

不安定土砂潛勢快速評估法可行性之探討

莊承穎^{[1][2]*} 陳振宇^[1] 蔡宗賢^{[1][2]} 詹婉妤^[1]

摘 要 2009 年莫拉克風災後，山區仍有大量不安定土砂殘留於邊坡及河道上，如遇巨量降雨可能轉換為土石流等土砂運移形式並將危及到下游保全住戶及重要公共設施。然而，不安定土砂廣布於坡地集水區，其調查分析非常耗時費力。為加速不安定土砂災害管理之目標，本研究透過結合地文脆弱度指標、數值地形模型與台灣橋梁管理系統 (TBMS) 資訊，建立不安定土砂潛勢快速評估方法，快速找出「可能受集水區不安定土砂影響之高風險橋梁」，作為優先分析之目標。結果顯示，本研究能將橋樑之風險值做有效分類，且風險值分群與現勘情形相符，具一定參考性。

關鍵詞：不安定土砂、地文脆弱度、QPESUMS、TBMS。

Discussion on Feasibility of Rapid evaluation method for the potential of Unstable Sediment

Cheng-Ying Chuang^{[1][2]*} Chen-Yu Chen^[1] Zong-Xian Tsai^{[1][2]} Wan-Yu Chan^[1]

Abstract After typhoon Morakot in 2009, a large amount of unstable sediment remained on the slopes and riverbeds in the mountainous area. Roads, bridges, public facilities and settlements may be endangered when in case of heavy rainfall. However, unstable sediment is widely distributed in the sloping water catchment, and the investigation and analysis are very time-consuming. In order to speed up the management of unstable sediment disasters, this study establishes a rapid analysis method for the potential of unstable sediment by combining the physiographic fragility index, digital terrain model (DTM), and Taiwan Bridge Management System (TBMS) information, and quickly to find out "the high-risk bridges affected possibly by the unstable sediment accumulation" as the priority analysis target. The results show that this study classifies the risk of bridges effectively, and the risk is consistent with the in-situ investigation situation. In summary, the rapid analysis method of this study has a certain reference.

Keyword: Unstable Sediment, Physiographic fragility index, QPESUMS, TBMS

^[1]行政院農業委員會水土保持局，*通訊作者 E-mail:cyc0109@mail.swcb.gov.tw
Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan

^[2]財團法人農業科技研究院
Agricultural Technology Research Institute, R.O.C



- [1] 水土保持局技術研究發展小組
- [2] 財團法人農業科技研究院

- 2009年莫拉克風災後，山區仍有大量不安定土砂殘留於邊坡及河道，如遇巨量降雨可能轉換為土石流等土砂運移形式並將危及到下游保全住戶及重要公共設施。
- 不安定土砂廣布於坡地集水區，且其調查分析非常耗時費力。如依五大流域整體範圍依序進行調查，相關期程需時甚久。
- 為加速完成不安定土砂災害管理之目標，須先找出宜優先進行不安定土砂調查之集水區。並進一步聚焦「找出可能受集水區不安定土砂影響之高風險橋梁」

項目	圖資
分析範圍	110年度山坡地範圍圖 (水保法、含六都)
數值地形	內政部2015版 20 m DTM
橋梁	全臺省道及台鐵鐵路橋梁 (3,272座)
地文脆弱度	地文脆弱度QPE網格資料 (1.3 km x 1.3 km)

利用數值地形(DTM)生成 (ArcGIS/Spatial Analyst tools/Hydrology/Flow Accumulation)

- $$F_P = \begin{cases} N_n \times \log A_a & \text{if } N_n > 0 \\ 0 & \text{if } N_n = 0 \end{cases}$$

1) 陳振宇、陳均維、陳國威、林詠喬(2019),「坡地降雨致災熱區警戒模式」,中華水土保持學報,50(1),pp.1-10。

地文脆弱度網絡套疊地理資訊

編號	橋梁名稱	動用年	泥底沉陷量	各橋樑沉陷量	橋樑位置距橋樑高度	各橋樑沉陷量距橋樑高度 ΔH	各橋樑沉陷量不定定 ΔH 係數
1548	明勝交流橋樑	5	8.540	2310	999	1711	1.002
1549	明勝交流橋樑	5	7.288	1865	999	1,266	0.688
1550	明勝交流橋樑	4	5.330	1406	999	949	0.549
1567	明勝交流橋樑	5	6.486	1725	999	1,126	0.721
1568	明勝交流橋樑	5	3.151	975	999	376	0.597
1603	金華交流橋樑	5	13.040	3444	984	2,460	0.905
1611	金華交流橋樑	3	10.103	2,697	984	1,713	0.664
1612	金華交流橋樑	2	9.609	2,346	984	1,362	0.523
1627	金華交流橋樑	5	11.486	2,868	984	1,884	0.280
1634	金華交流橋樑	2	3.130	2195	984	1,211	0.759
1528	寶興橋樑	5	19.006	4958	958	4,000	0.514
1544	寶興橋樑	3	18.060	3,103	658	2,445	0.406
1545	寶興橋樑	4	17.291	2,404	658	1,746	0.404
1546	寶興橋樑	4	13.675	2,479	658	1,823	0.313
1634	寶興橋樑	2	4.506	1,197	658	539	0.239

※以玉渡溪鄰近橋樑為例

P值及橋梁長度分群表

不安定土砂潛勢值分群分布圖

不安定土砂潛勢值分群	樣本數(個)
1	63
2	55
3	47
4	34
5	22

橋梁長度分群分布圖

橋梁長度分群	橋梁數(座)
1	17
2	33
3	38
4	66
5	67

註：5表示其風險最高，亦即不安定土砂潛勢高或橋梁長度(河道斷面)小

將P值與橋梁長度分群利用二維矩陣綜合分析，分為低、中、中高、高及極高五個風險程度

5 (0<横長<30)	5 10	15	20	25
4 (30<横長<70)	4 8	12	16	20
3 (70<横長<150)	3 6	9	12	15
2 (150<横長<300)	2 4	6	8	10
1 (横長>300)	1 2	3	4	5
	1 (P<0.5)	2 (0.5<P<1.5)	3 (1.5<P<3)	4 (3.5<P<10)
				5 (P>10)

不安定土砂潜勢値 (P) 分群

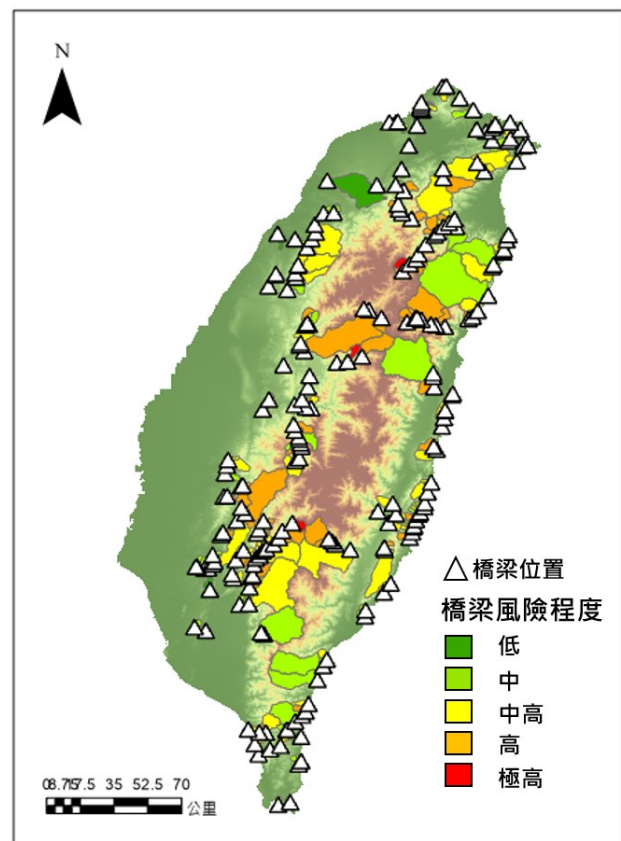
橋梁風險程度判定對照表

風險值分布	橋梁風險程度
1 - 3	低
4 - 5	中
6 - 10	中高
11 - 16	高
20 - 25	極高

柱狀圖顯示，統計資料大致呈**常態分布**

證明在橋梁集水區之資料處理及分群設定上，無明顯偏差存在

橋梁集水區風險程度及分布情形結果



本分析方法共匡列55個極高和高**不安定土砂**危害風險之橋梁集水區(風險值大於12)，其中52個為省道橋梁與3個台鐵橋梁

鎮名	里程指標	所在縣	所至直	道路等	路線	橋梁名	里程指標	所在縣	所至直	道路等	路線
南渡鎮	20	所屬縣	壽寧	省道	第24線	南渡橋	15	花縣縣	秀林	省道	第8線
大池鎮	20	南投縣	桃源區	省道	第24線	南渡橋	15	花縣縣	秀林	省道	第8線
大板橋	20	南投縣	仁愛	省道	第14線	南渡橋	15	南投縣	壽卡	特種公路	南投橋
南投橋(西)	20	南投縣	秀林	省道	第24線	南渡橋	12	南投縣	秀林	省道	第8線
高橋橋	20	花縣縣	復興區	省道	第7線	南渡橋	12	南投縣	六龜區	省道	第27線
邦溪溪橋	16	花縣縣	六龜區	省道	第24線	南渡橋	12	南投縣	六龜區	省道	第27線
明倫孔橋	16	南投縣	桃源區	省道	第20線	都蘭橋	12	臺東縣	長濱	省道	第11線
仁義橋	16	嘉義縣	新港	省道	第18線	那都那橋(新) (雙橋)	12	嘉義縣	新港區	省道	第29線
高橋	16	花縣縣	秀林	省道	第24線	那都那橋(舊) (雙橋)	12	嘉義縣	新港區	省道	第29線
慈雲橋	16	南投縣	秀林	省道	第8線	雙卡努瓦橋	12	臺南市	楠梓區	省道	第29線
木蘭橋	16	南投縣	仁愛	省道	第8線	雙卡努瓦橋	12	嘉義縣	新港區	省道	第29線
廣大清水溪橋	10	花縣縣	秀林鄉	特甲級公路	北園溪	大同溪橋	12	嘉義縣	大埔	省道	第38線
西門一橋	15	宜蘭縣	大同鄉	第7甲級	沙連溪橋	同安溪橋	12	嘉義縣	番語	省道	第38線
石門橋	15	花蓮縣	鳳里	省道	第23線	同安溪橋	12	南投縣	信義	省道	第23線
蘇林橋	15	花蓮縣	鳳里	省道	第23線	同安溪橋	12	南投縣	信義	省道	第23線
利東橋	15	嘉義縣	海線	省道	第20線	萊瓦溪橋(北上)	12	花蓮縣	豐華	省道	第95線
復興橋	15	花蓮縣	桃源區	省道	第20線	萊瓦溪橋	12	花蓮縣	秀林	省道	第8線
大板橋	15	嘉義縣	大埔	省道	第3線	成清橋	12	臺中市	和平區	省道	第88線
卓安橋	15	花蓮縣	卓蘭	省道	第30線	建德橋	12	臺中市	和平區	省道	第88線
聯合橋	15	花蓮縣	卓蘭	省道	第30線	建德橋	12	臺中市	和平區	省道	第88線
復興橋	15	嘉義縣	新港	省道	第10線	救護橋	12	宜蘭縣	大同	省道	第97甲線
民和橋	15	南投縣	水里	省道	第16線	救護橋	12	宜蘭縣	大同	省道	第97甲線
池港橋	15	花蓮縣	秀林	省道	第9丙線	英士橋(右)	12	宜蘭縣	大同	省道	第78線
豐華橋	15	南投縣	仁愛	省道	第24線	松橋橋	12	宜蘭縣	大同	省道	第78線
北港橋	15	南投縣	國姓	省道	第14線	大溝橋	12	嘉義縣	大埔	省道	第78線
復興橋	15	臺中市	和平區	省道	第8線	東溪橋	12	嘉義縣	大埔	省道	第78線
慈雲橋	15	花蓮縣	秀林	省道	第8線	鹿耳橋	12	桃園市	復興區	省道	第78線
慈雲橋	15	花蓮縣	秀林	省道	第8線	鹿耳橋	12	新北市	烏來區	省道	第9甲線

※藍字標示為臺鐵橋梁

結論

篩選最大跨距>10 m橋梁

(共2,320座公路省道及鐵道橋梁)

(共930座)公路省道及鐵道橋梁

以橋梁師選原則人工師選橋梁
(共227座公路省道及鐵道橋梁)

1

人工排除支流橋梁
(共224座公路省道及鐵道橋梁)

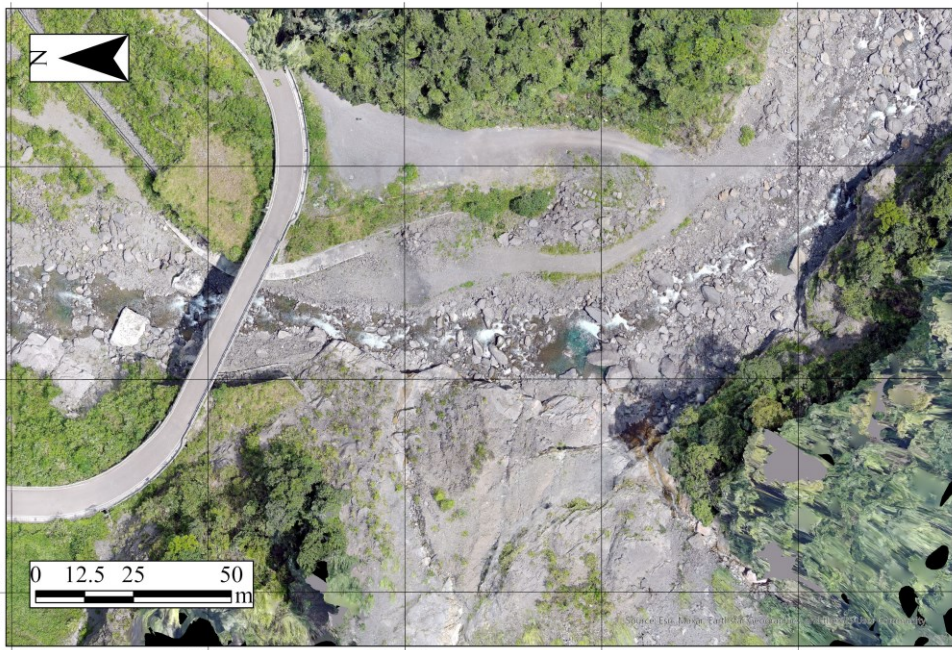


荖濃溪流域現勘綜合比較整理表

橋梁名	公路總局及快速分析資料			現勘調查資料			
	總橋長 (m)	最大跨徑 (m)	不安定土砂潛勢值	淨高 (m)	橋墩數	工程情形	斷面現況
雄金溪橋	48	48	13.3	11	0	有	束縮段且斷面小
邦慶溪橋	70	35	4.7	10	1	有(系列牆*7)	整治後暫無危害
明霸克露橋	695	45	3.8	10	7	臨時橋	仍危險
復興橋	144	48	15.1	11	2	有	應無立即危害
三合橋	77.5	27.5	5.7	8	1	有	應無立即危害
第一號橋	17.6	17.6	1.2	9.4	0	有(損毀)	斷面小、危險
大津橋(新)	250	70	28.4	10	4	下游段清流	河床高、危險
寶來一橋	220	40	18.4	11	3	無	斷面足夠
炳才橋	140	60	3.5	75	2	有	斷面足夠
舊潭橋	35	35	1.4	17	0	施工中	斷面足夠
塔拉拉魯美橋	254	105	4.2	30	2	有	斷面足夠
建山一橋	170	70	2.0	21	2	有(系列牆*4)	斷面足夠
綠茂橋	250	75	1.8	24	2	有	斷面足夠
桃源一橋	298	115	3.7	54	2	有	斷面足夠
新寮橋	51.72	25.86	0.2	3	1	有	無常流水

1. 現勘結果紀錄表顯示，現勘所調查之橋梁資訊與快速分析法分析之危害風險值雷同
2. 風險值高的橋梁集水區現況常已有水保工程設施保護橋梁
3. 而風險值低的橋梁集水區，通洪斷面皆足夠，無立即危害風險存在。

唯金溪橋正射及現勘影像



1. 不安定土砂潛勢分析顯示，唯金溪橋為極高風險橋梁，主要係上游集水區崩塌頻率高且橋梁通洪斷面小
2. 比較現勘結果，該橋樑上游為河道束口段，河床上存在大量崩塌石塊，推測危害風險程度高

■ 以荖濃溪流域為例，本快速評估法具有一定代表性。

- 本評估法使用之地文脆弱度指標僅能代表該區產出不安定土砂之潛勢，尚無法求出不安定土砂量體。
- 因取得之省道與臺鐵橋梁資訊，僅有橋梁長度，並無橋梁淨高，故目前僅能以橋梁長度取代通洪斷面作為評估指標，如能納入橋梁淨高現況，方能合理評估各橋梁實際承受不安定土砂潛勢之風險，後續宜納入省道及臺鐵橋梁之管理資訊系統並定期更新。
- 本評估法可視為集水區不安定土砂之定期健檢，如需精確估算不安定土砂量體，尚須導入光達或衛星立體像對等技術。

優質 · 效率 · 團隊