礦渣堆積邊坡整治-以臺北市萬山煤礦為例

游景翔[1]　黃英傑[2*]　傅文鵬[3]

摘　要　臺北市士林區萬山煤礦邊坡屬山腹型礦渣堆積，因礦渣邊坡底部受溪溝沖蝕影響而發生局部崩塌，為避免崩塌災害持續擴大，影響居民生命財產安全，故臺北市政府工務局大地工程處於 101 年度辦理該區整治工程。本文為介紹礦渣堆積邊坡整治方法與成效，期介紹內容能提供類似之礦渣邊坡案例整治設計之參考。

關鍵詞：礦渣、崩塌、砌石護岸、打樁編柵

Treatment of Slag Slopes - Example of Wanshan Colliery in Taipei City

Ching-Hsiang Yu[1]　Ying-Chieh Huang[2*]　Wen-Peng Fu[3]

ABSTRACT　The hillside slope of Wanshan colliery is located in Shihlin district at Taipei city and is accumulation by the slag. The partial collapse of the slope was caused by the toe erosion. To avoid the expand disasters of slope collapse and to protect the safety of life and property. The process of the slope protection was leading by the GEO of Taipei City in 2012. This article is to introduce the stabilization method of the slag slope and looking forward to provide the reference of the similar slag slope case.

Key word: slag, collapse, masonry revetment, wattle fence

〔1〕臺北市政府工務局大地工程處坡地整治科正工程司
Engineer , Slope Conservation Section ,Geotechnical Engineering Office,Public Works Department of Taipei City Government, Taiwan
〔2*〕臺北市政府工務局大地工程處坡地整治科幫工程司（* 通訊作者 E-mail: ge-10507@mail.taipei.gov.tw）
Asistant Engineer , Slope Conservation Section ,Geotechnical Engineering Office,Public Works Department of Taipei City Government, Taiwan
〔3〕長碩工程顧問有限公司副總經理
Vice General Manager, Artech Engineering Service Inc., Taipei 106, Taiwan

一、前言

臺北市士林區已停採之萬山煤礦邊坡屬山腹型礦渣堆積，位於小溪谷旁山腹至溪谷，頂部成一平台，外緣向下堆至溪谷，目前礦渣邊坡底部局部受溪溝沖蝕影響而發生崩塌，為穩定坡面防止崩塌及避免災害持續擴大，影響居民生命財產安全，故臺北市政府工務局大地工程處(以下簡稱本處)於 101 年度辦理該區整治工程。整治工程施工已於 101 年 10 月完成。本文為探討礦渣堆積邊坡整治方法及成效，期探討內容能提供類似之礦渣堆積邊坡案例整治設計之參考。

二、基本資料調查與分析

2.1 地理位置

基地位於士林區至善路 3 段 336 巷，可由至善路 3 段右轉萬溪產業道路，向上行駛約 5 公里後抵達位於左側之 336 巷基地。

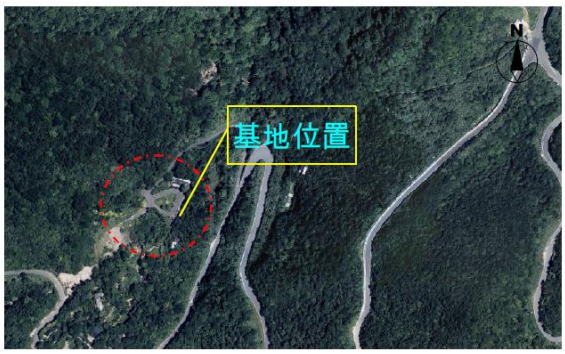

圖 1 基地地理位置圖
Fig.1 the location of the site

圖 2 基地地形
Fig.2 the shape of the site

2.2 地形

基地高程為 EL.420m 至 EL.500m，地處畚箕形山凹出口處，礦渣堆置積成平台，礦渣堆置邊坡坡度約為 40 度，山凹兩側邊坡較陡，坡向大致為東南至西南方向，山凹處有常流水之溪溝，溪溝於房舍周圍以地下箱涵方式通過，下游管涵出口處溪溝北側屬萬山煤礦礦渣堆積邊坡，更下游至至善路三段橋樑間溪溝，局部已有方籠護岸整治處理。萬山煤礦屬山腹平台型礦渣堆，位於小溪谷旁山腹至溪谷，頂部呈一平台，外緣向下堆至溪谷，目前礦渣邊坡底部局部受溪溝沖蝕影響，而有發生小規模之崩塌。區域地形如圖 2 台北市千分之一地形圖所示。

2.3 地質

臺北市環境地質圖顯示本區主要地層為石底層之砂頁岩互層，岩層位態 N2°E/8°W，鄰近之地質構造為崁腳斷層，並有礦渣堆積及溝狀侵蝕等敏感區存在，本區位於崁腳斷層西北側之下盤，東距崁腳斷層約 200 公尺，岩層傾角低平。由相關礦渣地質調查成果，本基地礦渣厚度約 2.7～15.85m，由煤渣及崩積塊石組成，環境地質及鑽孔位置如圖 3 所示，地質剖面圖如圖 4 所示。

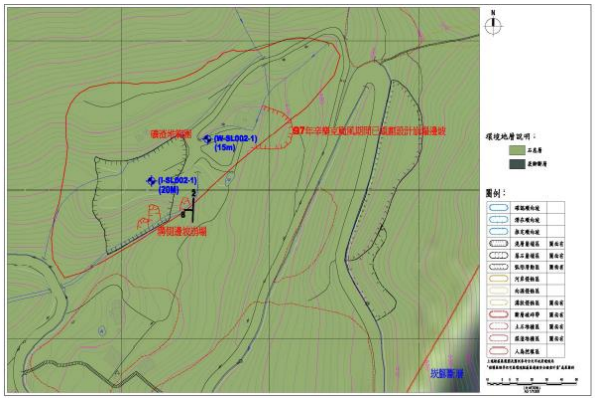

圖 3 環境地質及鑽孔位置圖
Fig.3 the geology about the site and the location of the boreholes

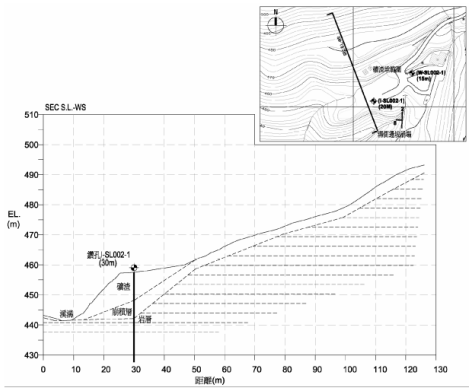

圖 4 地質剖面圖
Fig.4 the geology section drawing

礦渣堆係由強度不高之岩石經裂解開挖後大小及形狀不一之岩塊、岩屑混雜堆積而成，新鮮時略呈灰至暗灰色，含有甚多黑色煤屑；經長期風化後，部分逐漸轉變為黃褐色，且組成岩石的顆粒受風化影響而逐漸變細。因此，礦渣可以視為一種無方向性的均質工程土壤或崩積層，組織鬆散不良，不整合地覆於原地表之上。就土體性質而言，礦渣類似未固結之礫石層，其顆粒度呈兩極分布，粗粒者成分為角礫狀岩塊（相當於礫石層中之礫），細顆粒成分（粒徑小於 2 公釐）稱為基質。若依顆粒與基質之接觸結構關係可將礦渣分為兩類，即顆粒支撐型與基質支撐型，前者岩體之強度較高，後者則較弱。礦渣在初始堆積時，顆粒支撐型者應較多，但隨時間的增長風化漸趨嚴重，可能逐漸轉為基質支撐型，尤其靠近地表附近者最為明顯。因此礦渣體之強度會隨時間而降低，這個因素說明了何以礦渣堆在堆置了數十年之後，仍會不斷地發生坍塌的現象。另礦渣因疏鬆而具有高孔隙率及滲透率，常飽含自由地下水且自由地下水水位升降快速，這些因素促使組成礦渣之岩石快速風化崩解，強度逐漸減弱，因此礦渣堆具有壓密沉陷的特性。北部地區主要煤層所在地層砂岩或粉砂岩之單壓強度，石底層者平均為 88.75kg/cm2，木山層者平均 269.8 kg/cm2，大部分屬於 R2 級弱岩，少部分木山層砂岩屬於中強岩；頁岩及砂頁岩薄互層或薄紋層因層理及頁理發達，極易沿此等弱面剝離，故強度極弱均屬於 R2 級弱岩，甚至 R1 級甚弱岩，而本基地礦渣岩層大部份屬石底層。本基地由溪底礦渣邊坡坡趾出露礦渣堆情況，現況堆

積表層屬基質支撐型，內部可能介於基質支撐型至顆粒支撐型，故呈現本陡峭堆積之礦渣邊坡，而表層礦渣邊坡在長期持續風化下，仍可能發生表層沖蝕之情況。於本處 96 年度「臺北市 10 處高風險礦渣地巡勘觀測」委託技術服務案，曾針對相關石底層礦渣地調查之土層試驗結果共 19 組進行參數統計分析如圖 5 所示。

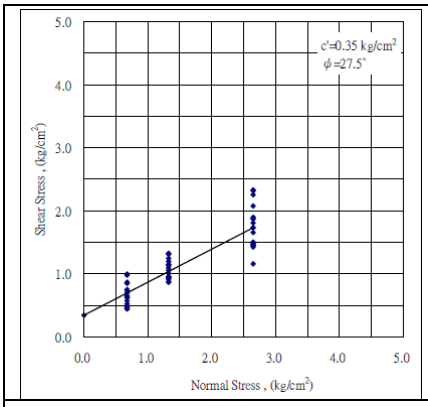

圖 5 礦渣地土層試驗統計分析結果圖
Fig.5 the statistics and analysis figure of soil test

常見之礦渣崩塌類型如下述：

1. 淺層崩塌

常發生於礦渣外緣陡坡，通常因植生不易及地表逕流之沖蝕，或者下方溪溝之侵蝕坡腳，或者為向源侵蝕的擴展，致產生淺層崩塌，使頂部之礦渣平台逐漸後退。此種淺層崩塌的特徵是沒有一個明顯滑動面，崩塌之面積及量均小，屬於一種漸進式的逐漸擴展。本基地礦渣邊坡有受下方溪溝侵蝕坡腳而導致局部表層崩塌之情況。

2. 弧形崩塌

在礦渣量大且厚的邊坡，因豪雨致地下水位急速上升，甚至在外緣坡趾附近產生管湧(piping)現象時，終至產生弧形崩塌。弧形崩塌之崩滑礦渣量最大，其所造成之災害也最大。本基地邊坡坡趾處無明顯有地下水滲出之情況，有發生較大型之弧形崩塌之可能。

3. 土石流

更甚者當上游礦渣堆發生沖蝕、淺層崩塌或弧形崩塌時，大量土石在飽和水分後向下流動，便形成土石流災害。土石向下流動將刮蝕兩側土地，破壞道路及已整治河道，甚至往下游堆積時埋沒房舍、道路、農地等，引致巨大生命財產損失。

故防止或疏緩礦渣堆易發生之崩塌模式，為本基地需關注之重點。

2.4 環境水系

本基地凹谷範圍中有一常流水之溪溝，溪溝於房舍周圍以地下暗渠方式通過，暗渠上游地區之集水面積約為 23.6ha(集水區 A)，環境水系如圖 6 所示。平台下方之暗渠，上游入口處為砌石梯型溝渠、下游為 1m 直徑管涵；其餘坡面平台西北側道路旁有拍漿溝，於礦渣邊坡平台上邊坡末端向西南方至善路橋樑旁排放，該處於平台末端未設置排水設施之地點，有明顯沖蝕之情況；而於東南方溪溝南側邊坡，並無排水設施設置，於現有步道旁可見寬 50~60cm、深 20~70cm 之蝕溝，相關環境水系與集水區如圖 6 所示。

圖 6 環境水系圖
Fig.6 the drainage map

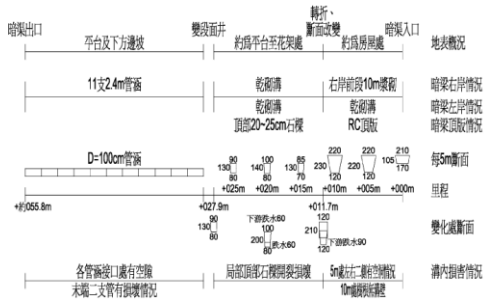

圖 7 暗渠調查圖
Fig.7 the figure of underdrains investigation

依據暗渠調查結果，由上游入口處往下游前進，約有 27.9m 砌石梯形暗渠，其末端連接 11 支 2.4m 長、1.0m 直徑 RCP 管涵排出。

砌石梯形暗渠頂部由寬約 20~25cm 之密排石樑橫架於溝壁上，於上游北側約 10m 為漿砌，其餘均屬乾砌，砌石暗渠入口處前 10m 斷面較大(底寬*頂寬*溝深約為 120~170*210~220*105~230cm)，之後斷面變小(底寬*頂寬*溝深約為 70~80*90~100*130~140cm)，末端之 RCP 管涵直徑為 1.0m。暗渠內於上游向下游方向於 5m 處二側有空洞情況，於 10m 處有受樹根影響損壞情況，另頂部石樑零星有於中間斷裂情況，下游管涵於管接縫處均有空隙情況，於最末端出口二支管涵局部有破損情況，如圖 7 所示。

三、整治設計方案

本基地礦渣堆積邊坡除因下方溪溝沖蝕局部發生崩塌外，並未明顯有大型崩塌發生，故以避免裸露表層沖刷及發生大型崩塌(弧形滑動)與逕流疏導之課題進行規劃改善，改善對策說明如下：

3.1 礦渣堆置邊坡防護與排水改善

1.坡頂設置排水設施：

安全有效導引逕流至下方溪溝中，避免逕流於坡面中流竄，導致礦渣邊坡表層發生沖蝕，另為避免因礦渣沉陷水溝開裂導致逕流下滲情況，水溝型式原則採用 L 型及 U 型之鋼

筋混凝土溝，或配合自然景觀需求於面層採用砌塊石溝。

2.坡趾溪溝護岸整治：

溪溝治理規劃利用現有溝內塊石進行堆砌護岸，避免溪流沖蝕趾部導致礦渣邊坡發生大型崩塌；設置固床工加固溪床；並配合打設橫向排水管加速導除礦渣邊坡中之地下水，減低因地下水上昇導致邊坡發生大型崩塌之情況。

3.坡面植生復育：

於崩塌裸露採打樁編柵方式，加速植生復育，減少坡面沖蝕。

4.溪溝中規劃土石堆積空間：

於整治溪溝內，配合固床工及砌石潛壩規劃土石淤積空間，配合設置清淤便道，於礦渣邊坡表層發生沖刷局部土石流失時，土石可堆積於其間，減低對下游地區之影響，並方便清理。

3.2 溪溝與暗渠改善

現況溝渠排洪斷面不足，且內部管涵及暗渠內部有破損情況，故予以改善。改善方案原考量依原有暗渠採箱涵方式開挖改善，惟既有管涵出口與平台高差甚大，且平台下方主要為大型安山岩塊石堆積，開挖深且擋土設施設置不易，故採用於平台地面設置砌石混凝土護岸方式進行改善。

上述工程整治以經濟有效方式增加溪溝上游地區邊坡之穩定，及加強區域縱向排水之安全導流，能增進區域邊坡及下方萬溪產業道路之安全，並達水土保持之成效。

四、整治工程施工成果

4.1 砌石護岸與固床工工程

砌石護岸與固床工工程由上游至下游分為房舍後方上游段(W1)、平台處中段(W2)及原有溪溝下游段(W3)，長度分別為 69.1 公尺、76.1 公尺及 80.7 公尺，施作位置及構造圖如圖 8 至圖 11 所示。

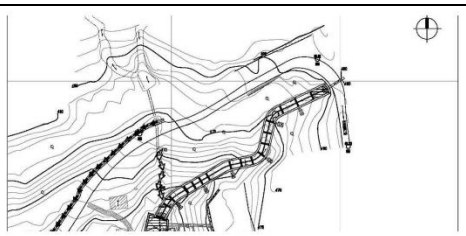	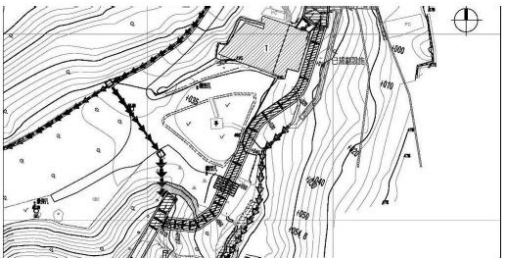
圖 8 上游段(W1)砌石護岸施作位置圖	圖 9 中段(W2)砌石護岸施作位置圖

Fig.8 the location of W1 masonry revetment	Fig.9 the location of W2 masonry revetment
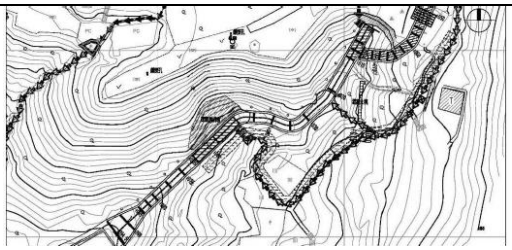	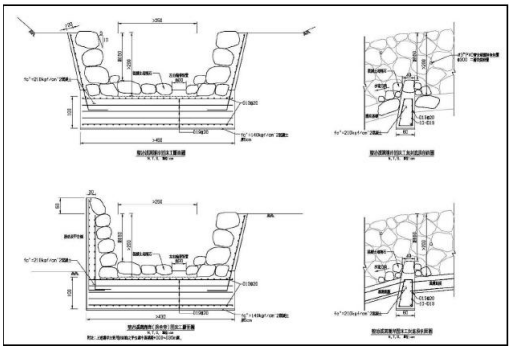
圖 10 下游段(W3)砌石護岸施作位置圖 Fig.10 the location of W3 masonry revetment	圖 11 砌石護岸固床工構造圖 Fig.11 the structure of masonry revetment and groundsill works

4.2 漿砌卵石排水溝工程

漿砌卵石溝依尺寸型式分為 GRA、GRB 及 GRC 三種，施作位置及構造如圖 12 至圖 13 所示。

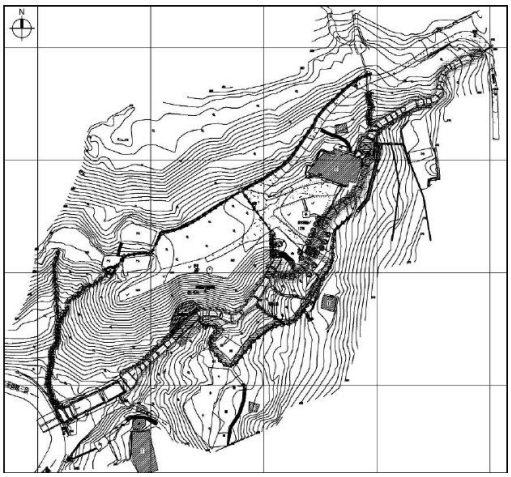	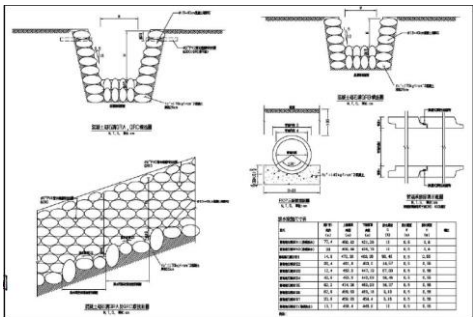
圖 12 漿砌卵石排水溝施作位置圖 Fig.12 the location of concrete mortar drainage ditch	圖 13 漿砌卵石排水溝構造圖 Fig.13 the structure of concrete mortar drainage ditch

4.3 打樁編柵工程

針對裸露礦渣邊坡施作打樁編柵 140m，如圖 14 所示。

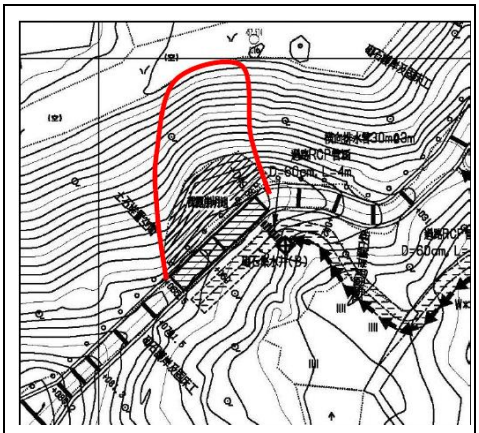

圖 14 打樁編柵平面圖
Fig.14 the plane figure of wattle fence

4.5 施工照片

漿砌卵石溝施工照片如下所示。

GRB1 漿砌卵石溝 GRB1 concrete mortar drainage ditch	GRB3 漿砌卵石溝 GRB3 concrete mortar drainage ditch
GRB4 漿砌卵石溝 GRB4 concrete mortar drainage ditch	GRB6 漿砌卵石溝 GRB6 concrete mortar drainage ditch

GRA1 漿砌卵石溝 GRA1concrete mortar drainage ditch	GRA2 漿砌卵石溝 GRA2 concrete mortar drainage ditch

砌石護岸與固床工施工照片如下所示。

W1 護岸及固床工砌石 W1 building masonry revetment and groundsill works	W1 砌石護岸完成後 W1 masonry revetment completed
W2 平台段護岸完成後 W2 masonry revetment completed	W2 護岸銜接 W3 護岸段 The joint of W2 and W3 masonry revetment

W3 護岸完成後邊坡植草 Plant grass on the slope after W3 masonry revetment completed	W3 護岸下游銜接既有石籠 The joint of W3 masonry revetment and Wire caged riprap
護岸及固床工砌石 masonry revetment and groundsill works	W1 護岸基礎開挖 foundation excavation of W1 revetment

打樁編柵施工照片如下所示。

木樁固定 Pile fixed	背填土 backfill
編柵施作 wattling	播灑草種後覆蓋稻草蓆 sow with grass after Cover with straw mat

四、後續維護建議

本工程於 101 年 10 月 28 日業已順利竣工，施工期間歷經颱風、豪雨侵襲均未發生災害，整治工程施工陸續完成之設施及期間之臨時防災設施，應有發揮功能達到防災之目的。由於整治工程目的為防止礦渣邊坡崩塌後瞬間造成溪溝大量阻塞而危害下游安全，故設置土石堆置空間及橫向排水管等構造物，藉以舒緩礦渣邊坡之水壓力及預防風化剝落之礦渣堆積於河道。故建議後續應定期進行巡檢本工程土石堆置空間淤積情況及橫向排水管是否通暢，必要時進行清淤及排水管鑿通之動作，使相關設施能正常運作以維護安全。

參考文獻

1、長碩工程顧問有限公司(2011)，「100 年度山坡地邊坡治理規劃設計」委託技術服務案-年度規劃工程部分報告，臺北市政府工務局大地工程處。

2、長碩工程顧問有限公司(2012)，「101 年度士林區至善路 3 段 336 巷 64 號旁萬山煤礦排水整治工程監造成果報告書」，臺北市政府工務局大地工程處。