工兵機械特殊困難地形救援作業訓練研究

作者/鄭叔明士官長

提　要

一、為使工兵部隊面對多變複雜災害環境，能安全、有效執行災救任務之目的，藉蒐整歷次災害救援經驗及公務機關、民間工程單位多元作業技術，考量現有工兵裝備特性與限制，研擬因應特殊困難地形救援作業技巧及安全避險等精進作為，提出挖土機及推土機相關救援作業技術及風險管控之要求。

二、為加強工兵機械操作手特殊困難地形救援作業能力，本文以災救任務為導向，就相關訓練項目與場地設計提出具體建議，同時說明工兵學校初步訓練成效及未來精進作法，藉以深化工兵機械課程教學內涵，提升工兵專業災救技能。

三、「戰時向砲聲前進，和士兵在一起」、「平時向災區前進，與民眾在一起」，國軍工兵部隊因其組織、編裝與訓練之特性，必為搶險救災之第一線，為能在確保執行特殊困難地形救援作業人員安全，防止在特困地形作業中發生之意外，現有工兵機械應加強改裝防護、通信及照明設備。

關鍵詞：災害救援、特殊困難地形、救援技術

前　言

陸軍工兵部隊為兼具「戰鬥支援」與「勤務支援」之專業兵種，平時負有「支援災害救援及軍事工程整建」任務，在總統馬英九先生政策宣示災害搶救納入國軍中心任務後，為提升工兵機械支援災救能量，藉學校教育強化工兵專業技能，精進特殊困難地形救援技術與安全防險作為，俾利災害救援任務遂行,此為本次研究動機；台灣，是一個地震颱風豪雨頻仍的地方，地勢陡峭、地質敏感、河川湍急短促的多山島嶼，受氣候變遷影響，天然災害頻傳已是不爭之宿命，但所造成之路橋毀損而使交通中斷、影響民生等問題，並非不能克服之困難，惟為使工兵部隊面對多變複雜災害環境，能安全、有效執行災救任務，藉蒐整歷次國軍工兵部隊災害救援經驗及民間工程機械作業技術，考量現有工兵裝備特性與限制，冀以提出工兵機械執行各類型特殊困難地形時，救援作業

技巧及安全避險作為，以期能藉本研究，深化工兵學校機械組教學內涵，提升工兵機械專業災救技能，達成學校教育「為用而訓」、「訓用合一」與協助工兵部隊達成「平時能救災、戰時能作戰」之專業技能要求，貫徹工兵「逢山開路、遇水架橋」之使命精神。同時提出未來學校教育策進作法與提昇部隊裝備訓練與防護能力之建議，希能增進我工兵部隊災救任務與學校教育之參考。

工兵部隊執行特殊困難地形災救實例

歷年來各類型重大災害搶救，在災害救援作業現場均可見到工兵部隊投入大量兵力機具，而主要救援作業均需以工兵機械完成，歸納歷次災害，其中又以 921 大地震（如圖一）、[1][2]88 莫拉克風災（如圖二）[3]及國道三號滑坡事件（如圖三）[4]為代表案例，過程中，工兵機械運用方式與經驗，為我工兵部隊共同之智慧，如何將個人經驗經綜整後歸納條理，納入專業專長訓練之中，傳承及內化為專業技能（如表一）。另研析執行災救與疏濬任務（如圖四）所面臨之特殊困難地形作業技術窒礙狀況，與現場如何克服困難，達成階段任務之具體作法，對提昇工兵部隊執行特殊困難地形救災工作之效能，亦有高度參考價值。

圖一 921 大地震後工兵部隊作業景況
（88 年 9 月 22 日於梅山太平太峽谷清除山崩之土石）

資料來源：陸軍工兵學校，〈921 震災暨回顧〉，http://10.113.44.18/校史/921/921 專案網頁/救難紀實/index.htm.

[1]國防部陸軍司令部編印，《921 地震 10 週年口述歷史》，2009 年 9 月，頁 3-56。
[2]陸軍工兵學校，〈921 震災暨回顧〉，http://10.113.44.18/校史/921/main.htm.
[3]國防部陸軍司令部工兵處，〈88 莫拉克風災紀實〉，2010 年 9 月，頁 1-9。
[4]陸軍工兵學校，〈 99 年工兵學用會報-國 3 號道基隆段救災心得報告簡報資料〉，2010 年 11 月。

圖二　工兵部隊執行新寶橋涵管便橋開設實況

資料來源：國防部陸軍司令部工兵處〈88 莫拉克風災紀實第四章救災工作階段〉，2010 年 9 月)，頁 9。

圖三　國 3 滑坡崩塌現場分層清運作業實景

資料來源：陸軍工兵學校提供。

表一　工兵部隊執行重大災害救援一覽表

災害名稱	921 大地震	88 莫拉克風災	國 3 道滑坡事件
發生時間	1999 年	2009 年	2010 年
災害主因	淺層地震，規模達芮氏 7.3 級，威力是日本阪神地震的兩倍，餘震不斷	3 天在台灣中南部山區降下了 2700 公釐的超大豪雨，引起水災、山崩、土石流	順向坡滑坡，大量土石崩塌掩埋人車，造成國道 3 號南下北上車道完全中斷阻塞
災損型式	道路受損 人員受困 橋樑中斷 房屋毀損	山區道路受損 橋樑損毀中斷 山區獨困聚落 土石掩埋滅村 河道泥沙擁塞 平地城鎮淹水 畜牧防瘧清除	RC 結構物阻擋 土石掩埋人車 國道交通受阻
作業型式	搶通接近災場道路 支援搶救受困人員 搶修斷橋處便引道 拆除危險建物結構	開闢山區災救便道 施作河川涵管便橋 吊掛支援獨困聚落 泥濘土石搜救大體 河道泥沙疏濬作業 街道垃圾清運清除 淹死牲畜防瘧清運	附屬工具破碎作業 日夜搜尋掩埋人車 大量土石移除清運
主要工兵裝備類型	挖土機(附大鋼牙、碎碎機) 傳統履帶式推土機 戰鬥工兵車 輪型裝土機 5T 傾卸車	履帶式挖土機 三角履帶式推土機 多功能工兵車 小型履帶式挖土機 小型鏟裝機 公路及非公路型傾卸車 輪型裝土機	20T 履帶式挖土機 (大鋼牙、碎碎機) 三角履帶式推土機 25T 傾卸車 照明尾車

資料來源：本研究綜合整理。

圖四　執行疏濬任務實況

資料來源：陸軍工兵學校機械組提供。

工兵機械特殊困難地形救援作業研析

工兵機械特殊困難地形救援，指的是在災害救援時，必需運用之特殊作業技術及豐富的災救經驗，克服特殊困難作業環境及超越原本機具作業限制，在確保人員安全無虞之狀況下，遂行工兵機具機動及執行各類型任務作業，達成搶通災場道路，通行救援車輛、物資之目的，故需先分析歷年工兵災救實例中，曾遇到之特困地形場景（如圖五），以利後續工兵機械救援作業技術與訓練之發展。

圖五　莫拉克風災後山區道路支離破碎

資料來源：交通部公路總局，《莫拉克重建與復原》，2010 年 8 月，頁 3。

一、懸崖峭壁

災害形成原因通常為橋樑損毀（如圖六）及山區道路邊坡破壞（如圖七），破壞位置則可區分為上邊坡及下邊坡（如圖八、九），[5]特需注意的是，工兵部隊通常為第一時間搶通便道即可，相關後續養護加固如邊坡穩固，路面鋪設均由道路交通單位如各工務區段接替負責；作業窒礙之處為作業地形陡峭不易施作及山壁水量溢流或潮溼（如圖十），易造成邊坡滑動及土質鬆動。

圖六 莫拉克風災時梅嶺大橋引道流失

資料來源：交通部公路總局，《莫拉克重建與復原》，2010 年 8 月，頁 116。

圖七 邊坡破壞是公路最常遭遇的問題

資料來源：交通部公路總局，《莫拉克重建與復原》，2010 年 8 月，頁 181。

圖八 上邊坡破壞

資料來源：同註 5，頁 8。

圖九 下邊坡破壞

資料來源：同註 5，頁 20。

[5]吳淵洵、周南山，〈台灣山區道路邊坡災害及搶修處理工法之探討〉《臺灣公路工程》(臺北)，第 32 卷第 12 期，交通部，2006 年 6 月，頁 6。

圖十　台 24 線 29k+520-29k+800 道路毀損，導致救援作業窒礙

資料來源：同註 5，頁 89。

二、大量土石崩塌

崩塌係指構成邊坡之土體或碎屑，受自然與人為因素影響失去平衡，在重力作用下沿斜坡面發生向下或向外運動者，稱之。破壞過程滑動體多遭受嚴重破壞，呈分崩離析狀，且滑動面於滑動後裸露於地表或易於判斷其位置，如圖十一；而導致崩塌發生的因素，一般可分為潛因(Inherent causes)與誘因(Initiating causes)。潛因是指坡地本身的基本條件，主要由地質與地形特性所組成；誘因則泛指可誘發坡地崩壞之外在因素，如降雨、地震、人為擾動，當土壤或岩石的抗剪強度不足以支撐上覆重量時，便會發生崩塌，如圖十二。[6]另大量逕流亦會沖刷形成大量土石崩塌。[7]其與土石流之不同處在於是否位於道路邊坡，位在道路邊坡者為土石崩塌（如圖十三），其餘如發生在河道、河谷處則稱為土石流；常見之作業窒礙為土質鬆動持續崩塌、大量土方移除作業困難和巨大障礙（巨石、混凝土障礙）無法移運

[6]張道光〈山區道路坡地災害防治技術整合研究〉(台北：交通部運研所港灣研究中心，2009 年)，頁 2。
[7]同註 5，頁 8。
[8]國防部情次室國軍氣象中心，〈土石流簡介專題報告〉，http://mwc.mil.tw/.

圖十一　橋斷路毀，臺灣在一日之間形成八個孤島災區

資料來源：交通部公路總局，《莫拉克重建與復原》，2010 年 8 月，頁 89。

圖十二　直接清除崩落土石極可能導致誘發再次滑動

資料來源：同註 5，頁 24

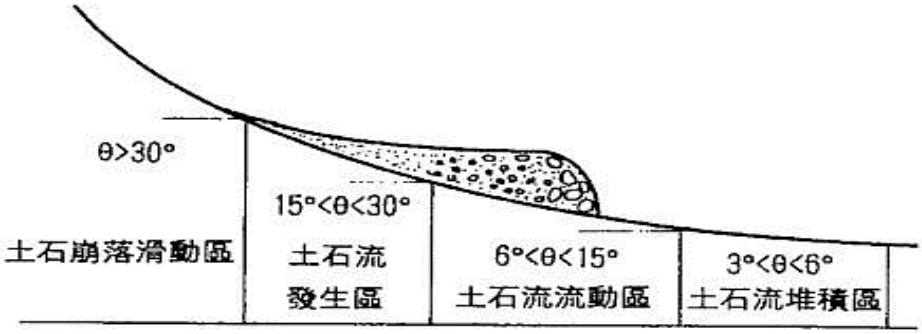
圖十三　國道三號走山崩塌空拍圖

資料來源：同註 4

三、土石流災害

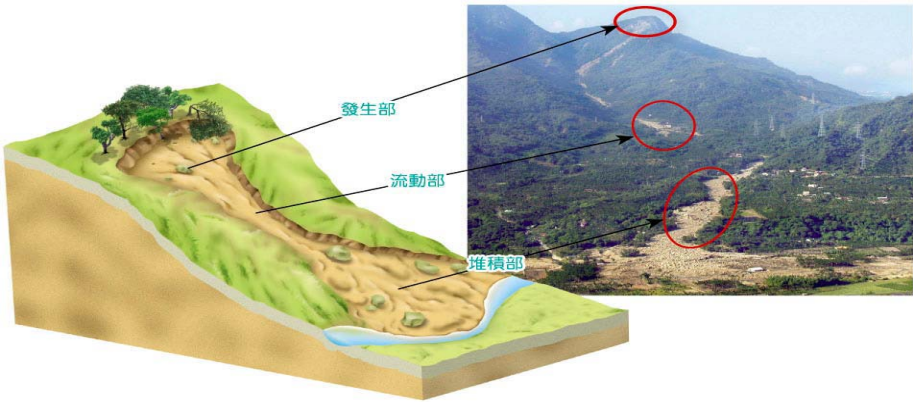
土石流係指泥、砂、礫及巨石等物質與水之混合物受重力作用後所產生之流動體，在重力的作用上，沿坡面或溝渠由高處往低處流動之自然現象，[8]在台灣，土石流產生的條件為豐富的堆積物、充份之水分與足夠的坡度等三項，大多在豪雨期間發生在山坡地或山谷之中，主要特徵為流速快、泥砂濃度高、沖蝕力強、衝擊力大。發生土石流的過程中，必包含有發生區（坡度 15 -30 度）、流動區（坡度 6-15 度）及堆積區（坡度 3-6 度）(如圖十四、十五)，土石流概分為礫石型土石流、泥流型土石流、一般型土石流等，土石流單位體積重量約在每立方公尺 1,400-2,300 公斤間。而土石流常呈間歇性的流動，具有表面快而底部慢的特性，礫石型之土石流，其流速約在每秒 3-10 公尺，而泥流型之土石流則約為每秒 2-20 公尺；[9]土石流災害最嚴重的就是 98 年莫拉克風災小林村滅村事件（如圖十六）。

圖十四　土石流發生坡度示意圖



資料來源：同註 9

圖十五　土石流實景



資料來源：同註 9

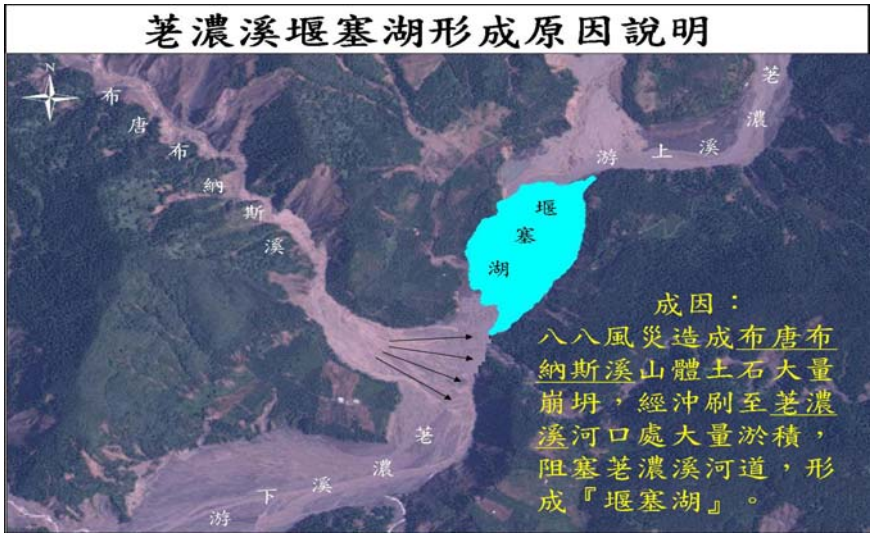
[9]交通部公路總局，http://www.thbtwo.gov.tw/web/technical_knowledge/report07.html.

圖十六　小林村遭土石流掩埋，是莫拉克颱風帶給臺灣的最大遺憾
(小林村土石流滅村災害前後對照圖)

資料來源：交通部公路總局，《莫拉克重建與復原》，2010 年 8 月，頁 29。

又由於山壁大量土石滑動，導致沿坡道路、橋樑損壞，交通中斷，同時土石阻塞河道，將形成堰塞湖(如圖十七)或阻塞河道，影響堤岸防洪功能及潰堤洪水威脅下游沿岸居民，堰塞湖可區分為三種，分別為高危型、穩泰型和即生即消型。[10]主要作業窒礙為覆蓋面積大，機具運輸困難、初期土質鬆軟容易沉陷與大體搜尋挖掘困難(如圖十八)。

圖十七　荖濃溪堰塞湖空拍圖



資料來源：同註 10

[10]陸軍工兵學校，〈荖濃溪與布唐布納斯溪河段堰塞湖研究報告〉，2011 年 6 月，頁 4。

圖十八　工兵部隊在土石流泥濘中執行大體搜救工作

資料來源：陸軍工兵學校提供。

四、建物倒塌

災害形成原因通常為地震直接影響，如土壤液化、地面斷裂、坡地崩塌、地層下陷，導致建築結構物可能產生沉陷、傾斜或破裂之現象(如圖十九)；亦可能為原本結構強度不足或受其他原因，工兵主要配合地方政府執行四樓以下危建物破拆任務。[11]一般而言，建築物常採半挖、半填的方式興建，地震時在軟弱基礎地層容易發生大幅壓密沉陷，造成基礎底版下方產生空隙而形成基礎破壞，[12]進一步造成房屋倒塌等災害導致人員受困與生命財產損失。作業窒礙之處計有建物持續倒塌及塊石掉落、餘震顧慮造成作業危安與危險建物過高不易拆除；須注意俟人員搜救階段結束，方可執行危建物拆除作業。

圖十九　九二一地震時建築物傾毀實況

資料來源：同註 12。

[11]國防部陸軍司令部印頒，《陸軍災害救援教範》(臺北：國防部，2003 年 4 月)，頁 3-18。
[12]國防部陸軍司令部戰訓處彙編，〈國防部陸軍司令部地震災防宣導資料〉，2010 年 4 月，頁 7。

依據歷次災害救援實例，歸納出工兵機械進行救援作業之特殊困難地形場景，計有懸崖峭壁、河川泥濘、土石坍崩、山壁坡道及危建物拆除等五類特殊困難地形場景（如表二）。

表二　工兵機械於災害救援時所需之特困地形作業技術區分

工兵機械於災害救援時所需之特困地形作業技術區分			
災害型態	災損型式	特困地形類型	工兵機械特困地形作業技術
震災	道路受損 人員受困 橋樑中斷 房屋毀損	山壁坡路 危建物拆除	挖土機 山區便道開設作業 / 危建物破拆清除 推土機 山區便道開設作業 / 大量土石推移
風災豪雨	山區道路受損 橋樑損毀中斷 山區獨困聚落 土石掩埋滅村 河道泥沙擁塞	懸崖峭壁 山壁坡道 河川泥濘 土石坍崩	挖土機 懸崖峭壁上下陡坡 / 沉陷自救互救 作業平臺開設 / 土石堆集防坍 河川泥濘地涉越與作業 / 人道搜尋技巧 推土機 懸崖峭壁上下陡坡 / 大量土石推移 陷車自救互救 / 河川泥濘地涉越與作業
大量土石坍崩	RC 結構物阻擋 土石掩埋人車 國道交通受阻	土石坍崩 危建物拆除	挖土機 混凝土障礙破拆 / 多階平臺聯合作業 人道搜尋技巧 推土機 大量土石聯合推移

資料來源：本研究整理

挖土機、推土機特殊困難地形救援作業技術簡介

「戰時向砲聲前進，和士兵在一起」、「平時向災區前進，與民眾在一起」，國軍工兵部隊因其組織、編裝與訓練之特性，必為搶險救災之第一線；而依據災害類型與災損型式，綜合研析主要工兵機械挖土機與推土機作業的種類與特殊困難地形所需的作業技術、方法、要領作一彙整歸納。特需注意執行特困地形救援作業時，一定要保持二部同型裝備共同作業，當有狀況時，可以相互救濟。

一、克服懸崖峭壁之作業技術

（一）挖土機上下陡坡之介紹：上陡坡前完成作業準備，人員確實繫上安全帶，檢查完機具，確認作用正常後依上陡坡作業要領，將附屬工具前置，土斗外翻並隨時保持距離地面 20-30 公分，驅動輪置後，隋輪朝前，以增加觸地履帶的附著力，保持一直線緩緩向上行進，如遇滑坡或需停止時，將土斗插入地面即可穩固機具，需注意大臂不可昇起，以免重心改變導致翻覆意外，如確有必

要需在陡坡行走轉彎時，應將速度放慢，左轉時向後轉動左履帶，右轉時向後轉動右履帶，這樣可以降低在斜坡上轉彎時的危險；挖土機下陡坡前應先調整使驅動輪在前，保持大臂與二臂約 120 度角，土斗最大面與坡面平行，調整二臂與大臂之角度，土斗最大面保持與坡面距離 10 公分，以低速檔向前行走（如圖二十二），有時因應地勢及斜坡狀況，挖土機會以分段梯層方式，以撥土壓實及從旁挖土填方等方式，開設作業平臺，下至坡底後，再次檢查機具，確保機具作用正常。

圖二十二　挖土機上下陡坡

資料來源：作者拍攝

（二）推土機上下陡坡之介紹：上下坡前必需先繫好座位安全帶，昇起附屬機具（前鏟刀與裂土器）距離地表 40 公分，[13]其高度需足以離開各種障礙物，在平地就調整好需要的速檔，選擇最合適的斜坡運行速度，運用低速檔行駛，保持同一速度，不可換檔，直上直下，不得橫向或對角線行駛，推土機上下陡坡時，應採緩慢倒車方式移動（如圖二十三），遇土石滑動或落石時，停止動作，將鏟刀降下，防止機具滑動，在靠山壁道路轉向時，使用靠內側的履帶轉向，保持鏟刀與前方懸空處至少一至二公尺，如行進於山壁坡道則推土機行進於內側，保持與坡緣一至二公尺之安全距離，行進直至坡頂為止，特需注意到，下坡時轉向的操作與在平地不同，當下坡時拉左轉向操縱桿時，推土機會偏向右轉，同理，拉右轉向操縱桿時，推土機會偏向左轉。[14][15]

[13]國防部陸軍司令部印頒，《推土機操作手冊-鏟刀操作注意事項》(臺北：國防部，2003 年 8 月)，頁 3-93。
[14]國防部陸軍司令部印頒,《推土機操作手冊-山坡地或山路作業注意事項》(臺北:國防部,2003 年 8 月),頁 4-2~3。
[15]當機具被其本身重量所驅動而往下坡方向行駛,或是當機具在斜坡上被所拖曳的機具往下推時,則機具將發生"交叉轉向"的情況，這意謂機具欲進行轉向的方向與機具實際所進行轉向的方向剛好相反的意思。

圖二十三　推土機上下陡坡(鏟刀均朝下坡方向)

資料來源：作者拍攝

二、涉越河川泥濘地區之作業技術

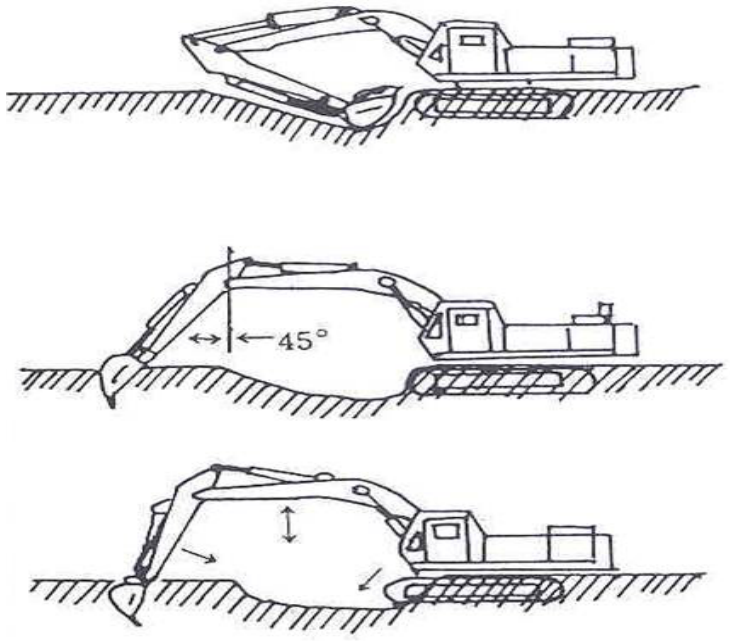
（一）挖土機涉越河川要領：涉越河川時，不得超過履帶支架滾輪一半的位置（如圖二十四），以免機具引擎受損，注意河水水位、流速、顏色及漂流物，必要時派遣專人於上游處警戒，涉越前律定好安全撤離位置，不要冒險作業。

（二）挖土機泥濘地區作業與沉陷脫困解脫要領：在泥濘地區挖掘作業時，要逐段墊土，以增加承載能力，不要一次裝土過多，注意挖掘範圍及不要過度延伸二臂，不要讓機具劇烈擺動，注意容許的水深；履帶陷入泥中較深時，在鏟斗下墊一木板支起履帶，然後在履帶下墊上木板等支撐物，將挖土機開出；若已被泥濘埋住時，則依照機具沉陷脫困的解脫方法操作（如圖二十五）。

圖二十四　挖土機河川泥濘涉越高度限制(履帶支架滾輪一半的位置)

資料來源：作者拍攝

圖二十五　挖土機沉陷解脫示意圖



(1)順解脫方向把土挖掉。
(2)在二臂垂直方向 45 度角的位置把鏟斗插入土中。
(3)用行走和二臂同時操作的方法，使車體自我解脫，此時如果稍微上下運動一下大臂也可使解脫變得容易。
(4)脫離沉陷後後，要徹底檢查及清除油管、引擎油底殼、散熱器上附著的泥土，並檢查是否變形。

資料來源：陸軍工兵學校機械組教學資料。

（三）推土機涉越河川泥濘地區作業時：在淺水地帶行駛和作業時，應以引擎冷卻風扇葉不接觸水面為水深限制，排除區域積水後，要將表面之薄層游泥刮除，在泥濘地區作業，因土質太軟，推土機容易下陷，必需成對作業，以便相互拖引沉陷之推土機，推土時要保持一側履帶在堅實地表上，每次推送時應與前一次推送處重疊，並注意另一邊及機具週圍狀況；推土機抵達至泥濘地填土邊緣時，鏟刀應稍提高，使填土較厚，爾後推土機經過此一新填之厚土區，即可產生壓實效果；倒車時鏟刀不可高舉，稍離地面即可；若已陷車，應將油門半開，緩慢的以一、二檔行駛，不可轉向，以免愈陷愈深，[16]設置橫越泥濘地之通路時，至少在其上填覆 30 公分之覆土，推土機方可越過其上，推出的便道寬度應足夠，以便其它機具跟進。

（四）推土機沉陷自救互救：當推土機持續沉陷無法脫困時，應立即熄火，不可使用鏈條來牽引，要用套環鋼索或具端環之牽引桿拖拉（如圖二十六），不

[16]國防部陸軍司令部印頒，《推土機操作手冊-填覆作業法》(臺北：國防部，2003 年 8 月)，頁 4-11~16。

得用另一台推土機將受困推土機直接推出，實施拖引時，只能連接在機架本身的牽引環，要有專人在安全處觀察，保持最小牽引角度，與正前方位置不得超過 30 度，逐漸平穩的移動機具，不要超過 2 公里/時，遇危安狀況立即停止，牽引機具移動但被拖引之推土機不動時，要立即停上拖引。[17]

圖二十六　推土機沉陷互助救濟作業

資料來源：陸軍工兵學校機械組教學資料。

三、大量土石移除作業要領

（一）挖土機大量土石移除作業要領：應設置多階作業平臺，多台挖土機在同一作業面進行機械開挖，挖土機間距應大於 10 公尺；多台挖掘機械在不同臺階同時開挖，上下臺階挖土機前後應相距 30 公尺以上，離下部邊坡一定的安全距離，在斜坡地段挖方時，應遵循由上而下、分層開挖的順序（如圖二十七），以避免破壞坡腳，引起滑坡；進行裝載作業時，要將挖土機停放在平穩或堅實土方的工作平台來工作，保持在挖土機中心線兩側各 15 度處，總共 30 度範圍內的最佳挖掘範圍，應儘量使挖土機與傾卸車保持在 60 度以內的迴旋角度，儘可能向左旋轉時，因為視野開闊，較不容易發生碰撞；從傾卸車後方開始裝車，不要將土斗越過車頭，以免發生意外；禁止高空卸載，以減小對車斗的撞擊破壞，從傾卸車車斗的前方開始，順序堆土，一般情況下，由前向後堆土，能夠很清楚地看見鏟斗的倒土狀況，有大石頭的時候，從後方開始堆土及砂子、碎石里面如混有大石頭，先在車箱後部堆出細小的土塊，然後再放置大石頭。這樣的話，就會減少對車斗的衝擊。

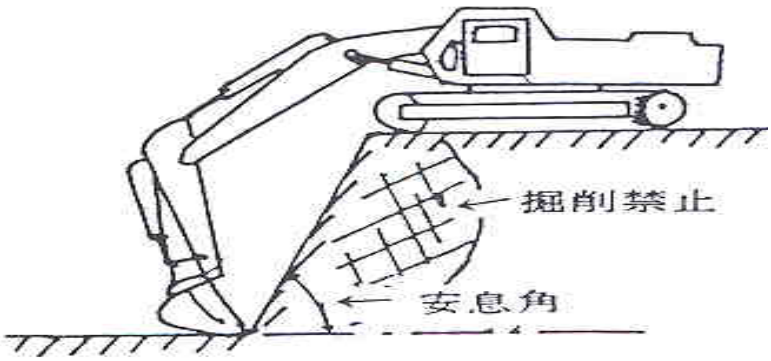
[17]《卡特彼勒 D7R 履帶式拖拉機操作和保養手冊》(桃園：卡特彼勒台灣分公司，1997 年 9 月中文版)，頁 61。

圖二十七　由上而下、分層開挖

資料來源：陸軍工兵學校機械組提供(國三道順向坡滑坡事件研究報告)。

開挖邊坡上方時，嚴禁切割坡腳（如圖二十八），以防導致邊坡失穩；當山坡坡度陡於五分之一，或在軟土地段，不得在挖方上側堆土；亦不要挖掘機器底下超過安全坡形的土壤，因為會造成機器的傾翻；尤其是在河川疏濬時，常因未保持與河岸安全距離，而導致支撐不足，裝備有側傾現象，此時應以附屬工具支撐，移動靠岸側履帶，並適當旋轉上運動體，使兩側履帶均能接觸地面，若無法自力脫困，應由另一部挖土機協助，墊土在懸空履帶之下方，協助脫困。

圖二十八　嚴禁切割坡腳



資料來源：陸軍工兵學校機械組教學資料。

（二）挖土機於大量土方坍崩地區挖掘搜尋要領：當有人車掩埋狀況發生，如有搜救及安全人員，應在機械回轉半徑以外工作。當必須在回轉半徑以內工作時，應停止挖土機並鎖制好後，人員方可實施細部搜救挖掘動作；對搜救或作業地區面積和高度較大的作業地區（土堆或深坑），通常採用分層挖土施工法

。使用大型履帶挖土機作業。如為軟土地基或在雨季施工，進入坑內行走需鋪墊鋼板或輔路基箱墊道；對大規模鬆軟土質開挖，如疏濬或土石流掩埋大體搜尋，可採用接力挖土法（如圖二十九），利用兩台或三台挖土機分別在不同標高處同時挖土。一台在地表，兩台在不同標高的臺階上，邊挖土邊向上傳遞，到上層由地表挖土機裝車，用傾卸車或推土機移運至棄土地點。一般兩層挖土可挖到正負 10 公尺，三層挖土可挖到正負 15 公尺左右，可避免將傾卸車開進挖掘區裝土、運土作業，可提昇作業效率。

圖二十九　由下而上的分層接力挖掘

資料來源：陸軍工兵學校機械組達邦疏濬教學資料。

（三）挖土機搜救技巧：搜尋現場通常是河床，滿佈漂流木及亂石，且含水量頗高，故需各作一土墩在履帶前，將履帶開上土墩以穩固機身，作一穩固平臺再行挖掘，當發現或被通知挖掘處，有遺體外露與疑似物體或跡象時，挖土機應停止動作，土斗外翻，高舉大臂，擺動二臂（如圖三十一），並長鳴喇叭數聲，旋轉 180 度，將土斗置於地面，停止挖土機並鎖制油壓操縱系統，現場交由救援人員接手。

圖三十一　發現疑似大體時，挖土機標準動作

資料來源：作者拍攝

（四）推土機於大量土石清除作業運用要領：多台推土機在現場實施聯合作業時（如圖三十二），前後距離應大於 8 公尺；左右距離應大於 1.5 公尺；若工程需要並鏟作業時，必須用性能妥善、機型相同的推土機，高低差 2 公尺以上之填溝或回填土時，禁止推土機鏟刀接近溝槽邊緣或履帶接近工作面邊緣 1~2 公尺，用一鏟頂一鏟的推土方法填土，並換好倒車檔後，才能提升推土鏟進行倒車，推土機回填時，以 90 度角推物料填入溝渠，在新回填處不要盤旋（轉向或調頭），在鬆軟土石區域作業及多機聯合作業時，要指派專人負責安全管制，遇狀況立即示警，採取相應措施。

圖三十二　林邊溪疏濬施工作業實況

資料來源：國防部陸軍司令部工兵處，〈88 莫拉克風災紀實〉，2010 年 9 月，頁 13。

四、山壁道路開設作業

山區道路主要中斷形式分為兩種，一是原有路基受土石掩埋，一是路基流失，由於山區地質狀況複雜敏感，特別訓練要幹部危險地形判別，同時指派專人注意邊坡落石及滑動狀況，作業時開設 5.5 公尺之寬度，內低外高之臨時道路，保持二部裝備一前一後實施作業。

（一）挖土機坡道開設作業要領：當山區道路土方石塊坍塌，路基完整僅交通受阻，需實施道路土石清除時，土方開挖必需自上而下，分層實施，嚴禁擅自先挖坡腳，，作業時可先整理而非移除坍塌區域土石，以能通過挖土機、推土機即可，隨後再搶通為可通行四輪傳動車輛的便道；注意上方可能持續崩落之土石，要小心碎石滾落等徵侯，極有可能是另一場山壁土石崩坍發生的前兆；注意隨時保持距離工作面邊緣 1 公尺以上；當進行路基流失搶通作業時，如高度較高則多自靠山壁處向上向內再挖一便道（如圖三十三），道路旁高度較低或是溪流時，則是向下開設便道，繞越斷點處；如在坡道上實施大面積填方

應該分層填築，一般每層 20-50 公分，儘量層層壓實；在斜坡上填土，為防止新填土方滑落，應先把土坡挖成向內傾斜的臺階，臺階寬度不應小於 l 公尺然後再填方，這樣可保證新填土方的穩定；注意隨時保持距離道路邊緣 1 公尺以上；在挖方的邊坡上如發現岩（土）內有傾向挖方的軟弱夾層或裂隙面時，要小心可能會發生滑坡事故。

圖三十三　台 20 線 148k-176k+600 沿山壁開挖便道搶通實況

資料來源：交通部公路總局，《莫拉克重建與復原》，2010 年 8 月，頁 51。

（二）推土機上下坡道開設要領：下坡道應以山側除土作業法，將推土機由平緩山坡駛向山頂，築出安全平台，由坡頂向坡底推挖，先將積土集中再將多次之積土，一次直推至坡底，減少多次往返。基於裝備特性及作業安全，應使推土機在預想構築之道路上，由上向下的向下坡方向剷推，以提高作業之效率，鏟推後將內側鏟成斜坡，路面應鏟修成外高內低，可作短程之轉向，將棄土推出路外，轉向時操縱靠山壁內側履帶，作轉向動作，推土機的鏟刀應離邊坡邊緣 1 至 2 公尺，不准將鏟刀抵靠邊坡的邊緣，開挖之道路應有足夠之寬度，以利爾後機具跟進；[18]進行上坡路作業時，應運用坡道鋪土之作業要領，挖鬆土堆後利用鏟刀背部，以下刮壓力後退，將土鋪成斜坡，持續進行直到整個坡道完成為止，每次推集終了，鏟刀應略予升起，使卸土點較厚實，防止推土機前傾下陷或翻落，需精確操作推土機，倒車時將鏟刀放下，可將粗糙之地面刮平。[19]

[18]國防部陸軍司令部印頒，《推土機操作手冊-山側除土作業技術》(臺北：國防部，2003 年 8 月)，頁 4-19~20。
[19]國防部陸軍司令部印頒，《推土機操作手冊-搭建坡道鋪土作業》(臺北：國防部，2003 年 8 月)，頁 4-22~23

五、危建物拆除作業

本軍工兵部隊現有 320DL、312CL 及 M320DL 挖土機均裝置快速連接器，且運用方式皆相同，可以使操作人員以最短時間快速的更換附屬工具。[20]320DL 及 M322D 挖土機均配賦 MSBMSRC1500H 油壓破壞剪，312CL 挖土機則配賦 MSB-MSRS3000H 油壓破壞剪。[21]

使用挖掘機拆除建築結構物時，作業人員應分析建築結構物倒塌方向，在挖掘機駕駛室與被拆除建築結構物之間留有塌倒的空間；通常先破除垂直壁，再打掉地板，再後由建物內部開始，逐步削弱支撐柱，利用重力及拖拉，完成危建物拆除作業，拆除作業時，可運用挖土斗、油壓破碎機及破壞剪破壞牆面或樓板結構（如圖三十四），並將拆除後產生之廢棄物實施裝載清運作業。[22]

圖三十四　挖土機運用附屬工具進行拆除作業(由左至右分別為土斗、破碎機及破壞剪)

資料來源：同註 20，頁 1-14。

工兵機械特殊困難地形救援作業訓練概述

一、訓練課目及內容規劃

為提昇工兵機械執行特殊困難地形救援作業技能，自歷次災害救援實務中，檢討研析挖土機及推土機等機具相關之基礎技術，並將其訓項標準化，藉以建立操作手執行相關救援任務時之基礎技能，與安全防險之觀念，並以彷真場景訓場模擬實作、影帶教學（如圖三十五）[23]與移地訓練等方式，將工兵機械特困地形救援作業，納入相關專業專長班隊施訓。國軍是國家的軍隊，是百姓的

[20]陸軍司令部印頒，《陸軍卡他皮拉 320DL、312CL、304C、M322D 挖土機操作手冊(第一版)》(臺北：國防部，2009 年 11 月)，頁 4-226。

[21]同註 20，頁 4-246。

[22]同註 20，頁 1-10、1-11。

[23] 陸軍工兵學校已於 2010 年 12 月完成挖土機及推土機特困地形作業景況影帶，計有挖土上下陡坡等 11 段，並已納入相關專業專長班隊教學課程。

守護者，負有保家衛國的神聖職責，工兵部隊因組織型態、裝具訓練，為最具災救能力之專業兵種，惟為使工兵部隊面對特殊困難地形，仍能順行遂行交通搶修之救援任務，除與公、民交通公路單位持續交流（如圖三十六）相關特困地形作業技術要領外，[24]並設置相關訓場，[25]以加強工兵部隊執行搶險救災之專業能力（如圖三十七）。

圖三十五　工兵機械特困地形教學影帶翦影

資料來源：陸軍工兵學校，〈特殊困難地形救援課程教學規劃報告〉，2010 年 11 月。

圖三十六　公路總局第三工務處高雄甲仙段徐文義段長(左)與陸軍工兵學校機械組教官交流救災經驗。

資料來源：作者拍攝

[24]陸軍工兵學校，〈公路總局甲仙工區」觀摩暨經驗交流報告〉，2010 年 11 月。
[25]陸軍工兵學校，〈特殊困難地形救援課程教學規劃報告〉，2010 年 11 月。

圖三十七　陸軍工兵學校工兵機械合格操作手訓練流程圖

資料來源：陸軍工兵學校提供。

（一）挖土機訓練課目及內容

1.國軍各式挖土機基礎與聯合作業訓練

課程內容為國軍各式挖土機基礎作業與聯合作業訓練，使學者瞭解裝備性能，具備基本操控能力，進而熟悉裝備操作技術，具備聯合作業能力。

2.災害類型與國軍救援作業實例

課程內容為籍國軍曾經執行之各類型重大複合式災害救援實例，分析災損型式與挖土機實際救援作業經驗，建立學者安全作業之觀念，並藉影帶教學講授專業技巧重現災救現場景象，鍛鍊學者心智，灌輸正確救援作業觀念，使學者面對未來可能發生之景況，能作、敢作、願意去作。

3.挖土機特殊困難地形救援作業訓練

（1） 陡坡機動與作業要領：訓練學者使用履帶式挖土機，在特殊困難之地形，運用一定之作業技巧與安全防險的要領，在不籍助外力狀況下，操控挖土機自力且安全的上下陡坡；同時籍實作要求學者遵守相關安全防險注意事項，訓練學者遇滑坡時如何自救，如何在陡坡分層開設安全作業平台等防險自救作為。

（2）河川涉越與泥濘地作業要領：訓練學者遇到河川與泥濘水塘時，安全涉越之作業要領，與泥濘陷車如何進行沉陷脫困之方法。

（3）大量土石移除與搜尋作業要領：課程主要訓練學者執行大量土石移除作業時，如何分層進行，同一平層與不同臺階與距工作面邊緣之安全間距，分層開挖之順序，裝載與移運最佳工作效率之作業要領，鬆軟土質地區與撥尋作業技巧，與土石堆集防坍之要領。

（4）山壁坡道開設作業要領：主在訓練學者，遇到山區道路不同的中斷形式時，如何運用挖土機搶通道路與相關作業安全注意事項。

（5）危建物拆除作業要領：危建物拆除作業是在訓練學者，如何運用挖土機不同之附屬工具，如油壓破碎機、油壓破壞剪實施作業，同時訓練學者建物拆除順序與安全作業注意事項。

4.救援作業綜合演練

在依循先求標準動作熟練，再要求作業能量，不訂作業限制時間，不超越安全限制的原則下，使學者逐項、逐動，自力操控挖土機於特殊困難地形各作業訓場，完成各項救援作業工作，使學者熟稔作業技巧與自救要領。

（二）推土機訓練課目及內容

1.國軍現有推土機基礎操作訓練：課程內容為國軍履帶式推土機基礎作業與聯合作業訓練，使學者瞭解裝備性能，具備基本操控能力，熟悉裝備操作技術，完成推平、鋪散、集土、整平等工作。

2.災害類型與國軍救援作業實例：課程內容為籍國軍曾經執行之各類型重大複合式災害救援實例，分析災損型式與推土機執行救援作業之經驗，建立學者作業安全與自救防險之觀念，並藉影帶教學講授專業技巧重現災救現場景象，鍛鍊學者心智，灌輸正確救援作業觀念，使學者面對未來可能發生之景況，能作、敢作、願意去作。

3.推土機特殊困難地形救援作業訓練

（1） 陡坡機動與作業要領：訓練學者使用履帶式推土機，在陡坡地形，運用作業技巧與遵守安全防險要求，在不籍助外力狀況下，操控推土機自力

上下陡坡；同時籍實作要求學者遵守相關安全防險注意事項，訓練學者上下陡坡時，遇到滑坡、引擎熄火時如何自救，等安全防險具體作為。

（2）河川涉越與泥濘地作業：訓練學者涉越河川與在泥濘地區開設通路時，相關安全作業技巧與要領，與在泥濘地作業陷車時，如何進行沉陷脫困，自救互救之方法。

（3）大量土石推移作業：訓練學者運用推土機之能力與特性，執行大規模土石推移作業方法與聯合作業運用要領，遇困難地形與障礙物時，如何正確的操作機具，鬆軟土質地區與多機聯合作業要領。

（4）山壁坡道開設作業：訓練學者運用推土機，執行山壁坡道開設作業時，相關的安全作業要領，移用山側除土與坡道鋪土之作業方法開闢上下坡道，特別是在山區道路轉向推土與接近邊緣之安全作業方法。

4.救援作業綜合演練：為使學者熟稔推土機特殊困難地形作業技巧與自救要領。同挖土機一樣，在依循先求標準動作熟練，再要求作業能量，不訂作業限制時間，不超越安全限制的原則下，使學者逐項、逐動，自力操控推土機於特殊困難地形各作業訓場，完成推土機各項救援工作，以驗證訓練成效。

二、訓練場地設計

因應工兵機械救援作業訓練課程及訓項需要，區分各類型作業之不同與模擬場景之需要，設計工兵機械特殊困難地形作業訓場（如圖三十八），區分各類型救援作業訓場，經研究分析後設置下列五種訓場，模擬場景及基本設計分別敘述如下：

（一）懸崖峭壁作業訓場：模擬場景為莫拉克風災時，新發大橋斷橋峭壁現場景況，高度至少 13 公尺，坡頂至少有 6 公尺之平台，寬度至少 12 公尺，依 1:1.1 之坡度放坡，區分左右坡道，各寬至少 6 公尺，一側為連續上下坡道，坡度為 35~45 度，另一側為分層平台下坡道，[26]上層坡長至少 15 公尺，坡度在 45 度，作業平台靠近下方地表，長度至少 4 公尺，距地面至少 2 公尺，平台旁需堆集適當土方，下層坡度應在垂直或 70 度以上；地表處應有足夠之延伸距離，至少 11 公尺，供挖土機執行自我檢查；另設置一坡道，供推土機上下坡道之用，高差至少 2 公尺以上，坡度在 30 度，坡道長度至少 10 公尺，上下方出入口平台至少需有六公尺，可安全停放推土機與堆集土方。

（二）河川泥濘作業訓場：模擬場景為新發大橋荖濃溪斷橋現場，土石流初

[26]依挖土機操作要領，盡可能挖土機向左旋轉，為求作業視野良好，分層平台下坡道建議在左側。

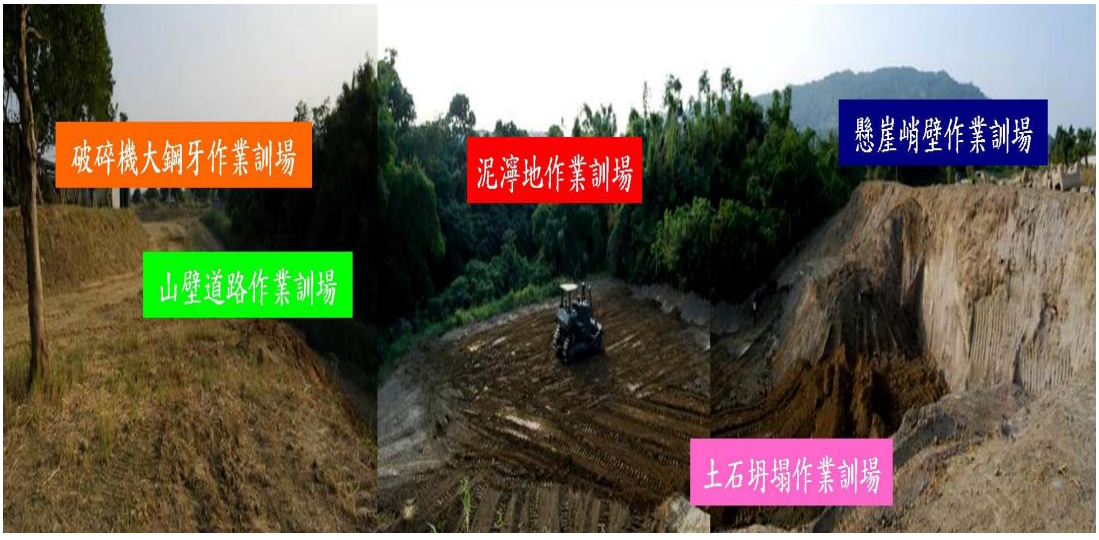
期與疏濬作業現地實況，於地表挖一長、寬各 5 公尺，深 1 公尺之土坑，並將掘出之土方，在距土坑進出入之另一側邊 1 公尺處，堆成長寬各 5 公尺之平台，以供訓練單側履帶滑坡自救之用，訓練時可儲存雨水，以模擬實際涉水高度及履帶泥濘景況；另可放置數個水泥或金屬涵管，供搭建涵管便道訓練之用。

（三）土石坍塌作業訓場：模擬場景為小林村土石流及國道三號滑坡事件之景況，主要區分二層，高差至少 5 公尺，上層寬 5.5 公尺，設有長約 6 公尺之搜救作業平台，供履帶式小型挖土機進行搜救作業訓練，設有進出坡道，坡道坡度不得大於 30 度；下層可設置工作平台，需有足夠之作業寬度，供訓練挖土機與傾卸車裝載作業之用。

（四）山壁道路作業訓場：模擬場景為 921 地震及莫拉克風災，山區道路搶通之場景，訓場距地表高差至少 2 公尺，寬 5.5 公尺，長約 30 公尺，距進出入 10 公尺處，設置一長 3 公尺之土堆，模擬山區道路遭土石掩埋，再距離 10 公尺處，設置一寬 2 公尺，深 1 公尺之下邊坡缺口，模擬路基流失場景，缺口旁需有足夠土石，供挖土機填覆缺口之用。

（五）危建物拆除作業訓場：模擬場景為 921 地震與國道三號滑坡事件現地景況，設置一長、寬各 20 公尺之平整場地，場地中央放置消波塊、大石塊與裸露鋼鐵之 RC 水泥塊，供附屬工具作業之用。

圖三十八　特殊困難地形作業訓場實景



資料來源：作者拍攝調製

三、初步訓練成效

陸軍工兵學校依據國防部陸軍司令部指導，已於 2010 年起，執行工兵機械特殊困難地形救援作業訓練，經統計當年度挖土機專業專長班隊已施訓 11 期 225

員、堆土機專業專長班隊已施訓 11 期 154 員，[27]訓後均投入部隊，執行各項災救演訓及救援任務。

圖三十九　特殊困難地形作業訓練實況

資料來源： 作者拍攝

研究發現與建議

一、研究發現

（一）一現階段僅陸軍工兵學校設有工兵機械特殊困難作業訓場，主要提供相關專業專長士官兵接受基礎訓練之用，部隊基訓或駐地訓練均無相關訓練及場地，人員訓後無法持續熟裝訓練，影響作業技能的維持。

（二）國軍現有挖土機、推土機僅部份裝備同時具備防翻覆及防墜落物之防護結構，部份推土機更僅具防翻覆結構，遭受大量土石崩塌掩埋時，操作手幾無生路，另相關安全帶應每三年定期更換，確保作用正常，裝備無法安裝通信設備，通信聯絡不易，應予改善。

（三）現階段特困地形救援作業訓練，常受班隊人數、教學師資、妥善裝備數量及當時氣侯影響，導致訓練成效有限。

二、建議

（一）建置工兵部隊救援作業訓場，供工兵部隊基地訓練時全裝進訓使用，磨練各級官兵災救指揮與作業能力，以提昇陸軍工兵部隊災救專業；現階段可先於各作戰區工兵部隊所在地，選擇一空曠處或空置營區，依訓場設置標準，以土方堆集方式，設置救援作業訓場，供駐地訓練使用，維持人員專業災救技能。

[27] 有關接受過特殊困難地形作業訓練人員期數與人數係由陸軍工兵學校教務處提供。

（二）強化救援裝備安全裝置，針對現有工兵裝備應提昇防護標準，全面清查座椅安全帶作用仍否正常，以確保執行救援任務時，人員安全無虞。

（三）開辦工兵機械救援作業複訓專精班，小班制教學，展開為期二週的救援作業專精複訓，開班時排除其它同性質裝備班隊，同時以1：6比例調派各工兵群或基訓部隊，具豐富災救經驗資深士官擔任助教，施訓時間應在每年十月至四月期間，避開梅雨及颱風季，以排除天雨無法施訓與訓後可立即投入防災整備任務。

結　語

災害救援就是一場沒有敵火的戰爭，未來我工兵幹部仍應持續精進各項工兵機械專業技術，以感同身受的同理心，確實作到以主動、積極的精神，在國家及人民有需要時，展現工兵專業能力，發揚我工兵部隊逢山開路、遇水架橋之精神

作者簡介

鄭叔明士官長，陸軍工兵學校技勤常士班三十期、工校士高班三期、陸軍士校士官長正規班十三期；曾任助教、教官，現任職陸軍工兵學校機械組教官。

參考文獻

一、國防部陸軍司令部編印，《921地震10週年口述歷史》，2009年9月。

二、陸軍工兵學校，〈921震災暨回顧〉，http://10.113.44.18/校史/921/main.htm

三、國防部陸軍司令部工兵處，〈88莫拉克風災紀實〉，2010年9月。

四、陸軍工兵學校，〈2010年工兵學用會報-國3號道基隆段救災心得報告簡報〉。

五、陸軍工兵學校機械組達邦疏濬教學資料。

六、陸軍工兵學校機械組高屏溪疏濬移地訓練教學資料

七、黃一翔，〈工兵疏濬清淤 創造國防民生雙贏〉《青年日報》，2012年5月30日，版3。

八、交通部公路總局，《莫拉克重建與復原》，2010年8月。

九、吳淵洵、周南山，〈台灣山區道路邊坡災害及搶修處理工法之探討〉《臺灣公路工程》(臺北)，第32卷第12期，交通部，2006年6月。

十、張道光，〈山區道路坡地災害防治技術整合研究〉(台北：交通部運研所港灣

研究中心)，2009 年。
十一、國防部情次室國軍氣象中心，〈土石流簡介專題報告〉，http://mwc.mil.tw/.
十二、交通部公路總局，http://www.thbtwo.gov.tw/web/technical_ knowledge/report07.html.
十三、陸軍工兵學校，〈荖濃溪與布唐布納斯溪河段堰塞湖研究報告〉，2011 年 6 月。
十四、國防部陸軍司令部印頒，《推土機操作手冊》，2003 年 8 月。
十五、國防部陸軍司令部戰訓處彙編，〈國防部陸軍司令部地震災防宣導資料〉，2010 年 4 月。
十六、陸軍司令部印頒，《陸軍卡他皮拉 320DL、312CL、304C、M322D 挖土機操作手冊(第一版)》，2009 年 11 月。
十七、《卡特彼勒 D7R 履帶式拖拉機操作和保養手冊》，1997 年 9 月中文版。
十八、陸軍工兵學校，〈特殊困難地形救援課程教學規劃報告〉，2010 年 11 月。
十九、陸軍工兵學校，〈「公路總局甲仙工區」觀摩暨經驗交流報告〉，2010 年 11 月。
二十、國防部陸軍司令部印頒，《陸軍災害救援教範》。
二一、陸軍工兵學校 101 上半年定期師資集訓挖土機特殊困難地形救援作業簡報資料。