

土工技術叢書~邊坡工程 目錄

序	鄭文隆 周功台 方永壽	V
編者序	林美聆	VIII
前言	徐力平	IX
第一章 概 論		
我國臺灣地區邊坡穩定的問題與坡地科技研究現況	洪如江	1
921 集集大地震相關的坡地災害、坡地破壞特性、與案例分析	洪如江 林美聆 陳天健 王國隆	5
臺灣坡地與土石災害防治之回顧與展望	陳榮河 林美聆 廖洪鈞 林三賢 廖瑞堂 周南山 李維峰	17
莫拉克降雨引致高屏地區邊坡淺層崩塌災害勘查與穩定性數值分析案例	鄭清江 譚志豪 鍾明劍 李錦發 費立沅	37
台灣大地重大斷裂帶的特性及演化與災難性岩土災害	洪如江	47
順向坡之破壞與穩定	洪如江	59
地質災害與山坡地開發	陳宏宇	75
坡地災害管理與風險分析方法	陳天健 洪鴻智	87
第二章 調 查		
坍方類型之現地研判	陳榮河	99
大規模崩塌災害調查方法探討	劉哲欣 林聖琪 吳亭燁 陳聯光	105
邊坡穩定工法之地質調查	林俊良 何泰源	119
空載光達技術於大區域坡地災害調查與分析之應用	劉進金 曾志民 林慶偉 陳振宇 尹孝元	127
無人載具公路邊坡快速巡查分析初探	王國隆 黃志杰 林俊廷	137
坍方地質調查案例介紹及探討	林真在 林四川	145
不飽和土壤邊坡基質吸力量測及其在邊坡穩定分析之應用	拱祥生 林宏達 吳宏偉	151
第三章 災害及破壞機制		
台灣山崩之工程地質特性	陳宏宇	167
九份二山崩塌機制與殘坡問題探討	壽克堅 蘇苗彬 王建峰	177
應用地理資訊系統於地震豪雨引致山崩之研究	陳嬋璇 林銘郎 鄭富書 朱聖心	183
小林村災變之地質背景探討	李錫堤 董家鈞 林銘郎	193
莫拉克颱風引致之阿里山公路邊坡崩塌與機制	董家鈞 劉家男 李維峰	201
旗山溪流域之邊坡災害與機制	范嘉程 劉芸呈	211
莫拉克災後公路邊坡復建之地工挑戰	陳俊定 吳文隆 陳聰海 廖繼仁	221

第四章 穩定分析

海域邊坡穩定問題之探討	林美聆	231
落石運動軌跡之現地調查與模擬分析案例介紹	紀宗吉 陳宏宇	239
不對稱邊坡之三度空間破壞自動化分析	黃景川 蔡政晟 劉昭宏	247
不飽和土壤力學性質試驗及其在邊坡工程之應用	林宏達 拱祥生	259
以有限元素法探討暴雨時邊坡之穩定分析	范嘉程 馮道偉	271
岩石邊坡穩定問題之斷裂力學分析	王建力 葉時青 陳志豪	285
集集地震邊坡滑動門檻條件	林美聆 黃紀禎 高贈智	295
	王國隆	
集水區降雨促崩潛勢分析	譚志豪 呂昱達 冀樹勇	305
	費立沅	

第五章 模 型

1-g 條件下之大型邊坡模型受震行為	王國隆 林美聆	319
地工合成物加勁邊坡模型試驗~動態與擬靜態行為之比較	黃景川	331
地工離心機於邊坡穩定研究之模擬與應用	吳明淦 Hoe-I Ling	339
模型邊坡試驗之因次分析	陳榮河 紀柏全	351

第六章 特殊地質

泥岩地區護坡工法研究	李德河 楊沂恩 吳建宏	359
	廖正傑 陳柏穎	
台灣西南部泥岩地區植生護坡之根系力學模式應用性探討	蔡光榮	371
不織布在裸露泥岩邊坡植生復育上之應用	邱創益	381
地工織物之功能應用於泥岩邊坡穩定性之探討	張達德 徐振能 聶豫珍	387
垃圾填築邊坡之穩定分析	陳榮河 陳國賢	397
一般廢棄物掩埋場之邊坡破壞案例分析	姚大鈞 蔡淵堯 李維峰	405
第四紀工程地質與邊坡問題之探討	陳家駿	415

第七章 工 法

擋土牆型式之選擇與設計之考慮	周功台 趙基盛	423
擋土牆之排水設施	張森源	431
框格式擋土牆之力學行為與工程設計	邱鴻翼	441
山坡地開發擋土工法(巴西工法)之設計及其實際應用	趙基盛 周功台	451
穩定坡地之沉箱式擋土牆設計	熊谷鎰 邱鴻翼 黃立煌	459
全套管排樁牆應用於邊坡擋土之施工案例	陳福成 簡正樑 高健發	471
	曾子榮	
加勁土壤擋土結構的設計與施工	賴森榮 陳俶季	483
地工合成物加勁牆分析設計之探討與評估	周南山	497
岩錨—設計、施工與檢驗	曹治宗 張吉佐	507
預力地錨拉力實測之檢核與改善	張清秀 王文禮	519
地錨在台灣之邊坡穩定發展沿革及適用性探討	廖瑞堂 陳昭維 楊品鈺	527
台灣北部地錨邊坡之破壞態樣與處理對策	廖洪鈞 鄭世豪	539

台灣既有地錨邊坡常見的問題	何樹根 高秋振 戴源昱	553
	陳佩玉	
台灣既有地錨之現況及改善建議	何泰源 蕭秋安 蔡立盛	567
土釘擋土工法導論	陳榮河 何嘉浚	581
土釘工法之適用性與設計案例	孫介文 姚大鈞	595
土釘加勁邊坡二維數值分析方法	李維峰 賴盈如 廖南華	601
土釘加勁陡坡破壞機制及耐震行為	洪勇善	617
土釘擋土結構最佳化設計之探討	范嘉程	627
公路景觀與邊坡設施設計	李素馨	639
考量環境、生態與景觀需求之邊坡保護技術	馮正一 林永光	649
坡地集水井地下排水工程	丁迺忻	663
排水與坡地穩定	陳煌銘	675
EPS 輕質填土材料在邊坡穩定之防災應用與施工管理	林利國	693
落石防治之 BRN 柔性工法設計與施工	田島与典 岩崎征夫	705
	陳立憲 徐紳翔	

第八章 案例

南投縣和社地區崩塌地發育之地質影響因子	林慶偉	717
梨山地滑工程地質調查及整治規劃案例探討	黃鎮臺 王文能	727
中橫公路梨山德基地區邊坡破壞之調查與處理	謝敬義	739
梨山地滑區排水工程成效之探討	詹連昌 陳毅輝	749
翡翠大壩邊坡保護工	曾錦鈴 莊再明	757
汐止林肯大郡災變原因探討	陳堯中 廖洪鈞 林宏達	765
	陳志南	
天塹可以飛渡、崩山足以斷流（草嶺順向坡滑動）	洪如江 李錫堤 林美聆	777
	林銘郎 鄭富書 陳正興	
921 集集大地震誘發大山崩與形成堰塞湖災害初步調查	蔡光榮 王弘祐 林金炳	783
	侯峻棕 林昆賢	
草嶺崩坍及堰塞湖處置評估	龔誠山 廖翊鈞	789
九份二山大山崩	黃鑑水 陳勉銘 許銘義	801
崩坍地整治—加勁邊坡工程案例探討	孫漢豪	807
北宜高速公路加勁擋土牆設計與施工	方明朗	815
軟弱砂泥岩互層岩盤之公路邊坡整治案例探討	顏東利 陳俊樺 秦中天	823
	張文城	
隧道鄰近邊坡崩坍整治處理案例	林峻弘 王文禮 黃文	831
台灣高速鐵路 C220 標隧道工程與特殊洞口邊坡設計概念 討論	胡逸舟 彭錦法	839
山區道路邊坡崩壞特性調查與整治—以阿里山公路為例	李德河 林宏明 張舜孔	847
大甲溪中上游壩區邊坡補強案例探討	江政恩 黃崇仁 李慶龍	859
南投廬山溫泉滑動邊坡地質調查案例介紹	黃振全 張益通 顏呈仰	869
	黃祥慶 黃貞凱	
臺北市礦渣堆積邊坡及整治案例	黃一平 黃立遠 黃鑑水	879
	傅文鵬 陳仁達	
荖濃河流域六龜區坡地受震位移之危害度分析	黃富國 謝昶志 林基源	889
	王淑娟	

第九章 監 測

賀伯颱風引致阿里山公路低海拔路段邊坡變動之觀測調查	李德河 田坤國 黃嵩傑	901
崩積土邊坡水壓計資料分析	林國忠	
變質岩邊坡爆破作業監測與分析案例探討	黃立煌	909
山坡地災害緊急應變及安全監測	丁原智 湯銘文	917
邊坡防災自動警示系統	田永銘 孫思優 吳柏林	923
梨山地滑區之全自動化監測系統	何明錦 陳建忠	
國道三號基汐段邊坡自動化監測案例探討	黃博函 翁禎祥	933
坡地社區安全監測網站	何樹根 陳斗生 詹連昌	943
由台灣監測案例探討邊坡位移量之管理值	駱漢鼎 蘇鼎鈞 楊熾宗	957
	許鈺漳	
	李咸亨	969
	廖瑞堂 陳昭維 紀宗吉	981
	林錫宏	

序

自從國道 3 號 3.1k 邊坡於無風無雨的狀況下發生大規模坍滑事件，顛覆了大眾對邊坡坍滑於颱風豪雨後發生的刻板印象，也激起各界對邊坡維護管理必需徹底檢討的聲浪。事實上台灣地區平地的面積僅占 30%，且多已開發利用，適度的坡地建設開發仍有其必要性，惟因台灣地質構造複雜，且有豪雨、颱風、地震等天然災害侵襲威脅，邊坡穩定工程實乃大地工程師經常需面對的挑戰。

國道 3 號走山事件發生後，國內工程界亦透過社團法人中華民國大地工程學會對公路及地錨相關設施設計、施工與維護管理規範提出建議，冀以新觀念、新技術提升邊坡工程之品質與耐久性，在此同時，地工技術基金會出版委員會深感於邊坡工程一直是地工技術出版以來經常出現主題，彙編為叢書出版，應可代表台灣在邊坡工程的技術發展及經驗傳承，值得提供各界參考與應用。

本叢書歷經三年之審慎編輯，目前終將付印。本人對出版委員會主任委員徐力平博士、主編林美聆教授及多位編輯委員經年來義務的編審、校對，致上最高敬意，特為之序。

董事長 鄭文隆 謹誌

序

「邊坡工程」屬大地工程技術領域中相當重要的區塊之一，舉凡於山區、丘陵區的坡地從事任何有關公路建設、住宅與設施興建、開發整地等工程時，都須考量其基址所在位置與周遭附近邊坡的穩定安全性，必要時亦會進行「邊坡工程」構築邊坡穩定保護構造或措施，以維持邊坡穩定安全無虞，不致發生崩坍、滑移等破壞現象，期使公路、住宅或設施得以正常使用，且避免發生生命財產損失及長期的安全疑慮。回顧過往台灣全島所曾發生的邊坡崩滑破壞釀成巨大的災變事故，皆會引起全國各界的關注及多方的檢討，加以，因氣候變遷致超豪大雨發生頻仍以及地震使原本脆弱的邊坡地質更形破碎之影響，爾後邊坡災害的防制工作，勢必更加艱辛，政府單位與工程界應更為積極的共同面對、妥慎因應及承擔此挑戰。

由於，不論自然邊坡或人工邊坡的穩定保護工程，皆因大地環境與地質構造的土、岩、水及地層等內在條件因子，具有複雜多變且又隨時空變異的特殊工程性質，加以人為建設之工程規模、施工方法及使用維管方式等外在條件因子，又與內在條件因子彼此間亦存在極為繁複之互制影響效應，以致「邊坡工程」問題的解決措施或因應對策的分析評估、設計施工及維護管理等各方面，能否達到預期的成效，皆存在相當多的不確定性。因此，非得仰賴實務經驗與理論新知的累積、吸取及結合，方得以獲致較妥切的處置成果。

地工技術研究發展基金會深知處理「邊坡工程」的相關問題，過往的經驗、案例皆屬極具參考價值的技術資料，尤其台灣具特殊之地質與氣候環境條件，「在地性」的經驗、案例更加難得，爰蒐羅三十餘年來曾發表於地工技術雜誌之邊坡工程相關論著，涵蓋邊坡工程生命週期各階段的文章共 95 篇，將其彙編成一專書，便於各界工程人員參考應用。

本「邊坡工程」叢書，對於從事大地工程專業技術服務的大地工程技師而言，這無疑是一本極其珍貴的寶典，係多年來地工先進的經驗、智慧結晶彙集而成，技師同仁朋友爾後面對「邊坡工程」的相關問題，本叢書所包括的內容，當可迅速提供技師同仁所欲查考及援用的相關文章著述，對於大地工程技師的助益相當大。在此，除了對本叢書的文章作者前輩的貢獻表示敬意，同時亦感謝基金會徐力平主委與本叢書主編林美聆教授及所有編輯委員的辛勞及奉獻。

中華民國大地工程技師公會 理事長

周功台

謹誌

2014.12.22

序

國道三號大埔段(北上 2.8 公里處、南下 3.1 公里處)，於民國 99 年 4 月 25 日 14 時 33 分發生嚴重的邊坡崩塌事件，造成近 20 萬立方公尺的土石坍滑於國道上，導致 4 人罹難，並且阻斷交通多日，造成重大的生命財產損失。

為降低邊坡災害風險，確保用路人之安全，大地工程學會提出研究計畫，研擬並提出「公路邊坡工程設計與施工規範(草案)」、「地錨應用於邊坡工程設計與施工規範(草案)」、「公路邊坡大地工程設施維護與管理規範(草案)」，藉由審視國內現行公路邊坡工程相關規範、研析比較國際相關規範與演化趨勢，提出適合本國之公路邊坡工程設計與施工規範，以供設計、施工及管理單位遵循參考。依交通部現有規範架構，對上述規範草案之整編工作，學會正在積極進行中。

有鑑於邊坡工程問題在我國的嚴重性與重要性，土工技術研究發展基金會將過去曾在「土工技術」發表關於邊坡工程之論文，加以彙整編輯成一本專書。內容分成第一章「概論」，第二章「調查」，第三章「災害與破壞機制」，第四章「穩定分析」，第五章「模型」，第六章「特殊地質」，第七章「工法」，第八章「案例」，及第九章「監測」。以上各章內容可謂集邊坡工程理論、設計、及施工實務之大成，極具參考價值，對我國邊坡工程經驗的傳承具有重大的意義。

這本地工叢書由林美聆教授擔任主編，並邀請了多位工程界菁英，包括何泰源經理、何樹根總工程師、林宏達教授、陳榮河教授、黃崇仁經理、楊賢德總經理、董家鈞教授、廖振程博士及蘇鼎鈞經理，組成陣容堅強的編輯團隊。歷經編輯委員會多次開會討論，最後選錄 95 篇內容精采的邊坡工程文章，完成本書。

本人謹代表學會對於多位前輩、先進和同仁們不計辛勞的慷慨協助，致上最誠摯之敬意和謝意。最後要感謝林美聆教授持續無私的奉獻、及對所有稿件嚴謹審查之堅持，大幅提昇此書之參考價值，使此書之出版成為台灣大地工程發展進程的一個重要里程碑。

中華民國大地工程學會 理事長 方永壽 謹誌

2014 年 12 月

編者序

台灣地區由於地處板塊交界，造山運動盛行，山坡地佔全區面積七成以上，地質條件脆弱且常伴隨地震發生；加上位於亞熱帶氣候區，經常面臨颱風、豪雨的侵襲，對於邊坡的穩定造成重大的影響。除了地震與豪雨兩大造成邊坡破壞的誘因之外，國內許多重大工程建設不可避免遭遇到山坡地，因此如何維護邊坡之安全及適當的邊坡工程處置實乃大地工程師需面對的重要課題。

國內邊坡天然災害自民國 48 年艾倫颱風造成八七水災，民國 85 年賀伯颱風、民國 88 年集集地震、至民國 98 年莫拉克颱風及民國 99 年梅姬颱風，均造成重大災害事件。在邊坡工程處置方面，則有各項重大工程建設，及林肯大郡、近期國道三號順向坡等重要課題。「土工技術」自創刊至今，也同步紀錄並出版各重要事件、各項重要邊坡工程處置案例、與相關研究與技術之發展逾百篇，並提供大地工程從業人員重要參據。

本次土工技術基金會出版委員會擬出版「邊坡工程」專書，承蒙出版委員會主任委員徐力平博士之邀請協助編纂，收集「土工技術」第 1 至 141 期已出版之邊坡工程主題相關著作，並邀請何泰源經理、何樹根總工程師、林宏達教授、陳榮河教授、黃崇仁經理、楊賢德總經理、董家鈞教授、廖振程博士及蘇鼎鈞經理擔任編輯委員。經研討後共計收錄 95 篇論文，並依內容與課題分類為：概論、調查、災害及破壞機制、穩定分析、模型、特殊地質、工法、案例及監測等九章，以期提供國內大地工程從業人員，進行相關邊坡工程之參考。此外在邊坡領域之土石流課題部分，因相關出版文章已逾三十篇，礙於篇幅比重，在本專書中並未予以收錄。

本次專書之編輯，感謝出版委員會徐力平博士及廖振程博士協助各項先期準備及工作事宜；各位編輯委員於百忙中撥冗協助，提供寶貴意見、審閱及校稿；更要感謝基金會包括祕書長及工作同仁，對於編修、排版、及校稿等各項繁瑣事宜不辭勞苦，使得專書在短時期內得以完成，本人謹此致上最高謝意，也希望本專書對於國內相關邊坡工程之技術與經驗傳承及未來發展有所助益。

主編 林美玲 謹誌

前 言

台灣地區有 70% 以上的面積為山坡地形，加上經常面臨颱風、豪雨、地震等天然災害威脅，因此如何維護邊坡之安全性實乃大地工程師需面對處理的重要課題。有鑑於此，基金會出版委員會於 2012 年年初開會決議出版以「邊坡工程」為主題之地工技術叢書。

隨後邀請學養俱豐的林美聆教授擔任主編，擘劃叢書之具體內容。為使本叢書內容更臻完善，再邀何泰源經理、何樹根總工程師、林宏達教授、陳榮河教授、黃崇仁經理、楊賢德總經理、董家鈞教授、廖振程博士及蘇鼎鈞經理擔任編輯委員。

本叢書所收錄的文章，先蒐集地工技術第 1 至 141 期出版之與邊坡工程主題相關著作，經與主編研討後，彙整出包含概論、調查、災害及破壞機制、穩定分析、模型、特殊地質、工法、案例及監測等分類之篇章，並經編輯委員會多次開會討論最後選錄 95 篇文章，內容相當豐碩，可代表台灣在邊坡工程的技術發展及經驗傳承，值得各界參考與應用。

本叢書編輯期間，承蒙主編及各編輯委員殫精竭慮，不辭辛勞，得以完成叢書編輯，本人深表敬佩。此外，特別要對同意刊登本叢書之各位作者表示敬意，您的努力與付出，為累積本土化大地工程實務經驗做出重大的貢獻，本人謹此致上最高的謝意。另外，基金會的李碧霞小姐與廖美嬌小姐花費許多時間與精力，聯繫開會及協助編輯文稿及印刷工作，以及台灣世曦工程顧問股份有限公司提供邊坡工程封面照片，在此一併致謝。

出版委員會

主任委員



謹誌

2014.12.5