直攀登路段尚無明顯問題，當面臨崩塌地型需要進行橫渡通過時，拉繩產生的擺盪與分力問題加上無攜帶額外確保裝備，造成重裝登山者發生墜落事故。而現行困難地形通過課程中，對於橫渡確保及通過技術教學佔比偏低且過於複雜並與實際狀況不符，致無法有效防範墜落事件發生。

本文針對台灣山區路徑中常見的拉繩態樣進行記錄與分析，並提出材質、樣式與不同場域的基本架設概念及創新工法建議，搭配使用輕量化確保裝備及合適的通過技術，期望能降低山域墜落事件發生機會。

關鍵字

墜落事故、登山技術、登山教材、崩塌地型、登山拉繩、橫渡確保

* 臺灣戶外安全推廣協會副理事長、捷米樂單車有限公司負責人

被忽略的隱形殺手-崩塌地橫渡

鍾昇融

壹、前言

困難地形通過課程應該是所有上過健行嚮導訓或是登山安全研習課程的學員最期待的項目，其課程後所延伸的攀岩、溯溪等項目，都將困難地形通過課程*視為敲門磚，因此課程中加入了許多繩結應用、攀登確保、上乘下降系統轉換、傷患拖拉等內容。然而，看似紮實且豐富的訓練，在面對台灣特有的登山拉繩文化(Culture)下，大多數的危險地形都已架設好繩索，且登山者幾乎都能安全通過，因此自行攜帶繩索及確保器材便顯得絕對必要。

本文將探討目前台灣地區事故發生原因及步道路況概要，並針對常見的拉繩態樣進行記錄與分析，再檢視現今施行的困難地形通過課程內容與現地所產生的落差。在繩索管轄單位尚不明確的情況，拉繩文化又無法在短時間內消失，建立一套符合力學邏輯，且能真正達到防墜功能的繩索架設方式，便顯得相對重要；其中崩塌地橫渡因地形破碎而無穩定固定點，登山者面對此地形時往往只能依照自身過往經驗與運動能力通過，因此學習及使用一套安全且容易學習的通過技術，是現在國內登山者應該要認真面對的議題。

貳、山域事故分析

依據內政部消防署 104 年至 110 年山域事故態樣分析統計中，墜谷（墜崖）事件共發生 204 件，共佔發生比例 11%；也就是 7 年間每年約發生 29 件。墜谷身亡事故中，高危險山域前三名分別為玉山、雪山及品田山。

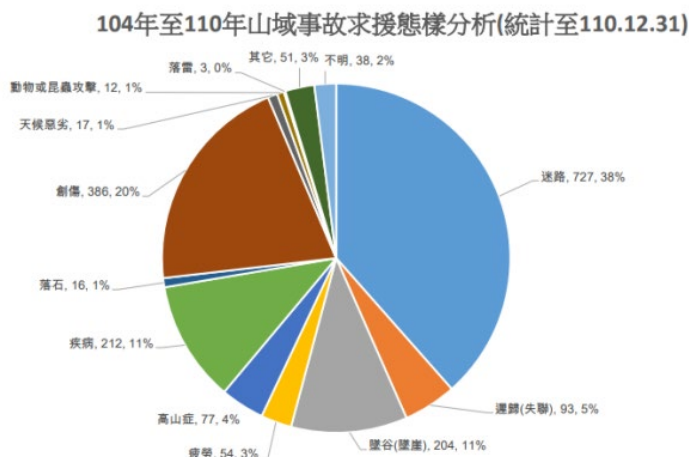


圖 1

表一、109 直轄市、縣（市）消防機關 109 年執行山域意外事故救援原因統計表

案件別	迷途	遺失	疲勞	高山症	疾病	落石	創傷	天候惡劣	動物昆蟲攻擊	落雷	其他	不明	合計
臺北市	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	8
新北市	47	2	1	7	0	9	0	14	0	1	1	3	85
桃園市	14	0	0	2	0	2	0	3	0	1	0	2	24
臺中市	38	0	2	2	1	16	0	18	0	1	0	0	78
臺南市	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
高雄市	3	1	1	0	0	4	0	6	0	0	1	0	16
基隆市	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
新竹市	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
嘉義市	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宜蘭縣	2	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	5
新竹縣	20	0	2	0	0	2	0	7	0	0	0	0	31
苗栗縣	14	0	2	1	2	1	2	10	0	0	0	2	35
彰化縣	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
南投縣	18	6	14	1	13	4	0	10	0	2	0	0	68
雲林縣	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
嘉義縣	10	0	6	1	1	6	1	5	0	0	0	2	32
屏東縣	12	2	4	1	0	3	0	4	0	0	0	0	30
花蓮縣	6	1	5	1	1	2	1	13	1	0	0	3	34
臺東縣	2	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7
澎湖縣	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金門縣	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
連江縣	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	191	14	39	16	18	50	4	93	1	5	1	13	455

圖 2

(資料來源：內政部消防署)

109 年直轄市、縣（市）消防機關 109 年執行山域事故救援原因統計表中，墜谷事件統計共為 39 件，為全年度統計件數中第三位。墜谷事件統計中以南投縣 14 件最高，嘉義縣 6 件次之，花蓮縣及屏東縣分別為 5 件及 4 件。太魯閣國家公園各山區山域救援通報地點及救援類型分析中顯示，108 年及 109 年分別共發生 4 起墜崖事故；玉山國家公園管理處 109 年山難事件數為 46 件，墜崖事故共發生 14 件，佔整體比例 30%，其中墜崖身亡者高達 5 位；雪霸國家公園管理處 111 年 1~3 月雪季期間共通報 10 件山難事件中，墜谷事件共發生 6 件，為該園區近 10 年來雪季山難意外次數最多一年。

而在 84 年至 94 年間台灣山區事故統計（鄭安晞，2012），墜崖與滑落事故共發生 32 件，佔事件比例 20%，同樣是佔據事故統計數中第二位。由上述資料顯示，墜落、墜崖事件已存在台灣山難事故中許久時間，而隨著週休二日及山林開放等政策，參與登山健行運動人數逐年增加，相對地墜崖事故發生件數也從每年 3.5 件激增為每年 29 件，故全台每個月平均發生 2.4 件。玉山國家公園統計山域意外事故，墜落雖只佔意外事故的 9%，但其中有近 7 成都會死亡（全國登山研討會，2016），顯示墜崖事件發生時具有相當高風險的死亡率。

參、台灣登山步道路況概要

依據「雪霸國家公園災害敏感地區之調查與防範研究」中指出，國家公園壯麗之自然山川景致常伴隨險峻地勢，因此遊客須承擔一定程度之風險。災害管理上，降低遊憩風險的方法是清查、標示和傳遞園區內災害風險之地理位置、風險類型、風險等級等（內政部營建署，1998）。因此，如能清楚描述揭露步道資訊，供民眾出發前取得相關知識、自身應具備能力及攜帶安全確保裝備，降低因難易度認知落差而產生的風險，目前台灣地區民眾可查詢步道難易度分級系統有：

1. **林務局山林悠遊網**：自然步道難度等級，1 至 5 級。
2. **台灣登山申請一站式服務網**：國家公園步道系統分級，第 0 級至第 6 級。
3. **健行筆記**：路線基本資料難易度，低、低中、中、中高、高共五級。

上述所制定的難易度等級雖不完全相同，但都是以步道中可能的路況、環境、天數、坡度、崎嶇狀況等進行分類，而林務局分類的則另加上海拔高度進行區隔，並於步道資訊中說明路面狀況及地質敏感區範圍，林務局及國家公園兩處系統之文字說明不夠具體。

以大霸尖山登山步道為例，分別針對不同系統進行說明：

1. 林務局系統

大霸尖山登山步道難度等級為 4 級，文字說明：「部分路段需經過自然保護（留）區內須申請入園許可。部分路段路況較差，坡度較陡，但基本設施完善。路程為一天或一至三天」。

2. 國家公園步道系統

選擇不同的路線會有不同的難易度等級，如選擇首日住宿中霸山屋大壩線，登山路線難度等級為第 5 級，文字說明「步道位處偏遠山區，路徑較為原始，地形、氣候變化大而有較高潛在風險，一般行程約 3 至 5 天或以上，須有渡過困難地形準備」。如選擇首日住宿九九山莊之大壩線，登山路線難度等級為第 3 級，文字說明「步道位處較偏遠山區，路徑尚稱清晰但部分坡度升降較大、氣候變化大而有潛在風險，一般行程約 1 至 3 天」。

3. 健行筆記系統

大霸群峰（大鹿林道線）；難易度中-高；路面狀況：土路面、木棧道、砌石階梯；地形地貌說明「大霸尖山岩層由堅硬的石英砂岩和礫岩組成，不易被大自然侵蝕、風化，形成所見「沖天木」奇峰，四面懸壁寸草不生，外貌有如大酒桶。節理結構發達，表水容易透入岩層，加速風化。冬天結冰時，水體膨脹而有張力，加速岩塊崩落，形成攀登山頂潛在的風險」。

由上述各系統說明，可知大壩尖山因路線選擇不同，難度約落於 3 至 5 級或是中高級；但各系統均無明確揭露大壩尖山壩基下狹窄步道，及前往小壩尖山途中斷崖路及三角點前垂直攀登地形，僅國家公園系統中選擇首日住宿中霸山屋之大壩線，登山路線難度等級為第 5 級時有描述「須有渡過困難地形準備」，但一樣的攀登大壩尖山如果是選擇第 3 級大壩線則無相關之警示，顯示此難易度判定為單日距離為主，並非以地形困難度為依據。

當步道難度說明敘述錯誤或不夠明確時，就可能造成使用者誤判為一般城市常見的人造步道，進而選擇不適合之裝備或攀登不對等能力之目的地，導致墜落等意外事件發生。以國外挪威步道分級說明為例，「綠色等級」為柏油、礫石、林道、清楚的山徑。有人工建設輔助步行，平坦、無障礙物；不需過溪。「藍色等級」組成類似綠色步道內容，但可能有比較具挑戰性的路段；可能途經多岩場域但沒有困難的碎石坡地形；不需過溪。紐西蘭及瑞士更直接建議穿著的鞋子樣式（董威言，2020），具體描述才能清楚勾勒出各步道類型、地面型態、風險及適用裝備建議。

肆、困難地形之定義及崩塌地之危害

依據「雪霸國家公園災害敏感地區之調查與防範研究」中指出，自然遊憩區所見之災害性地形歸類為以下幾種：崩崖頂、崩塌區、斷崖、窄嶺、峭壁、碎石坡、崩壁下、斷崖道路等八種類（張石角，Chang, Shih-chiao, 1998）。駱昌宏等人(2003)則指出困難地形為：寬稜、密林、急流深潭、瀑布、峽谷、裸岩、斷崖、碎石坡、山崩落石等地形。因此我們可以將困難地形定義為「無法順利通過且具安全風險之區域」。

代號	類型	示意圖	特性說明	代號	類型	示意圖	特性說明	步道危險度分級	示意圖	特性說明
I	崩崖頂		崩崖頂常有張力裂隙，乃崖崩之徵兆，遊客或登山者誤入其間則有墜陷之虞。	V	峭壁		攀登峭壁，常遇鬆動岩石，攀附無處且下臨無地，極為危險。	(1)		再小心也很危險
II	崩塌區		登山步道經過活動崩塌區時，若突逢土石滾落則至為危險。降雨或地震時其機率尤大。	VI	碎石坡		高山碎石坡之陡者，人踩其上易生滑動，致不易控制身體平衡和腳步，頗具危險性。	(2)		小心也很危險
III	斷崖		路徑通過斷崖中腹，則其上、下坡皆為險坡，除上坡須防落石外，步道外緣也有崩塌之虞。斷崖步徑拓寬與改善皆不容易。	VII	崩壁下		溪流、瀑布多傍崩壁，而岩塊崩落無時，對崩壁下活動之遊客頗具危險性。洞內或洞口落石亦屬此類。	(3)		一不小心就很危險
IV	窄嶺		窄嶺上之步道左右兩側皆為險下坡，路基且多不穩，尤其高處風大、氣溫低，體力不濟者，風險尤大。	VIII	斷崖道路		可通車輛之道路通過陡坡區，路面窄而曲折，常遇上坡落石、下坡崩崖情形，彌增行旅危險。	(4)		一不小心就很危險
								(5)		安全，如有危險純因個人因素

圖 3 (資料來源：內政部營建署)

崩塌地形成原因主要為風化、地震及降雨(陳樹群等人, 2002), 尤其近年受極端氣候帶來的短時強降雨影響, 台灣許多登山健行路線都須經過大範圍崩塌地形, 雖然經由相關單位搶修後開通, 但因地質呈現不穩定狀態且無植被保護, 路徑持續受土石崩塌掩埋, 除有落石風險外, 行走寬度縮短及土石堆積使行走角度逐漸增大。人體腳踝活動角度蹠屈(Plantar Flexion)向下約 45 度、背屈(Dorsiflexion)向上約 30 度、外翻(Eversion)約 30 度、內翻(Inversion)約 20 度(Neumann DA., 2009), 當路面土石堆積大於腳踝極限角度時, 便會造成重心不穩。而「營造業安全衛生設施標準」也針對此風險進行作業規範, 當作業場所斜度大於 34 度及寬度小於 30 公分時即有墜落、滾落之虞應採取適當之安全措施(勞動部發展署, 2021), 因此通過路徑狹小且為大角度崩塌地形時需特別注意安全, 並應攜帶頭盔、繩索等設備。

伍、困難地形通過課程與現況分析

困難地形(Difficult terrain)一詞在最早出現於軍方單位為軍事用語, 1960 年國軍決定創立仿美軍遊騎兵學校 1960 年, 派員至美國步兵學校(United States Army Infantry School)受步兵訓與空降訓, 並於 1961 年(民國 61 年)於國防部步兵學校成立突擊兵幹部訓練班。高紹陞於 2018 年大專登山研討會成大山協簡史中提到「1976 年救國團首次在谷關舉辦大專學生登山安全研習營」及吳夏雄於 2014 全國登山研討會中指出「民國 74 年間教育部委由救國團舉辦登山安全研習營」, 均表示當時的登山安全技術之內容來自於當時隸屬於國防部轄下之救國團中, 再依據國軍現行登山教育訓練簡介(鄭僥龍, 2001)對照美國突擊兵手冊(U.S Ranger HANDBOOK)內容大致相同, 且內容豐富且精實, 由此可判斷當時由救國團指導之「困難地形通過課程」大多源自於軍方山地作戰訓練系統並擷取適當之內容進行授課。

民國 101 年公告廢止之登山嚮導員授證辦法第 3 條，健行嚮導員：具備從事郊山、中級山及三千公尺以上高山等健行活動之嚮導專業技能者。攀登之等級以北美優勝美堤系統(YDS)界定，為自由攀登級數達四級者。新版 111 年山域嚮導術科檢定規範說明及檢定原則中，「繩索與確保系統操作」單元中有基礎繩結及困難地形通過，後者內容有：1.繩索架設與應用；2.基礎確保兩個項目。

由歷史脈絡中可以發現台灣自 1976 起至 2022 年「困難地形通過課程」內容便一直存在山域嚮導訓練內容之中，顯現內容有其必要及專業性，欲通過山域嚮導員資格就必須通過此檢定內容；但如此專業及具有多年教學歷史的內容，卻無法降低台灣山區墜落事件發生率？

根據消防署 101 年至 110 年山域事故身分類別分析中可發現，登山社團事故發生比例明顯低於自組隊伍及獨自登山兩個群組，顯現以嚮導訓練為基礎之有組織及指導之登山社團在山域事故防治上有一定優勢，受過訓練之社團人員具有風險預防觀念，通過危險地形時架設繩索及使用確保技術使隊員得以安全通過。但屬於高風險族群之自組隊伍及獨自登山者，在台灣山區特有的拉繩文化下，誤認不需要繩索器材及訓練即可縱橫山林，而無意識到墜落的高風險傷亡已經逐漸超越高山症成為山域事故案件中的第二名，因此針對高風險族群透過廣泛的「宣導」提升高風險意識，透過「訓練」才能有效降低居高不下的墜落事故。

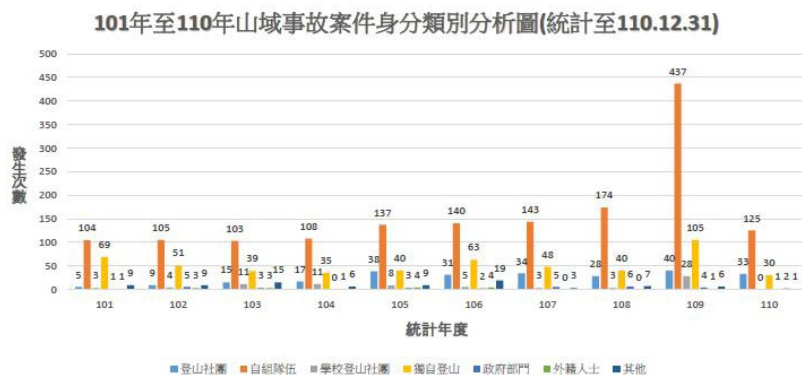


圖 4 (資料來源：內政部消防署)

雪霸國家公園生態保護區申辦入園注意事項中表示：通過山區危險路段如品田斷崖、素密達斷崖等，請攜帶繩索、安全頭盔及確保工具。但以提醒卻無強制力性的公告和無法從文字敘述出難易度的內容，加上現場設留有大量的拉繩，且多數人均可安全通過下的倖存者偏誤(Survivorship bias)下，真正攜帶攜帶繩索、安全頭盔及確保工具者屈指可數；如能修改成“應”或“必須”攜帶等明確字句，及明確加註具有落石、墜落、傷亡風險等警語，以凸顯大自然真實風險面貌。

此外目前山域嚮導訓練內容也與現實有明顯差異，造成為了考試而練習問題。不可否認垂直攀登及下降技術有其必要及專業性，但以台灣山區路徑而言多數為之字形(Switchback)健行路線，危險地形中垂直攀升路段不多，卻佔據了訓練中非常多的比例，而佔了多數比例的崩塌區、斷崖、窄嶺、峭壁、碎石坡、斷崖道路等橫渡通過技術卻是最少的訓練量。因此調整授課內容及比例，並研擬就算不參加山域嚮導檢定也能學習的最低自我確保技術才有助於推廣及學習意願。

陸、登山步道拉繩態樣與分析

在台灣從事登山運動不論是大小山頭一定都可以看到繩索的蹤跡，部分熱門地區更有公園處或區公所等單位架設的永久性拉繩等設施。架設拉繩的主要功能在於防墜、安全確保、輔助攀登及路線標示，尤其是瘦稜、崖邊、巨石、邊坡等危險地形都能防護之功能，但目前台灣山區拉繩氾濫程度就連樓梯般的爬升路段，都會有善心人士架設好繩索供山友使用，本章節針對常見拉繩材質、隱藏風險及常見架設方式進行分析。

1. 常見拉繩款式

可用於山區拉繩款式綜多，部分中低海拔由政府單位維護之路線甚至採用鐵鍊、鋼索等材質進行架設，但高山地區主流仍是以下三個款式為主：

(1) 麻繩

台灣又稱特多龍繩，分有天然纖維材質及尼龍纖維材質，由原料線材一束數條編織成一股，再由三到多股纏繞而成麻繩。為最常見、最便宜、最易購得之材料，書局到五金行均可見販售，一般山區拉繩常見直徑從 6~12mm 為主，筆者曾於北投女巫岩見有 30mm 以上拔河用繩出現。

(2) 扁帶(Webbing)

又稱傘帶，由高張力尼龍纖維編織而成，分有中空及單一樣式，具有高拉力、耐磨、低吸水性及低延展等特性。價格適中，一般以工廠批發零售或戶外用品店採購；常見扁帶拉繩寬度為 25~30mm。

(3) 編織繩(Kernmantle ropes)

又稱登山繩，繩皮為光滑的尼龍層，繩蕊由平行並列或編成辮狀的尼龍繩索組成。具有耐磨、好編織、高拉力之特性；台灣山區常見之編織拉繩多為低延展性靜力繩(Static Ropes)，重量較重，價格較高，一般以工廠批發零售或戶外用品店採購；山區常見編織拉繩直徑為 8~12mm。

2. 隱藏風險

危險地形架設拉繩之目的在於控制風險(Risk)以降低事故發生率，而對風險內容加以辨識、預測及處理才能達到預防效果，常見的拉繩隱藏風險有：

(1) 墜落(Fall)

受重力(Gravity)影響物體的萬有引力賦予了物體的重量，並使物體落向地面，當地面角度改變後便會往下墜落直至與堅硬物體產成碰撞(Collision)停止，而人體則會因強大動能而造成傷害。利用繩索牽制人體位置，可有效避免因地面干擾、失手或跌倒等因素產生重心位移墜落；要注意的是人體雖使用繩索避免了大幅度的墜落，但繩索位移及緊縮造成的小幅度墜落仍可造成程度不一傷害。

(2) 擺盪(Pendulum Effect)

架設良好的繩索可以防墜及輔助攀登功能，但如採單一固定點且站立位置與固定點非垂直時即會產生擺盪現象，未考量受力方向的拉繩，於步道內的小幅度擺盪即可失去平衡造成跌倒。垂直攀登過程如發生墜落，繩索角度鬆弛狀態都會產生不同程度的擺盪墜落(Swing Fall)；橫渡過程中墜落則可能產生大幅度擺盪，且距離與繩索長度成等比，下擺盪(Swing down)與上擺盪(Swing back)兩者都可在過程中因強大的撞擊力對人體造成傷害。

(3) 地面(Ground)

穩固的地面提供良好的站立位置，保持身體中心落於步道中，當人體腳踝角度向前超過 20 度時、向後超過 30 度即會造成重心偏離造成跌倒，因此當地面為傾斜角度時即具有相當高的墜落風險，譬如通過堅硬的巨石傾斜路面或是崩塌路徑中堆積的土石，都可能讓腳踝角度改變；破碎及容易滑動的不穩定地面，在無法承受人體體重狀態下忽然產生崩解，也容易讓重心改變造成失衡而產生墜落。

(4) 老舊拉繩

戶外環境受天候影響甚鉅，拉繩受風吹、日曬、雨淋使材質逐漸老化分解，再加上使用時的反覆擺盪摩擦或是架設位置有銳利邊緣，便有很大的機會於受力時斷裂，造成使用者重心改變產生墜落；此外台灣山區常見有已破裂之舊繩棄置於現場，除觀感不佳外也很容易與新繩混用造成危險不可不慎。

(5) 固定點(Anchor)

為利用繩索作為助力、平衡及防墜等功能須將其繫於固定點上，而山區最常用來擔任固定點之物品為樹木及岩石，選擇十公分以上且健康有綠葉的樹木及穩固不搖晃及無

空洞聲響的岩石為較佳固定點。但部分地區屬於地質貧瘠或破碎等不穩定狀態，許多拉繩僅固定於纖細的植物根部具有相當風險性。

(6) 繩結(Knot)

繩索要與固定點連結或止滑、延伸等功能都要以繩結來完成，而錯誤的繩結可能造成會有鬆脫瓦解風險，而選用不適當的繩結也可能會有移動等問題。此外台灣山區拉繩常有連續單結、八字結等止滑結，若以國際攀登技術中常用的普魯士結、法式抓結等繩結時會產生阻擋而無法使用問題。

(7) 繩索款式

使用錯誤的繩索款式在不適合的位置或架設方式時，可能造成使用上風險，例如扁帶在未打止滑結進行抓握攀登時，因其扁型及光滑材質較缺乏摩擦力產生的滑動，又或繩徑過小無法有效實握，使用上反而更添風險；故繩索款式應配合地形及其對應之風險進行選擇，如無法完全適用時可以繩結或其他方式加以改善與調整。

3. 常見架設方式及缺點

一般常見繩索架設地點主要以瘦稜、崖邊、攀升之地形，因分類複雜而難以定義，若以方向即可區分有以下分類：

(1) 縱向

通常為斜坡地形之上下坡平衡與休息功能，常見固定方式以上下兩端之樹木或岩石為固定點，以稱人結或繩圈加單結固定，繩中段多以單結或八字結做止滑抓握功能。架設位置可能為步道左、中、右任一側隨固定點位置而定，如拉繩與步道方向非垂直且兩端未固定及可能造成擺盪；垂落於地面之繩索亦可能造成絆倒。

(2) 橫向

通常為左右兩側地形之橫渡(Traverse)功能，一般用於為平衡，常見固定方式以左右端之樹木或岩石為固定點，以稱人結或繩圈加單結固定，繩索長度視橫渡距離而定，不足時通常以接繩延伸；架設位置以邊坡、岩壁內側為主；如架設於外側通常用於防墜，施加重力時容易造成擺盪產生缺口而有墜落風險。此外受凸緣地形影響，橫渡路徑拉繩無法完整防護整段路線，台灣常見有兩端各延伸數米距離繩尾不固定落於地面，中間凸緣處幾乎在無防護下通過，墜落風險極高。

(3) 垂直向

通常為攀登地形之上下輔助攀登(Climb)功能，常見固定方式以上方端之樹木、岩石為固定點，以撐人結或繩圈加單結固定，若固定點交度偏離步道位置則以延伸方式更改

角度使繩索接近步道。繩中段大多有單結或八字結做止滑抓握功能，拉繩位置大多落於步道中，通常垂放於地面以撿拾方式使用。垂直向拉繩與攀登方向非垂直，且兩端未固定即會造成擺盪；攀登者如未戴手套可能因為摩擦造成的疼痛而鬆手，此外攀登時身體重心過於離開岩面，手部負擔過大無力抓握而造成墜落。

(4) 混合型多方向

常見於攀登型橫渡路線，綜合垂直向及橫向拉繩供攀登者進行上下及左右之移動，主要由上方固定之垂直向拉繩，以雙套結、普魯士結、單結等繩結，拉緊兩側已固定之橫向繩；拉繩位置大多架設於步道山壁內側。單一旦未拉緊的橫向繩，向上時繩索會向下滑動無法提供攀升效益，橫渡時會產生重力擺盪，攀登者容易被拋出。垂直向與橫向兩繩連結但上下左右四向未拉緊下，一樣無法完整提供效與防護。

柒、繩索架設技術與可行性評估

在具有良好固定點的傳統路徑中架設各方向確保繩時，只要保握確保繩位置與路線垂直或利用縱向與橫向拉繩進行分力避免擺盪，即可大幅度降低許多意外事件。但面對橫渡地形時，垂直型的岩壁路徑可使用傳統橫式架設，但凸稜型、凹谷型及綜合型等地形如以傳統架設方式都有一定限制，無法提供完整且有效的防護：

1. 凸稜型崩塌地

稜線型崩塌地為等高線最外圍，地形具有外凸特性；確保繩如直接於路徑兩側固定點拉緊，繩索呈橫式水平狀態，受力後中央受重力引響產生延伸，攀登者重心將落於山徑外側，因此多數拉繩僅架設於崩塌地前後兩側。經測試使用“U字型”架設可降低重心偏外問題，於崩塌地前後兩側尋找偏內側且偏高處之穩定固定點，拉緊確保繩使其平貼山壁內側成“U”字型狀態；因兩側固定位置上移，攀登者於最外側拉繩受力時一樣會延伸擺盪，但重心位置落於路徑範圍內，可提供有限度防護。測試中發現可能缺點及改善方向：

- (1) 繩索貼近山壁有磨繩風險，建議使用扁帶。
- (2) 繩索受力回復後會因山勢逐漸向上而鬆弛，若有固定可減少移動。
- (3) 如環境允許且有穩固良好固定點，建議於最凸外緣架設拉繩並固定橫向確保繩成“倒T字形”可大幅降低擺盪機會。

2. 凹谷型崩塌地

谷線型崩塌地為等高線最內圍，地形具有內凹特性；確保繩如直接於路徑兩側固定點拉緊，繩索呈橫式水平狀態下完全無法提供通過內凹地形的防護，因此多數拉繩僅架設於崩塌地

前後兩側而有大幅度擺盪問題。經測試發現，於崩塌地前後兩側尋找偏內側且高處位置穩定固定點後架設確保繩但維持鬆弛狀態，使其平貼山壁內側成“倒 U 字型”狀態；再於崩塌地前後兩側高處尋找兩個穩定固定點後，各固定一條拉繩並與倒 U 字形型拉繩連結，整體約成“X 型”。

透過兩側高固定點拉緊橫向繩即可貼近內側岩壁，通過時重力受 X 型左右側拉繩限制重力外移，也能貼近內凹路徑可提供有限度防護；兩側延伸拉繩越靠近成 V 型中間最內凹部份擺盪量越少，亦可以多繩拉緊方式分段將確保繩拉近內側岩壁。

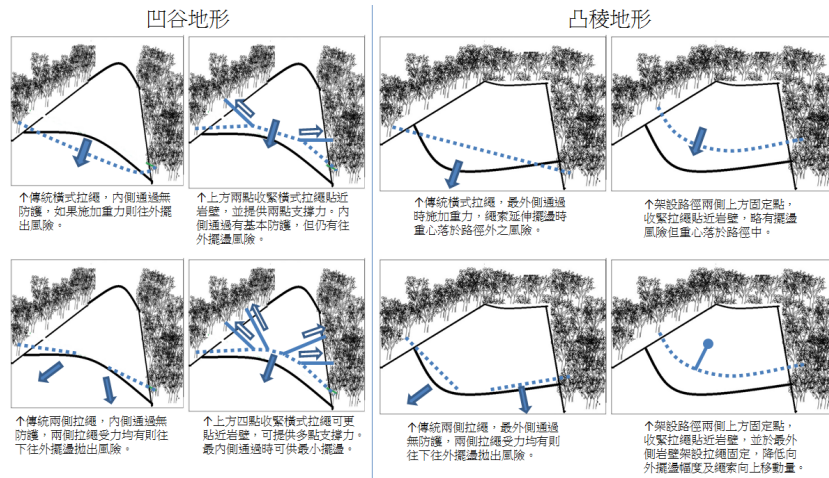


圖 5 (資料來源：本研究整理)

3. 綜合型（凹凸）崩塌地

連續綜合型為最複雜且最具風險之崩塌地形，類倒 S 地形使中間地區無適當天然固定點可供架設，且崩塌距離通常超過可背負之攜帶繩索長度。僅能以金屬地錨敲入岩壁中擔任確保繩固定點，如遇坍塌掩埋或流失則可能失去保護。

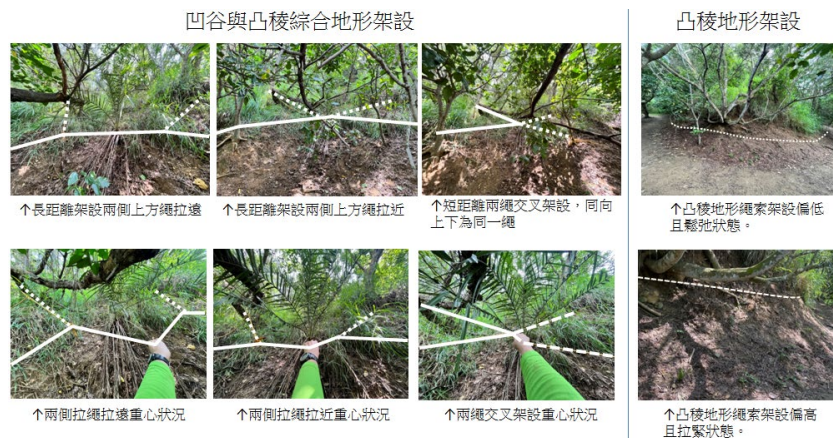


圖 6 (資料來源：本研究整理)

捌、基礎崩塌地型橫渡通過技術

歐洲許多山區及鄰近的馬來西亞神山地區設置有鐵道式攀登(Via ferrata)設施，其利用鋼索、鐵鏈、鐵梯等設備，使用簡易的雙勾環確保裝備即可完成困難岩壁地形攀登。雖然我們尚無此類型設施路線，但可利用其簡單、易學的自我確保技術來使應用於危險的崩塌地橫渡地形；本技術使用情境為現場已架設完整確保繩之場合使用。

1. 基礎崩塌地型橫渡通過技術

(1) 個人簡易確保裝備

攜帶頭盔、扁帶、無鎖勾環兩個，以扁帶製作簡易胸式吊帶，穿過左肩跟右腋下後於胸前以平結做連結，並將無鎖勾環一前一後開口交錯方式扣入，即完成具有最基本自我確保裝備。

(2) 橫渡崩塌地

將雙無鎖勾環勾入確保繩後延繩前進通過，為避免人員墜落造成碰撞及固定點負荷過大，每組固定點中僅能通過一人。

(3) 中途確保點通過

前進至中途確保點時，將單一顆無鎖勾環打開並脫離原側確保點後，掛入另一側確保點；再將另一顆無鎖勾環脫離及掛入。不可將兩顆無鎖勾環同時脫離否則將有墜落可能。

(4) 通過崩塌地橫渡

通過崩塌地後，應確認地面為穩定且為無墜落風險之地點，再脫離確保繩。

2. 崩塌地中途確保點難題

崩塌地橫渡大多地質脆弱且無堅固樹木可充當中途確保點，單純使用繩索確保過程中仍具有相當大的擺盪撞擊風險，唯有架設地錨使確保繩擁有中途固定點才能降低墜落及擺盪風險。傳統工程地錨施工有重機械運送及吊掛等難題，偏遠且路幅狹小的高山地區只能使用直升機等昂貴運送方式吊掛。而工業繩索及運動攀登中架設的耳片錨點需要堅硬壁面以支撐擴張螺栓，但面對大量鬆散土石或無附著力片狀頁岩也很難達到相同效果；使用冰雪地固定點架設技術或許可為崩塌地中途確保點提供一些創新思維。

(1) 類雪樁-直立式固定點：以直立型金屬或樹木以 45 度插入土層中，延伸扁帶成確保點。

(2) 類雪鈎-剝式固定點：以弧形金屬板等物體以 45 度插入土層中，延伸扁帶成確保點。

(3) 類冰斧-橫式固定點：以橫式金屬或樹木架設於 T 字形土層中，延伸扁帶成確保點。

(4) 類雪錨-袋類固定點：以袋類填充砂石後挖掘坑洞後埋入土層中，延伸扁帶成確保點。



圖 7 雪地固定點裝備（資料來源：登山補給站）

結論與建議

在墜落事件高傷亡數字下，檢視歷史、教育、現況我們可以發現諸多的不足，不論是步道、拉繩、技術乃至對國人薄弱的安全意識，我們都還有很大的進步空間。拉繩文化看似來自於山友的熱心，實則反映台灣山區長期以來安全設施的諸多忽視與不足，在無專業指導且設定功能不同下，以致各式熱心拉繩不斷地出現。而相關單位都清楚明瞭大部分山友都會使用拉繩，危險地區也需要拉繩進行安全確保，但拉繩卻又不屬於任何單位管轄範圍。想要創造人人都可攀登百岳的夢想，卻又忽視山友普遍攀登能力不佳的事實，看似充實的技術訓練卻與現實場域差異甚遠，想要學習導航、自我確保等技術卻不得其門而入。

台灣山區拉繩及布條文化既然短時間內無法快速消失，或者我們的導航、攀登、繩索等技術無法馬上提升到與歐美各國一樣自行架設、使用、帶回；讓山徑上只有樹木、石頭沒有拉繩與布條的理想狀態，但我們可以進行以下階段性任務：

1. 提高山友進入山區的危機意識，大量且過度的行銷包裝很容易讓人輕忽“真實的大自然是殘酷的”應適時揭露山域事故的樣貌以辨識風險內容、預測風險及處理風險才能達到預防風險。
2. 為了預防風險，應要求並鼓勵山友學會導航、預防墜落、學會保護自己。
3. 相關單位提供大眾型通識教育、逐步修繕山徑、增添改善安全設施、公告風險資訊、建議應攜帶裝備等，讓使用者依據自己能力選擇適合的路線及攜帶、添購必備裝備，並以學習為成長目標。

台灣的山一直都很好，大自然本來就存在風險，是我們需要再變的更好；期盼在可控的風險之下逐步分級及提升國人山域攀登能力，向世界看齊接軌同時也能提供最基本的安全防護，降低墜落意外的發生。

參考文獻

1. 內政部消防署(2021)，109年消防機關執行山域事故人命救助案件統計。消防月刊5月號。
2. 內政部消防署(2021)，110年山域事故案件概況。全國登山研討會論文集。
3. 雪霸國家公園管理處(2021)，109年新型態山域事故統計報告。全國登山研討會論文集。
4. 中央社(2022)，雪況創紀錄意外頻傳 雪山登山客墜谷獲救。
5. 鄭安晞，陳永龍(2012)，戰後臺灣山難事故報導初探(1950-2008年)。全國登山研討會論文集。
6. 玉山國家公園管理處(2016)玉山國家公園管理處登山安全執行現況。全國登山研討會。
7. 張石角、Chang, Shih-chiao (民87)，雪霸國家公園地質災害敏感地區之調查與防範研究(大雪山地區)，國家公園學報，8:2 卷頁100-121。
8. 董威言(2020)，定義臺灣的野外訪客使用區域：山屋發展策略暨步道難度系統之配套建議。全國登山研討會論文集
9. 駱昌宏、蔡衡(2003)，地理資訊系統應用於登山與山難搜救之展望，第七屆全國大專院校登山運動研討會論文集。
10. 陳樹群、吳俊鉉和王雁平(2002)，地震或降雨誘發崩塌之坍塌特性探討，中華水土保持學報；41卷2期。
11. 勞動部發展署(2021)，營造業安全衛生設施標準
12. 勞動部職業安全衛生署(2018)，繩索作業安全指引
13. 高紹陞(2018)，成大山協簡史 山林在山協就在我們會一直走下去。2018全國大專院校登山運動研討會論文集。
14. 吳夏雄(2014)，悠遊山林我行我思：綜觀台灣登山半世紀。全國登山研討會論文集。
15. 鄭僥龍(2001)，國軍現行登山教育訓練簡介。全國登山研討會論文
16. Neumann DA. (2009). Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation. 2nd ed.

網址部分

1. 教育部 <https://edu.law.moe.gov.tw/LawContent.aspx?id=GL000748>
2. 登山補給站 <https://store.keepon.com.tw/ProductByCategory-171.html>
3. 林務局山林悠遊網 <https://recreation.forest.gov.tw/Forest/Query>
4. 台灣登山申請一站式服務網 <https://hike.taiwan.gov.tw/Views/Route/RouteInfo>
5. 健行筆記 <https://hiking.biji.co/index.php?q=mountain&act=detail&id=28>
6. 山域嚮導 <https://isports.sa.gov.tw/apps/MTG/index.aspx>