
深層崩塌防災教育教具研發：從認識崩塌
微地形、現象、成因、監測至工程治理

**Development of educational aids for
deepseated landslide disaster prevention: from
understanding the micro-topography,
phenomena, causes, monitoring to
engineering remediation**

（成果報告書）

執行單位：國立臺灣海洋大學河海工程學系

執行期間：110 年 01 月 27 日至 110 年 12 月 31 日

計畫主持人：許世孟 副教授

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 110 年 12 月

（本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考）

深層崩塌防災教育教具研發：從認識崩塌微地形、現象、成因、監測至工程治理

摘要

為增添水土保持教育學習資源，與創造學生及一般民眾全新的學習體驗，本計畫依大規模崩塌防災教育所需之知識，針對大規模崩塌相關知識製作四大主題模組，讓各模組能在不同空間與時間個別介紹與使用，將學習重點聚焦於單一主題。透過主題性的介紹可協助民眾與學生釐清各主題之內容與重點，提升學習成效。拆分後的單一主題模組造價也相對便宜，學校可針對所需要之主題進行個別選購，藉此增加採購之彈性，有效解決學校在經費考量、採購方式限制等困難。本計畫亮點包括：(1)微地形觀察模組；(2)現象與災害成因觀察模組；(3)崩塌地監測系統互動模組；(4)治理工法互動模組；(5)科普化的教學輔助資源。除可獨立學習單一主題模組外，亦可同時展示與依序解說四套模組，可實現STEAM教學步驟之現象觀察、情境解構到解決問題的流程，完整地傳遞大規模崩塌與坡地防災之相關知識。團隊於計畫期間內，完成四套互動式教具開發、製作教學輔助資源、配合水保局參與四場教具展覽活動，已如質如期達到強化水保局推廣大規模崩塌防災教育之目標。

關鍵字：STEAM、互動式教具、大規模崩塌、防災教育、水保教育

Development of educational aids for deepseated landslide disaster prevention: from understanding the micro-topography, phenomena, causes, monitoring to engineering remediation

Abstract

To increase the learning resources for soil and water conservation education and to create a new learning experience for students and visitors, this project has developed four modules based on the knowledge required for large scale landslide prevention education so that each module can be individually introduced and used in different spaces and times, focusing the learning on a single topic. The thematic introduction will help people and students clarify the content and key points of each topic and enhance the learning effectiveness. The cost of the disassembled single-topic module is also relatively low, so schools can make individual purchases for the topics they need, thus increasing the flexibility of procurement, effectively solving the difficulties of schools in terms of funding considerations and restrictions on procurement methods. The highlights of this project include (1) microtopography observation module, (2) observation module for phenomenon and disaster causes, (3) interactive module of the landslide monitoring system, (4) interactive module of management method; and (5) popular science-based teaching resources. In addition to learning a single topic module independently, four sets of modules can be displayed and explained at the same time and in order, which can accomplish the flow of STEAM teaching steps from phenomenon observation, situation interpretation to problem-solving, and deliver the knowledge related to large-scale landslide and slope disaster prevention entirely. During the project period, the team completed the development of four sets of interactive educational aids, the production of support resources, and participated in four exhibitions of educational aids in cooperation with the Soil and Water Conservation Bureau, achieving the goal of strengthening the Bureau to promote large-scale landslide disaster prevention education as scheduled.

Keywords: STEAM, Interactive educational aids, large-scale landslide

**disaster, Disaster prevention education, Soil and water conservation
education**

目次

摘要.....	I
Abstract.....	II
目次.....	IV
圖次.....	VI
表次.....	X
第一章 緒論.....	1-1
第一節 計畫緣起及目的	1-1
第二節 計畫目標.....	1-5
第三節 工作項目內容	1-6
第四節 歷年教具沿革	1-7
第二章 工作執行方法與步驟	2-1
第一節 微地形觀察模組製作	2-4
第二節 現象與災害成因觀察模組製作	2-5
第三節 崩塌地監測系統互動模組製作	2-6
第四節 治理工法互動模組製作	2-8
第五節 教學輔助資源製作	2-10
第六節 配合水保局參加水保教育與教育推廣活動	2-12
第七節 水土保持教育宣傳成效蒐集	2-12
第三章 工作執行成果	3-1

第一節 微地形觀察模組製作	3-1
第二節 現象與災害成因觀察模型製作	3-10
第三節 崩塌地監測系統互動模組製作	3-15
第四節 治理工法互動模組製作	3-25
第五節 教學輔助資源製作	3-38
第六節 配合水保局參加水保教育與教育推廣活動	3-53
第七節 水土保持教育宣傳成效蒐集	3-59
第四章 結論與建議	4-1
第一節 結論	4-1
第二節 建議	4-2
參考文獻	參-1
附錄	附錄-1
附錄一、第一次工作會議簽到單及決議事項	附錄-1
附錄二、期初會議委員審查意見	附錄-3
附錄三、期中會議委員審查意見	附錄-9
附錄四、教具操作說明手冊	附錄-12
附錄五、教育推廣教案	附錄-69
附錄六、期末聯合審查暨成果發表會委員審查意見	附錄-82

圖次

圖 1.1 STEAM 五大精神	1-4
圖 2.1 3D 列印坡面圖	2-2
圖 2.2 工作執行步驟流程圖	2-3
圖 2.3 3D 坡地拼圖-坡面切割示意圖	2-4
圖 2.4 3D 坡地拼圖示意圖	2-5
圖 2.5 LED 燈條模擬水流示意圖	2-6
圖 2.6 監測設備套組示意圖	2-8
圖 2.7 工法模擬套組示意圖	2-10
圖 2.8 STEAM 教學教育步驟	2-12
圖 3.1 嘉義油車寮崩塌地實景照片	3-4
圖 3.2 崩塌地地表特徵示意圖	3-4
圖 3.3 崩塌前模組正面照(攝於 110/10/20).....	3-5
圖 3.4 崩塌後模組正面照(攝於 110/10/20).....	3-6
圖 3.5 崩塌後模組側面照(攝於 110/10/20).....	3-7
圖 3.6 崩塌前模組側面照(攝於 110/10/20).....	3-7
圖 3.7 崩塌後模組拼圖還原對照圖板	3-8
圖 3.8 教具收納用展覽箱(攝於 110/07/09).....	3-8
圖 3.9 收納用展覽箱(崩塌後模組) (攝於 110/10/20).....	3-9

圖 3.10 收納用展覽箱(崩塌前模組) (攝於 110/10/20).....	3-9
圖 3.11 保麗龍塊體進行崩塌後塊體之保護(攝於 110/10/20).....	3-10
圖 3.12 現象與災害觀察模組正面照(攝於 110/10/20)	3-12
圖 3.13 現象與災害觀察模組側面照(攝於 110/10/20)	3-13
圖 3.14 現象與災害觀察模組展示面板與 LED 燈條(攝於 110/10/20)3-14	
圖 3.15 收納用展覽箱(現象與災害觀察模組) (攝於 110/10/20).....	3-14
圖 3.16 現象與災害觀察模組收納照 (攝於 110/10/20)	3-15
圖 3.17 崩塌地監測系統模組正面照片(攝於 110/10/20)	3-19
圖 3.18 地表變位儀(攝於 110/11/20).....	3-20
圖 3.19 傾斜管自主測量模型 (攝於 110/10/20)	3-20
圖 3.20 傾斜管測量設備與十字滑軌模型 (攝於 110/10/20)	3-21
圖 3.21 雨量筒及感應裝置 (攝於 110/10/20)	3-22
圖 3.22 太陽能板(攝於 110/07/09).....	3-22
圖 3.23 監測系統啟動按鈕 (攝於 110/10/20)	3-23
圖 3.24 崩塌地監測系統面板(攝於 110/11/20).....	3-23
圖 3.25 收納用展覽箱(崩塌地監測系統模組) (攝於 110/11/20).....	3-24
圖 3.26 崩塌地監測系統模組收納方式 (攝於 110/11/20).....	3-24
圖 3.27 治理工法互動模組正面照(攝於 110/10/20)	3-28
圖 3.28 治理工法互動模組側面照(攝於 110/10/20)	3-29

圖 3.29 治理工法互動模組坡腳開挖(攝於 110/10/20)	3-30
圖 3.30 坡腳開挖後裝設擋土牆於深、淺層崩塌區 (攝於 110/10/20)	3-31
圖 3.31 坡腳開挖後裝設排樁工法於深層崩塌區 (攝於 110/10/20) ..	3-32
圖 3.32 地錨工法裝設於深層崩塌區(攝於 110/10/20)	3-33
圖 3.33 格樑護坡裝設於淺層崩塌區 (攝於 110/10/20)	3-34
圖 3.34 地表排水工法開啟(LED 燈條模擬水流) (攝於 110/10/20)	3-35
圖 3.35 地中排水工法開啟(啟動排水) (攝於 110/10/20).....	3-36
圖 3.36 各工法開啟/關閉控制按鈕 (攝於 110/10/20)	3-36
圖 3.37 收納用展覽箱(治理工法互動模組) (攝於 110/10/20).....	3-37
圖 3.38 坡地災害分類比較表	3-46
圖 3.39 大規模崩塌災害定義	3-46
圖 3.40 教具 DM(微地形觀察模組).....	3-47
圖 3.41 教具 DM(現象與災害成因觀察模組).....	3-48
圖 3.42 教具 DM(崩塌地監測系統互動模組).....	3-49
圖 3.43 教具 DM(治理工法互動模組).....	3-50
圖 3.44 教學輔助影片示意圖-1(攝於 110/10/20)	3-51
圖 3.45 教學輔助影片示意圖-2(攝於 110/10/20)	3-51
圖 3.46 教學輔助影片示意圖-3(攝於 110/10/20)	3-52

圖 3.47 計畫人員至花蓮縣水土保持戶外教育園區執行計畫教具之教育訓練 (攝於 110/03/05).....	3-55
圖 3.48 計畫主持人向陳主秘和各委員介紹教具教育內容與操作方法 (攝於 110/10/22).....	3-56
圖 3.49 大愛電視台採訪本計畫教具 (攝於 110/11/03).....	3-57
圖 3.50 計畫組員向與會人員介紹教具 (攝於 110/11/03).....	3-58
圖 3.51 計畫組員推廣前(109)年度教具於花蓮縣明廉國小學生 (攝於 110/11/03)	3-58

表次

表 1.1 各年度計畫教具比較表	1-9
表 3.1 整治工法簡易說明表	3-41
表 3.2 整治工法簡易說明表	3-43
表 3.3 教具宣導之回饋問卷題目	3-61
表 3.4 意見回饋單填答人數與年齡	3-65
表 3.5 回饋單-學童學習成效	3-65
表 3.6 回饋單-參與展覽民眾學習成效	3-66

第一章 緒論

第一節 計畫緣起及目的

面對氣候變遷導致天然災害頻繁之課題，水土保持局針對大規模崩塌災害防災減災計畫正如火如荼地推動中，水土保持局設立之三大目標分別為：「建構科技、創新、智慧的坡地防災」、「維護安全、生態、多樣的水土環境」、「營造保育、利用、永續的國土資源」(行政院農業委員會水土保持局，2020)[1]，欲達成上述三大目標，除了災害調查、規劃與治理方面外，亦有必要從教育方面著手，藉由實體化教具進行教育宣導與推廣，建構並普及學生與民眾的大規模崩塌防災意識，進而提升水土保持局減災成果，而國內102間水土保持酷學校與各式防災教育推廣活動正扮演重要的推手。

為增添水土保持教育學習資源，與創造學生及一般民眾全新的學習體驗，於前三(107至109)年度計畫之執行成果，已成功建立三代創新大規模崩塌互動式教具(國立臺灣海洋大學，2018，2019，2020)[2][3][4]，藉此將水土保持環境教育與防災教育深植於學童心中，達到水保與防災教育縱向扎根之目的。然而，過往互動式教具將所有大規模崩塌防災教育所需知識(地形地貌觀察、災害現象觀察、災害發生機制學習、工程治理對策、監測系統、自主防災知識等)集中呈現在單一教具上，整體製作成本較為昂貴，對於教具進入水土保持酷學校

之擴散反而造成阻礙，另單一教具在參與防災教育推廣活動時，由於學習知識被限制在同一個時間與空間上，每一段時間僅能對特定參觀學生或民眾呈現，無法讓不同學習主題知識分散傳遞給不同族群的參觀者，對於教學資源推廣最大化還有改善空間。

鑑此，本年度計畫為強化教具擴散的效益與學習主題更具彈性，擬依大規模崩塌防災教育所需之知識，針對不同主題對大規模崩塌教具之知識、內容和教育方式拆分為四大模組，讓各模組均能在不同空間與時間個別介紹與使用，將學習重點聚焦於單一主題。再者，透過主題性的介紹可協助民眾與學生釐清各主題之內容與重點，提升學習成效。而拆分後的單一主題模組造價也相對便宜，學校可針對所需要之主題進行個別選購，藉此增加採購之彈性，有效解決學校在經費考量、採購方式限制等困難，打破阻礙防災知識傳遞的藩籬。

此外，如將四大模組教具一併展示時，可充分讓民眾從現象觀察、情境解構(理解災害成因)、解決問題之流程，完整地理解大規模崩塌與坡地防災之相關知識，營造出嶄新的學習體驗。透過這類型的學習進程，並融合 STEAM 五大精神-「跨領域、動手做、生活應用、解決問題、五感學習」(圖 1.1)，開發出「深層崩塌防災教育教具」以拓展全新的水土保持教育模式。教具各項設計所對應 STEAM 五大精神如下：

一、 跨領域方面：

防治深層崩塌災害問題，需結合水文、地質、水文地質、土壤力學、岩石力學與防災工法等不同學科領域知識，教具提供功能，讓學生體會不同領域間交互在同一實體教具上，試圖運用它來解決此災害問題。

二、 動手做方面：

教具提供互動式功能，其中內容包含各式監測設備模組、防災工法組裝、地下水警戒水位觀察等功能，參觀者可自行操作，並可嘗試組合最經濟有效之解決方案。

三、 生活應用方面：

坡地災害與居住在坡地居民息息相關，透過教具建立崩塌發生機制、基本自主防災、監測等知識，讓參觀者學會應用如何辨識住家附近崩塌發生前之徵兆。

四、 解決問題方面：

教具提供工法操作模組，讓參觀者體會「阻止地下水蓄積，可以降低大規模崩塌發生的機率」、「擋土工法的安裝，可以抑止崩塌塊體滑落」等解決方案，使參觀者學習做有意義的決定，感覺自己所做的決定具影響力，驅使參觀者學習。

五、 五感學習方面：

由於地質條件複雜，欲瞭解大規模崩塌發生機制，對於一般民眾與學生有其困難，教具各式模組提供視覺、聲效、手動、用腦與對話等多元感官學習，將艱澀化為簡單易懂的知識，達到學習力的開發。

透過此理念開發出宣揚水土保持教育之互動教具模型成果可以落實水土保持酷學校理念，將水土保持知識向下紮根、水平擴散，打造創新學習環境，將「用心栽培下一代，打造水保新世代」一理念塑造成為全計畫的核心思想。

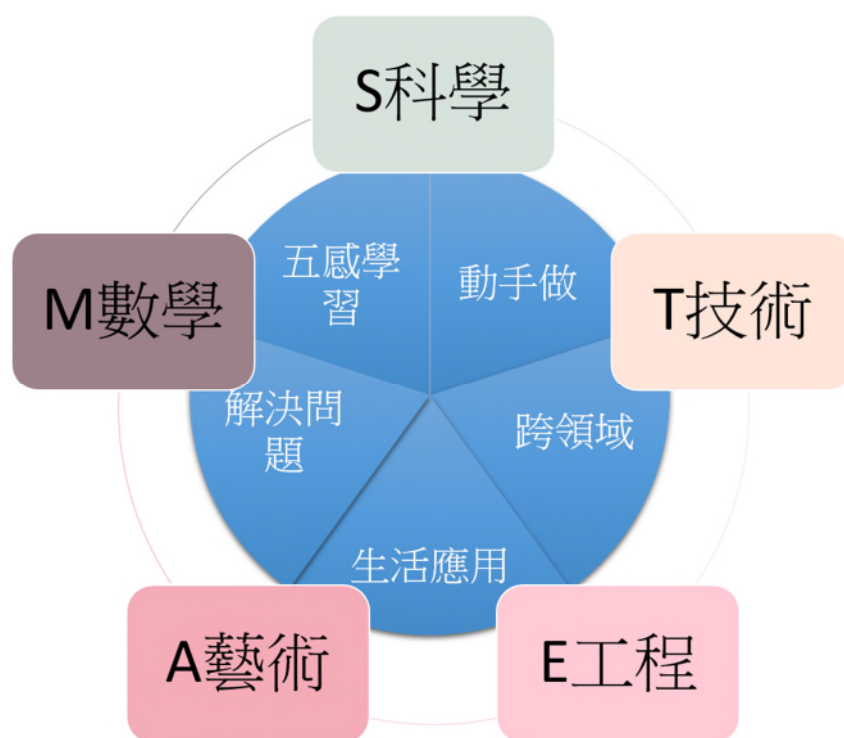


圖 1.1 STEAM 五大精神

資料來源：本計畫整理

第二節 計畫目標

本計畫依據擬解決之問題，共規劃主要四項工作目標：

- 一、營造出嶄新之展覽體驗—將豐富的大規模崩塌知識化整為零，
規劃四大主題並製成四套模組，分別為「拼圖式崩塌微地形觀察模組」、「現象與災害成因觀察模組」、「監測系統互動模組」、
與「治理工法互動模組」，使各單一模組可在不同空間與時間被
展示與推廣。
- 二、強化單一主題化後各模組之互動性與學習深度—藉由設計更豐
富的學習內容，讓民眾與學生在接觸各模組時能更深入且輕鬆
地瞭解大規模崩塌之防災知識。
- 三、增加教具被採購彈性與能力—藉大規模崩塌知識之分解，各模
組具備不同類型之教育內容，學校可針對單一模組進行採購，
而教師亦能針對課程選擇單一模組進行教學，進而提升教具橫
向擴散之能力。
- 四、打造符合「STEAM 教育概念」之教具—讓單一主題教具納入皆
有動手做之教育元素設計，各主題間具連貫性，再將四大主題
模組整合一同展示，則可構成符合「STEAM 教育概念」之學習
流程(林坤誼，2020)[5]，展現素養教育之典範。

第三節 工作項目內容

- 一、微地形觀察模組製作-真實崩塌地樣貌之 3D 拼圖互動式模型。
- 二、現象與災害成因觀察模組製作-包含崩塌地模型和降雨、地下水及地表逕流之 LED 燈光模擬設備。
- 三、崩塌監測系統互動模組製作-包含崩塌地模型、地表變位儀、傾斜管、水位計、雨量筒、GPS 與太陽能板等監測設備。
- 四、治理工法互動模組製作-包含崩塌地模型以及 柔性(地表與地下排水)與-剛性(擋土牆、排樁、地錨、格樑護坡等)工法設施模具。
- 五、教學輔助資源製作-包含各模組功能手冊、推廣教育教案、推廣用海報與 DM。
- 六、配合水保局參加水保教育與教育推廣活動-配合水保局參與五場國內防災科普教育活動。
- 七、水土保持教育宣傳成效蒐集-建立即時行動問卷調查並蒐集參觀民眾之回饋與建立推廣效益實際數據。

第四節 歷年教具沿革

以地滑地為主題之互動式教具已歷經 107、108 及 109 三個年度計畫，隨各年度計畫從研發教具、編撰教案到配合水土保持局至全臺各地參與各項教育展覽活動，已逐步整合出一套完整且豐富的地滑地防災教育模式，並獲得相當程度的成效。各年度計畫成果簡述如下述：

107 年度計畫將水土保持教具進行重大突破，研發出國內第一套以地滑災害為主題之互動教具，教具以真實水流模擬降雨並引致地層滑動，且搭配提供真實地下鑽孔岩心樣本給予參觀者觸摸和觀察，以此新鮮、生動和富含教育意義的教具讓參觀民眾、學童及教師備感興趣，在計畫執行期間的各項參展活動中，參展人次已達 3,600 餘人，為地滑地互動式教具的推廣塑造良好的開始，也為地滑地相關知識的推廣向前邁進一大步。此外，該教具現已移交至基隆市信義國小，提供該校進行水土保持教育推廣等活動。

108 年度計畫首次納入科技輔助畫面，以教具主體功能搭配科技元素，且提供教學資源於科技輔助畫面呈現。該年度開發教具除延續第一代版本教具之透過真實降雨以提高地下水位並造成地層滑動等功能外，亦增加地層孔隙模擬、地下水位監測等嶄新功能，大幅度提升教具參展時的吸睛度，於計劃期間透過配合水土保持局參與展覽活動，達成參展人次：6,300 人。同時，教具已移交至花蓮縣松浦國小，

為該校推廣水土保持教育增添一筆。此外，該年度計畫教具已複製一套並移送高雄國立科學工藝博物館，作為全台巡迴特展使用，達到擴散水土保持教育之目的。

109 年度計畫教具一改前兩年度計畫僅以降雨觸發機關之地滑機制，以智慧化控制方式觸發地滑塊體崩落，此方法可有效提升整體教具功能執行之穩定性。再者，該年度計畫以 3D 列印實際崩塌地實景(嘉義油車寮崩塌地)製作教具，藉此增加參觀者鏈結真實崩塌地之效果，並搭配科技螢幕提供各式各樣的教學資源，配合模型的各功能展示，達到最高程度的水保教育扎根能力。此外，該年度計畫教具已複製一套並移送花蓮水土保持分局，並配合教育訓練讓當地解說人員作為推廣基點，持續擴散水土保持教育。

依據前幾年度計畫逐步改進與調整等經驗(各年度教具比較如表 1.1 所示)，今(110)年度計畫希望將地滑地互動式教具建置為具最大擴散、推廣和傳遞能力的教學資源，以低造價的方式提升更多校園的採購意願，有效推廣至全臺灣各級校園中。

表 1.1 各年度計畫教具比較表

系統名稱	107 年度教具	108 年 度教具	109 年 度教具	110 年 度教具
教具坡面	人工 模型坡面	人工 模型坡面	3D 列 印擬真坡面	3D 列印擬真 坡面
降雨系統	三顆 獨立馬達	三顆 獨立馬達	一顆變 頻馬達	LED 燈條動 態模擬
滑動塊體	深層 崩塌塊體	深層 崩塌塊體	深、淺 層崩塌塊體	深、淺層崩 塌塊體
地滑觸動機制	水壓 推動	機械 式推動	電磁閥 智慧化控制	電磁閥智慧 化控制
地下水位觀測	地下 水位觀測 窗口	地下 水位觀測 窗口	螢幕監 測地下水位	LED 燈條動 態模擬
監測系統模型	X	X	靜態	納入真實互 動效果
抑止工法模組	手動 控制	手動 控制	手動控 制	增添智慧化 控制
地表排水工法	手動 控制	手動 控制	手動控 制	手動控制
地中排水工法	手動 控制	手動 控制	智慧化 控制	LED 燈模擬 效果
拆裝便捷性	無	低	中	高
運輸便捷性	低	中	高	高

資料來源：本計畫整理

第二章 工作執行方法與步驟

本計畫勾勒之目標：「營造出嶄新之展覽體驗－將豐富的大規模崩塌知識化整為零」，係將過往眾多主題元素集中在單一教具上之教育模式轉化成針對單一主題專注之學習模式，並融入 STEAM 教學理念進行開發，藉此提升學童的專注力、防災知識吸收度和鏈結思考能力，冀望藉此營造出樂其所學的學習模式。本計畫以 107 至 109 年度教具開發計畫內容為基礎，藉由參展時與學生及一般民眾互動的經驗及未來教育趨勢之需求，對以往教具進行各主題功能拆分、互動性提高、學習成效增進與教育模式改良等一系列調整與優化。

鑑此，本計畫將大規模崩塌中之深層崩塌防災教育知識劃分為四大獨立主題，並製作四套模組：「微地形觀察模組」、「現象與災害成因觀察模組」、「崩塌監測系統互動模組」、「治理工法互動模組」。藉由主題式的劃分模組可讓教師針對課程欲側重之項目進行單一模組的解說，進而強化學生學習重心，同時單一模組也可以深化學習知識內容。

再者，為達到實際崩塌情境模擬之效果，本教具所有模組之坡體製作部分將複製嘉義油車寮崩塌地真實地貌，並以 3D 列印方式進行製作(圖 2.1)，讓真實呈現深層崩塌地之微地形特徵於參觀者面前，使參觀者更瞭解具活動性之崩塌地會出現的各種地表特徵，可以作為民

眾自主辨識災害發生風險之學習。而所有新模組尺寸皆改以 A3 紙張大小製作，便於桌面上展示，且因模組縮小後可以提升運送便利性，並同時降低造價，提升學校採購意願與能力。

針對今(110)年度的工作內容，本計畫擬定七項工作實施之方法與步驟，並規劃如圖 2.2 之工作流程圖。

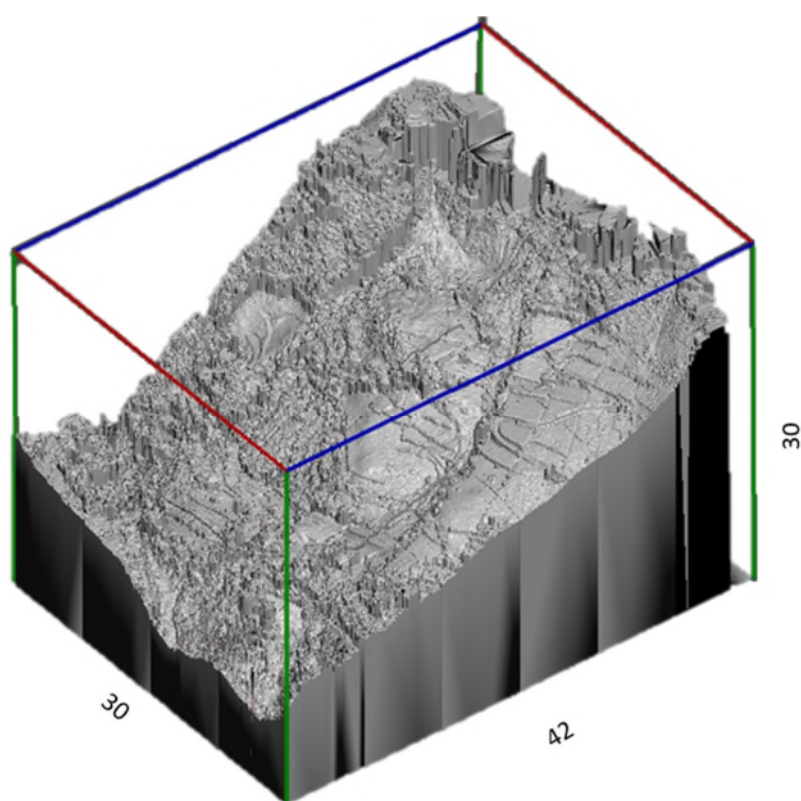


圖 2.1 3D 列印坡面圖

資料來源：本計畫整理

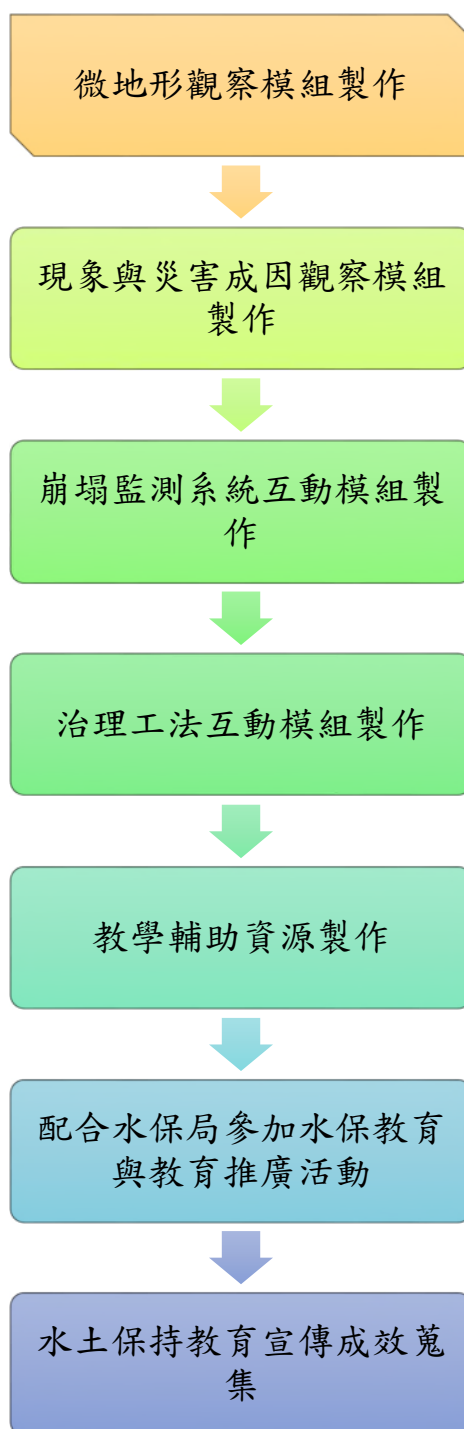


圖 2.2 工作執行步驟流程圖

資料來源：本計畫整理

第一節 微地形觀察模組製作

微地形觀察模組除採用真實坡地實景(嘉義油車寮崩塌地)3D 列印製作外，為增加模組的互動性，本計畫亦可顯現出地層分布、滑動面以及地形特徵之坡體進行垂直與水平方向適度數量切割，並以立體拼圖的模式呈現(圖 2.3、圖 2.4)。此外，為強化學生鏈結崩塌現象效益，本計畫將崩塌前與崩塌後之樣態同步製作為兩套，讓參觀者在組裝崩塌地的同時觀察到地層與坡面災前災後的差異，藉此瞭解大規模崩塌災害防治之重要性並達到寓教於樂目的。

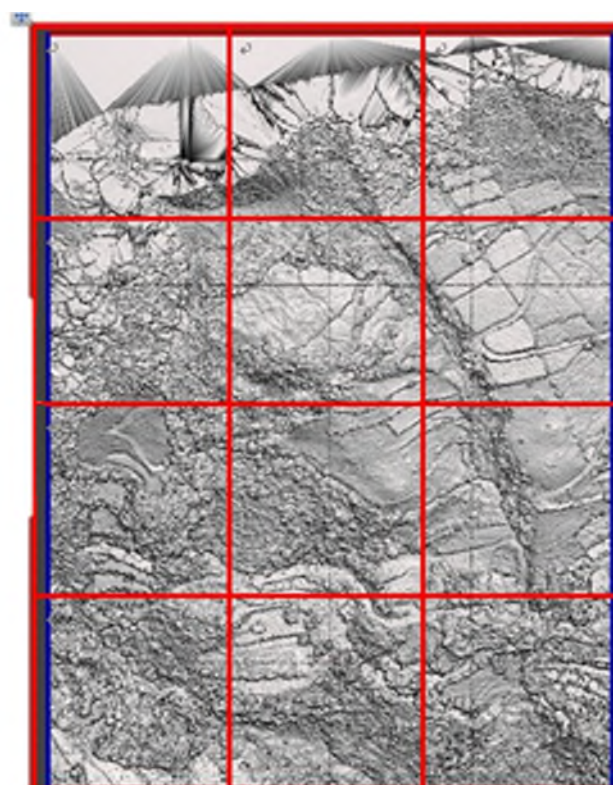


圖 2.3 3D 坡地拼圖-坡面切割示意圖

資料來源：本計畫整理

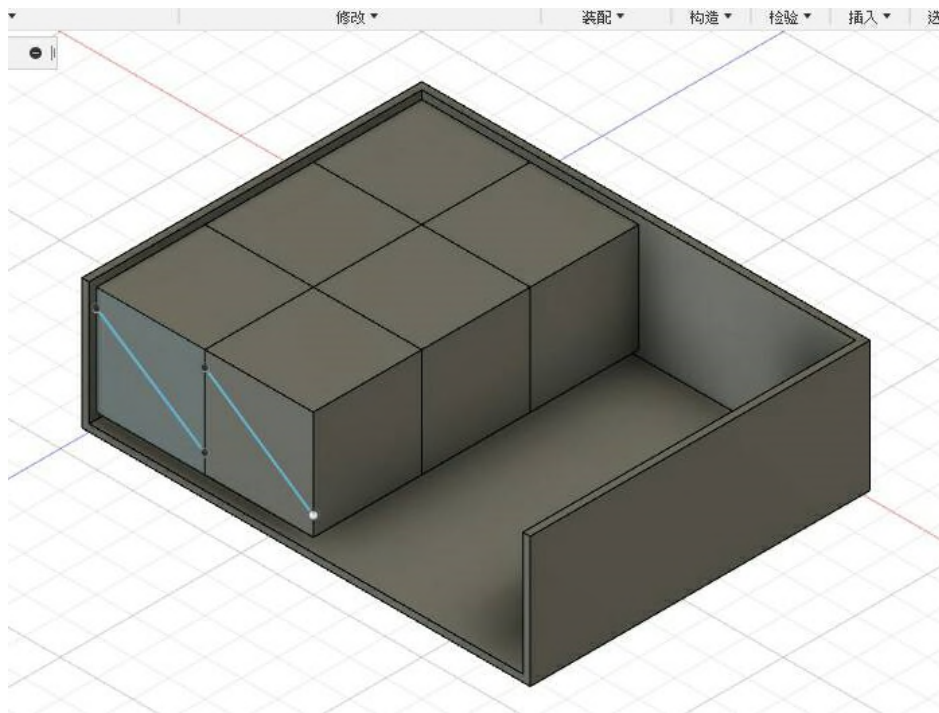


圖 2.4 3D 坡地拼圖示意圖

資料來源：本計畫整理

第二節 現象與災害成因觀察模組製作

為延續前幾年度計畫教具之災害現象成因觀察功能，本計畫將「現象觀察」主題獨立劃分為一個單一主題模組，並將過往透過真實水流來模擬降雨、地下水及地表逕流現象，調整以 LED(圖 2.5)燈條呈現水流，並搭配降雨的聲效模擬降雨的情境。水流模擬方式調整目的除可以防止教具經過大量使用後，水份弱化坡體之材料強度外，也能夠降低教具展前準備、展後維護和清理等工作時間，藉此讓學校在採購教具後能以更方便快速地進行教學準備和善後工作。

此外，地下水位觀測功能係透過地下水觀測視窗製作，在觀測視

窗背後佈設地層剖面之示意圖(崩積層、風化岩盤與新鮮岩盤)，並加註滑動面及塊體滑動警戒水位線。其中，地下水位變動則由 LED 燈條進行水位上升模擬，讓學生觀察地下水在地層中之上升歷程。

塊體滑動與水位警戒系統製作部分，係由電磁閥來控制滑動塊體觸動之時機，搭配地下水位觀測功能的 LED 燈條模擬地下水位，同時安裝蜂鳴器，當地下水位上升後達到警戒水位後會觸發離災警報，隨後滑動塊體滑落，藉此讓學生觀察地滑災害事件發生。

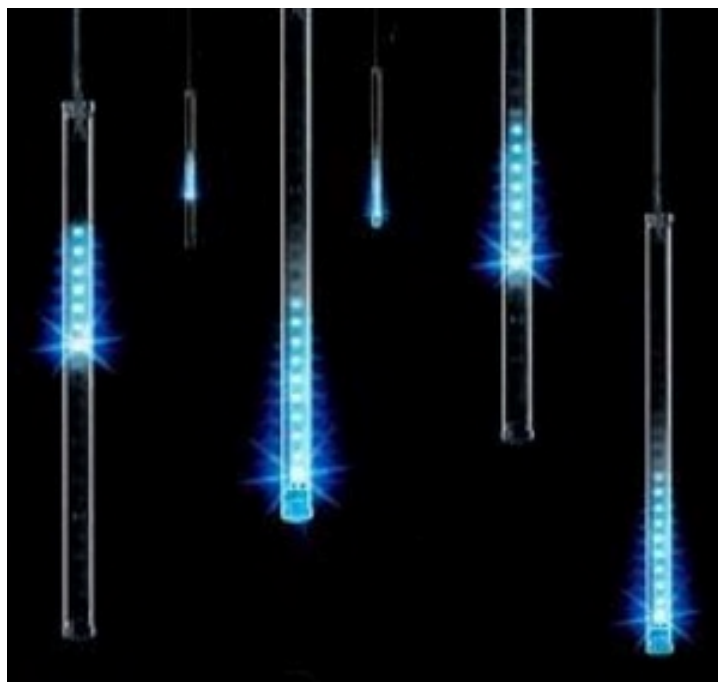


圖 2.5 LED 燈條模擬水流示意圖

資料來源：本計畫整理

第三節 崩塌地監測系統互動模組製作

本計畫將前(109)年度計畫教具之崩塌監測系統模組進行改良並獨立劃分為單一主題模組，因前年度計畫採用靜態的方式展示崩塌監

測系統，除地下水位監測功能外，其餘監測設備僅具有示意功能而不具互動性和實際功能。因此，本計畫預定在本模組坡體上製作地表變位儀、傾斜管、水位計、雨量筒、GPS 與太陽能板等監測設備(圖 2.6)，各監測系統製作方式和功能詳如下述：

- 一、地表變位儀安裝在可分階錯動之塊體上，錯動情形可透過監測面板展示；
- 二、傾斜管(具十字凹槽於管壁)安裝於坡體剖開處(滑動方向)，上半部位於錯動塊體上，下半部位於固定端之地層上，活動塊體可分階錯動，錯動情形可透過監測面板展示，另傾斜管搭配設計量測設備，傾斜管量測桿子有滑輪，傳遞傾斜管量測原理，當坡體錯動太大，體驗桿子無法正常量測之過程，讓民眾體驗放置具滑輪之傾斜管量測桿於傾斜管中，進行地中傾斜量之量測工作；
- 三、太陽能板系統則以 1 顆 LED 燈模擬太陽，LED 燈開啟後可顯示太陽能板正在蓄電，並將蓄電狀態顯示於監測面板上；
- 四、水位計裝設於教具側面，側面開挖一溝槽，並於溝槽內黏貼 LED 燈條，該 LED 燈條可模擬地下水位上升狀態（虛擬水位）；
- 五、雨量筒設計傾斗式，傾斗加水可作用，用以模擬降雨事件發生時降雨量之記錄狀況，雨量筒將會讀取傾斗數值並將其顯示於監測面板上。

透過上述各監測設備之互動性功能，能將原本枯燥難懂得災害監測系統以更活潑的方式呈現，藉此強化參觀者對真實災害監測系統之連結，消弭民眾和防災知識間的高牆。

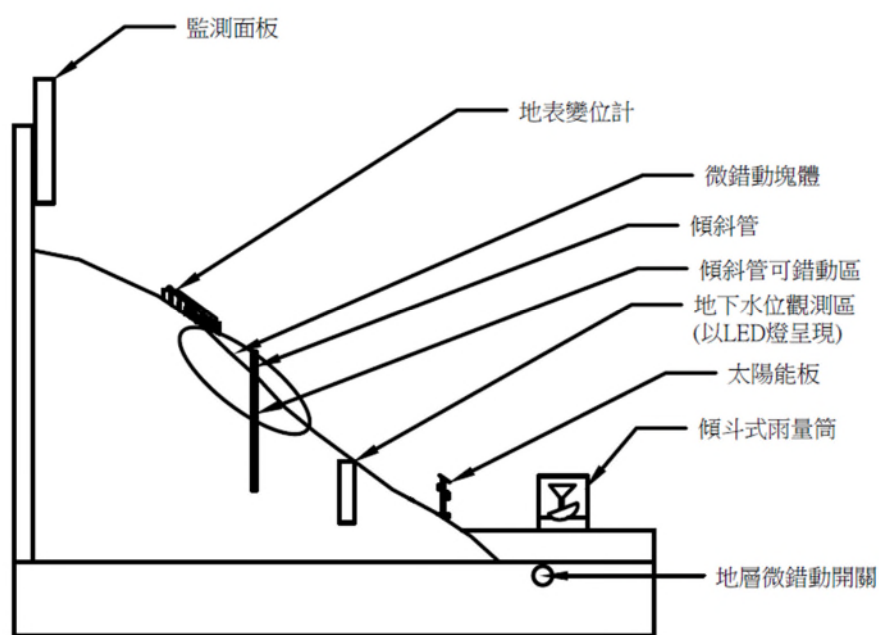


圖 2.6 監測設備套組示意圖

資料來源：本計畫整理

第四節 治理工法互動模組製作

為將教具治理工法主題深刻在民眾記憶中，故本計畫將前(109)年度計畫教具之工法模擬模組進行改良並獨立劃分為單一主題模組(圖 2.7)，工法模擬套組製作方式、流程和功能詳如下述：

- 一、設計柔性(地表與地下排水)與剛性(擋土牆、排樁、地錨、格樑護坡等)工法設施模具，讓學生藉由手動配置不同水土保持設施組合，思考如何降低地層滑動風險，並瞭解如何依據不同坡地災害

- 類型(淺層與深層崩塌)，依據滑動面深度選擇適當的工法配置。
- 二、教具坡面上製作一淺層與深層崩塌塊體，兩崩塌塊體各自具備獨立之觸動開關，當啟動開關，則塊體將滑落，此外，兩塊體上需可安裝對應之抑止工法(擋土牆、排樁工法、地錨工法、與格樑護坡)套組，其中，地錨工法與隔樑護坡工法分別可安裝於深層與淺層崩塌塊體上，當工法安裝於崩塌塊體上時，塊體將無法滑落；擋土牆與排樁套組則可安裝於淺層與深層崩塌塊體坡腳開挖後之凹槽中，工法安裝後，崩塌塊體將無法滑落。
- 三、製作可拆裝之坡腳區塊模型，模擬坡腳移除後坡體滑動，安裝擋土牆套組後可抑止坡體滑動。
- 四、於教具坡面上製作地表排水系統(橫向與縱向排水溝)，排水溝內裝設 LED 燈條用以模擬雨水於排水溝中之流動狀態，並以按鈕進行開關。
- 五、於坡體側面裝設地中排水系統，地中排水管安裝於坡體側邊之空間上(垂向一管，橫向三個管子)，透明材質，排水管內部安裝燈泡，以按鈕開啟燈光表示工法啟動；集水井則有詳細內部構造(螺旋+橫向排水管)，可觀察其內部設計。

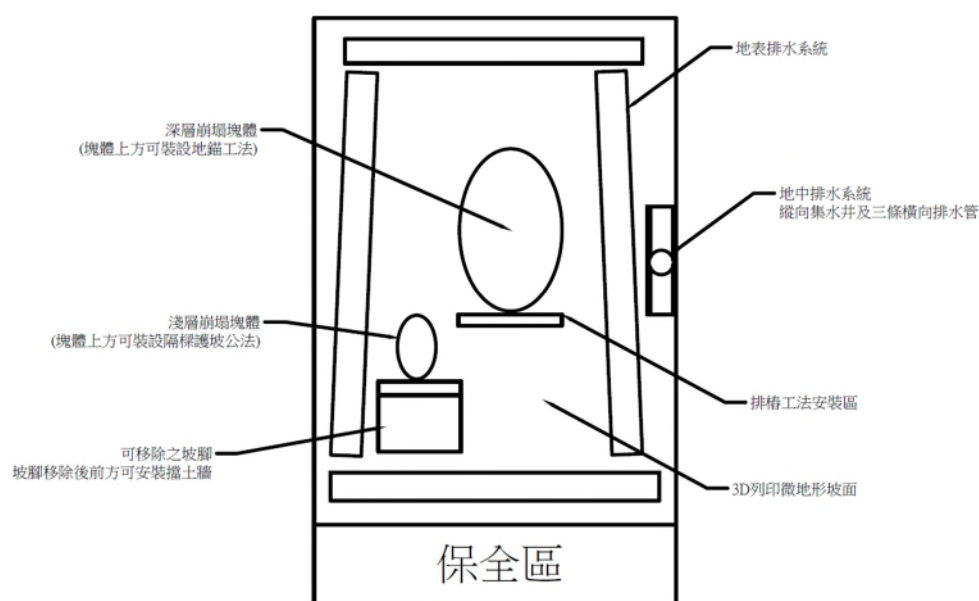


圖 2.7 工法模擬套組示意圖

資料來源：本計畫整理

第五節 教學輔助資源製作

為輔助教具展示和教學需要，本計畫針對四大模組各項功能編輯教學輔助資源，藉此提升整體教具之完備性和推廣能力，來達到防災知識橫向擴散效益的最大化。本計畫將教學輔資源規劃為以下三個教材製作主軸：

一、 四大模組功能使用手冊

手冊內容包括四大主題模組之各別功能說明與操作方式，包括：微地形觀察模組、現象與災害成因觀察模組、崩塌地監測系統互動模組與治理工法互動模組，操作手冊著重在教具各模組之功能介紹、操作、組裝與收納整理的流程。

二、 教育推廣教案

本計畫手冊的內容規劃涵蓋現象觀察、情境解構和解決問題之三大符合 STEAM 教育教學步驟(圖 2.8)。藉由三大教學步驟為主軸的理念規劃編輯實體教案，提供推廣活動之使用，豐富整體防災教育的紮實度，而此手冊製作的另一目標則是提供 108 年素養教育課綱之參考典範。

三、 教具 DM 製作

教具 DM 製作主要搭配實體教具提供水保知識教學展示使用，利用 DM 輔助介紹互動教具所涵蓋的水土保持及防災整治相關知識，以此增添參展民眾水保知識之學習效果。此外，針對每個模組都製作一個對應的 DM，設計為 A4 尺寸大小並透過展示板呈現，藉此增加深層崩塌防災教育教學的豐富度與完整度。

四、 教學輔助影片製作

為增添各教具模組之深層崩塌教育內容，本計畫製作教學輔助輔助影片，藉此提供各模組具備更加完善的教育推廣能力。教學輔助影片共製作為 4 支影片，並依照四大模組主題進行編撰，以圖文、聲光與動畫等效果，強化深層崩塌防災教育教學成效。



圖 2.8 STEAM 教學教育步驟

資料來源：本計畫整理

第六節 配合水保局參加水保教育與教育推廣活動

為讓教具發揮最大知識傳遞功效，本計畫配合水土保持局參與水保教育與教具推廣活動，達到水土保持環境教育與防災教育縱向紮根與橫向拓展之目的。透過活動有效推廣教具之防災教育理念，並汲取參展民眾、師生及學童的回饋經驗，提供教學模式改進方向，終能提升本教具擴散水土保持教育的深度和廣度。

第七節 水土保持教育宣傳成效蒐集

國內大部分宣傳的成效多以參與活動之人數統計活動成功與否為標準，包含前期計畫協助水土保持局進行水保教育宣傳也採用此方式，然單純的參與場次或網頁報導與流量較無法掌握參觀人員對推廣知識之學習成效，只有"轉換成對推廣知識瞭解的數據才有價值"，據

此，本計畫透過現場即時行動問卷調查建立，搭配水保教育與教具推廣活動時之參觀民眾，進行教具帶來的真正推廣效益數據的蒐集與建立。問卷的調查時間考量民眾的耐性問題，則以 15 至 30 秒內回答完畢為原則，因此調查的題目數量以五題為限。

本計畫將民眾回答選項分為同意、不同意以及參展者年齡、學歷等。藉此讓問卷回饋可於後續工作進行統計學上的計算和整理，能有效將推廣知識真實數據呈現出來。另外，問券採用 GOOGLE 表單製作，並將連結轉成 QR-CODE 圖，供民眾掃描直接利用手機線上回答，針對不具手機的學童，亦可直接提供學習單供學童填寫，後續再由計畫人員手動輸入調查成果，進行統計。

第三章 工作執行成果

本計畫已完成原先計畫規劃內的工作項目，並於計畫執行期間配合水保局辦理教具推廣活動，項目包含：(1)微地形觀察模組製作；(2)現象與災害成因觀察模組製作；(3)深層崩塌監測系統互動模組製作；(4)治理工法互動模組製作；(5)教學輔助資源製作；(6)配合水保局參加水保教育與推廣活動；(7)水土保持教育宣傳成效蒐集。以下針對已完成之執行成果說明如下：

第一節 微地形觀察模組製作

微地形觀察模組製作工作主要分為三個階段：(1)崩塌前後模組基礎結構及外觀建置；(2)崩塌後模組互動功能建置；(3)模組收納功能建置。各階段項目詳細成果說明如下：

一、崩塌前後模組基礎結構及外觀建置：

本計畫選定嘉義油車寮崩塌地災後之數值地形資料，作為四大模型主坡體 3D 列印之基礎，因該崩塌地於民國 98 年莫拉克風災受到大量豪雨侵襲(最高量高達 2327 毫米)，造成嘉義縣梅山鄉太和村油車寮地區產生崩塌(圖 3.1)，其崩塌地潛勢邊坡滑動範圍約 168 公頃、坡面滑移約 40 公尺(嘉義縣油車寮崩塌地崩塌機制研究[6])，且該崩塌地具有崩崖、圓弧形滑動體、坡趾隆起及沖蝕溝等深層崩塌地形特徵，符合本計畫欲傳達之大

規模崩塌定義。此外，崩塌區域面積約 15 公頃，將其按比例縮小成 A3 尺寸(40 cm x 30 cm)之坡體，並參考圖 3.2 崩塌地地表特徵，加以編修藉以強化崩塌地微地形的教學使用。

二、微地形觀察模組製作分為崩塌後及崩塌前兩模組，兩者皆採用 3D 列印技術以貼近真實崩塌地地貌特徵，兩模組完整外觀如圖 3.3 及圖 3.4 所示。崩塌前後模組坡體兩側製作地層分布示意圖(圖 3.5、3.6)，讓參觀者可觀察、學習實際地層分層結構、地下水位線與滑動面位置。崩塌前模組因無實際崩塌前的地表數值模型，本計畫則針對既有崩塌後之地表數值模型進行假設與修整，移除各處崩塌特徵，藉以獲得崩塌前完整山坡地的樣貌(圖 3.3)，並對其外觀進行美化及保護等工作。而為凸顯崩塌後模組上存在許多崩塌地常見的地表特徵，因此本計畫依據地表特徵分區塊進行不同顏色的標示、註記等工作，藉此讓參觀民眾可有效了解高潛勢崩塌地容易出現之地表徵兆。崩塌後模組互動功能建置：

為增加教具互動性與吸睛度，本計畫依地層分布、滑動面以及地形特徵等要素，對崩塌後模組之垂直與水平方向進行適度切割，呈現 3D 立體拼圖的模式(圖 3.4)，並製作拼圖原貌圖板(圖 3.7)，提供學童操作拼圖時作參考。

三、模組收納功能建置：

為提升教具運輸便利性，本計畫已完成微地形觀察模組的收納功能，主要透過展覽箱(圖 3.8)進行崩塌前、後兩模組之收納(圖 3.9、3.10)，藉此大幅度提升教具運輸性及收納便捷性。此外，為降低模組於運輸中之碰撞受損等問題，崩塌後模組之展覽箱內部採用保麗龍材料進行緩衝效果(圖 3.11)，並於兩模組坡面間增加保護層以減輕模組間碰撞造成損壞之問題。

微地形觀察模組主要係針對崩塌前後山坡地之差異進行觀察鏈結，讓參觀者可藉由觀察崩塌前、後模組瞭解到：地層的實際樣貌、可能發生滑動的位置以及崩塌發生之地表特徵等，讓民眾學習觀察居住周圍環境是否有災害潛勢，如有發現可能之崩塌預兆，需提高警覺並聯絡里長，並視情況邀請專家進行進一步地探勘。藉微地形觀察模組讓參觀民眾進行觀察、思考和連結，奠基深層災害防災相關知識，並協助預防災害之發生。



圖 3.1 嘉義油車寮崩塌地實景照片

資料來源：嘉義縣油車寮崩塌地崩塌機制研究[6]

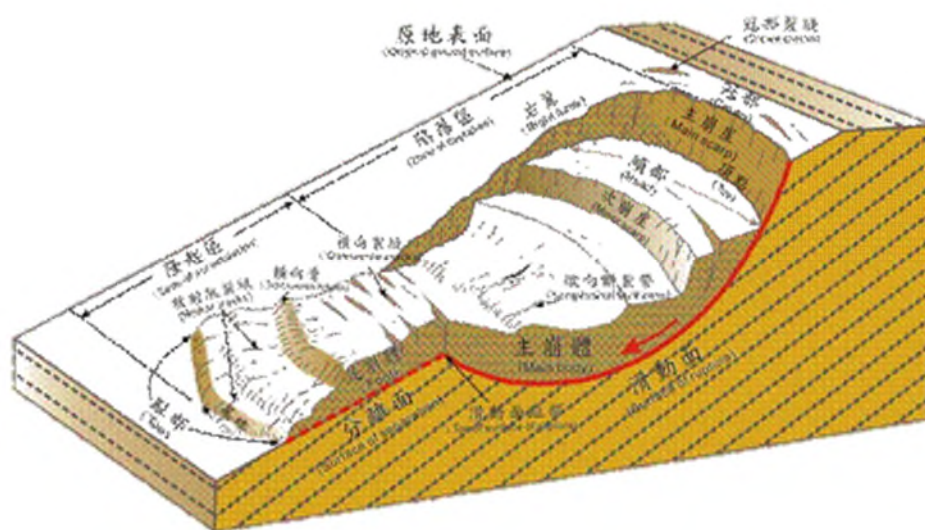


圖 3.2 崩塌地地表特徵示意圖

資料來源：科技部災害管理資訊研發應用平台[7]



圖 3.3 崩塌前模組正面照(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.4 崩塌後模組正面照(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理

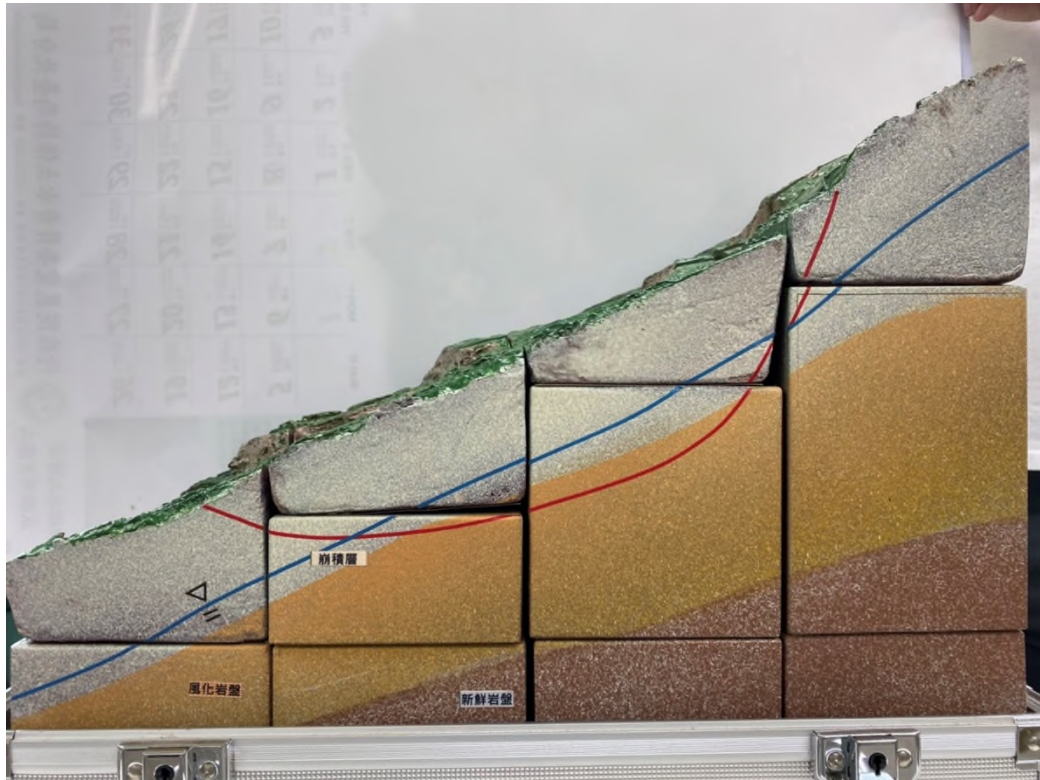


圖 3.5 崩塌後模組側面照(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.6 崩塌前模組側面照(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理

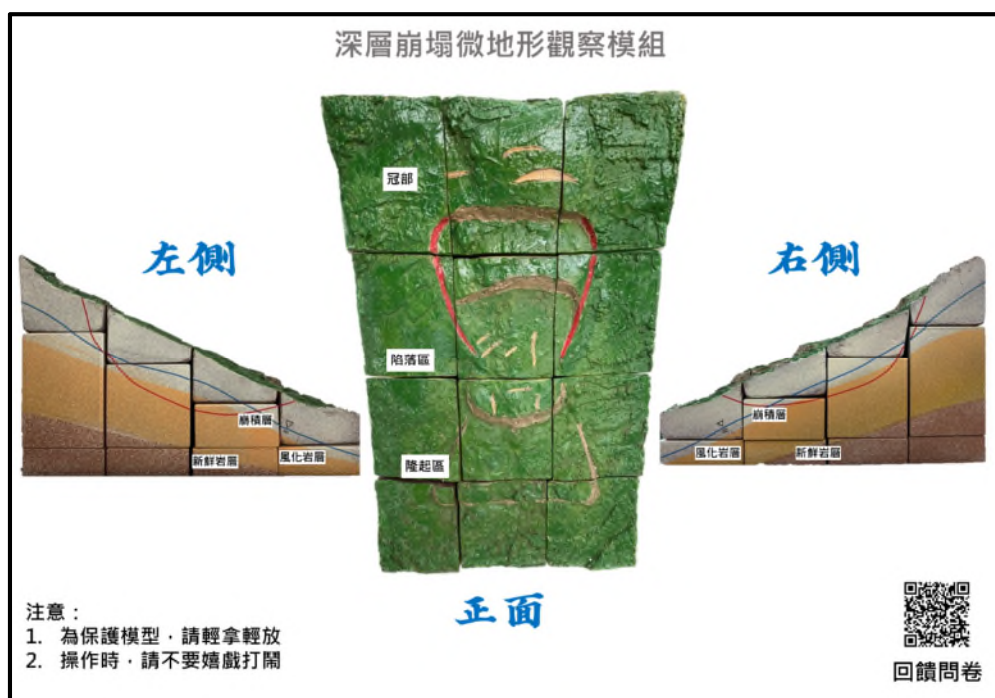


圖 3.7 崩塌後模組拼圖還原對照圖板

資料來源：本計畫整理



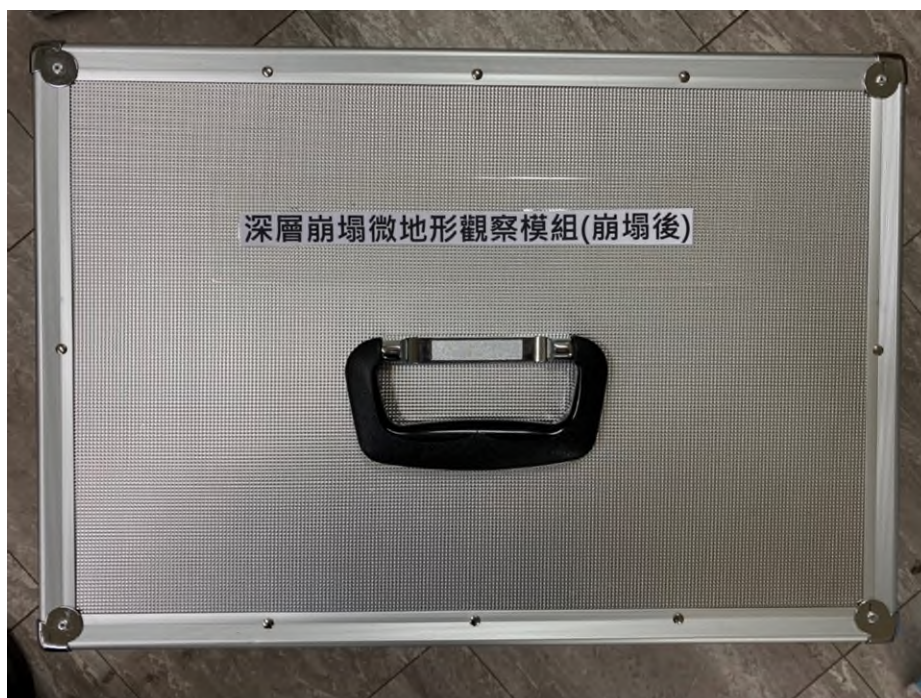


圖 3.9 收納用展覽箱(崩塌後模組) (攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.10 收納用展覽箱(崩塌前模組) (攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理

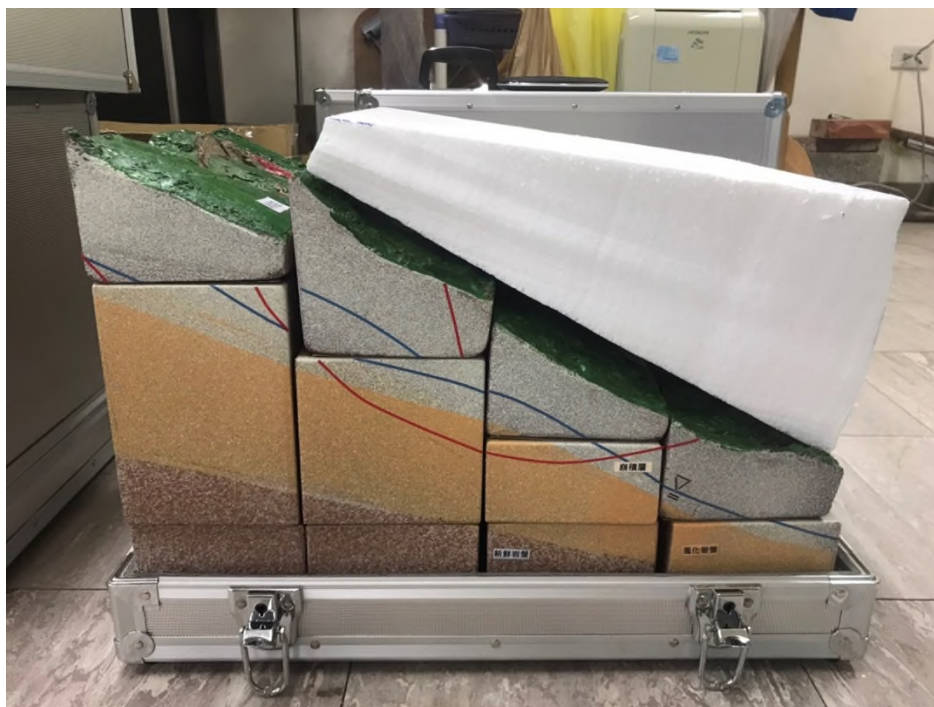


圖 3.11 保麗龍塊體進行崩塌後塊體之保護(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理

第二節 現象與災害成因觀察模型製作

現象與災害觀察模組製作工作主要分為三個階段：(1) 模組主體結構與外觀建置；(2) 模組動態展示功能建置；(3) 模組收納功能建置。

各階段項目詳細成果說明如下：

一、模組主體結構與外觀建置：

模組採用 3-1 節提及之真實崩塌地實景 3D 列印製作主坡體結構(圖 3.12、3.13)，並於坡面開挖製作深層崩塌塊體及地表逕流路徑模擬，最後對坡體進行景觀美化。

二、模組動態展示功能建置：

模組表面安裝 LED 燈條模擬地表逕流之樣貌，並於坡體上

方製作電子展式面板以裝設 LED 燈之光線與噴霧系統模擬真實降雨(圖 3.14)，再藉由搭配降雨音效以強化降雨模擬的效果。此外，展示面板亦設置地下水位觀測視窗，透過排燈的變化來呈現地下水位上升，而當地下水位高度達警戒水位時將觸發蜂鳴器。爾後，持續上升之地下水位將觸發深層崩塌，造成崩塌塊體滑落。整體動態功能啟動/關閉將以單一按鈕控制，以減少外在因素對教具展覽所造成的影響。

三、模組收納功能建置：

模組採用 3-1 節提及之展覽箱(圖 3.8)進行模組收納(圖 3.14)，然因展示面板之高度較高，因此將展示面板製作為可拆卸式，拆裝後的面板及主坡體可安置於展覽箱內(圖 3.15)，藉以增進運輸便利性及提升模組之保護功能。

現象與災害成因觀察模組有別於過往三個年度計畫之模型，以聲光效果取代真實水流，藉此減少教具維護工作，有效提升教具延續性。再者，藉由此方式減輕學校採購本教具之後續維護成本，增加學校採購意願，能有效強化教具擴散性。



圖 3.12 現象與災害觀察模組正面照(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理

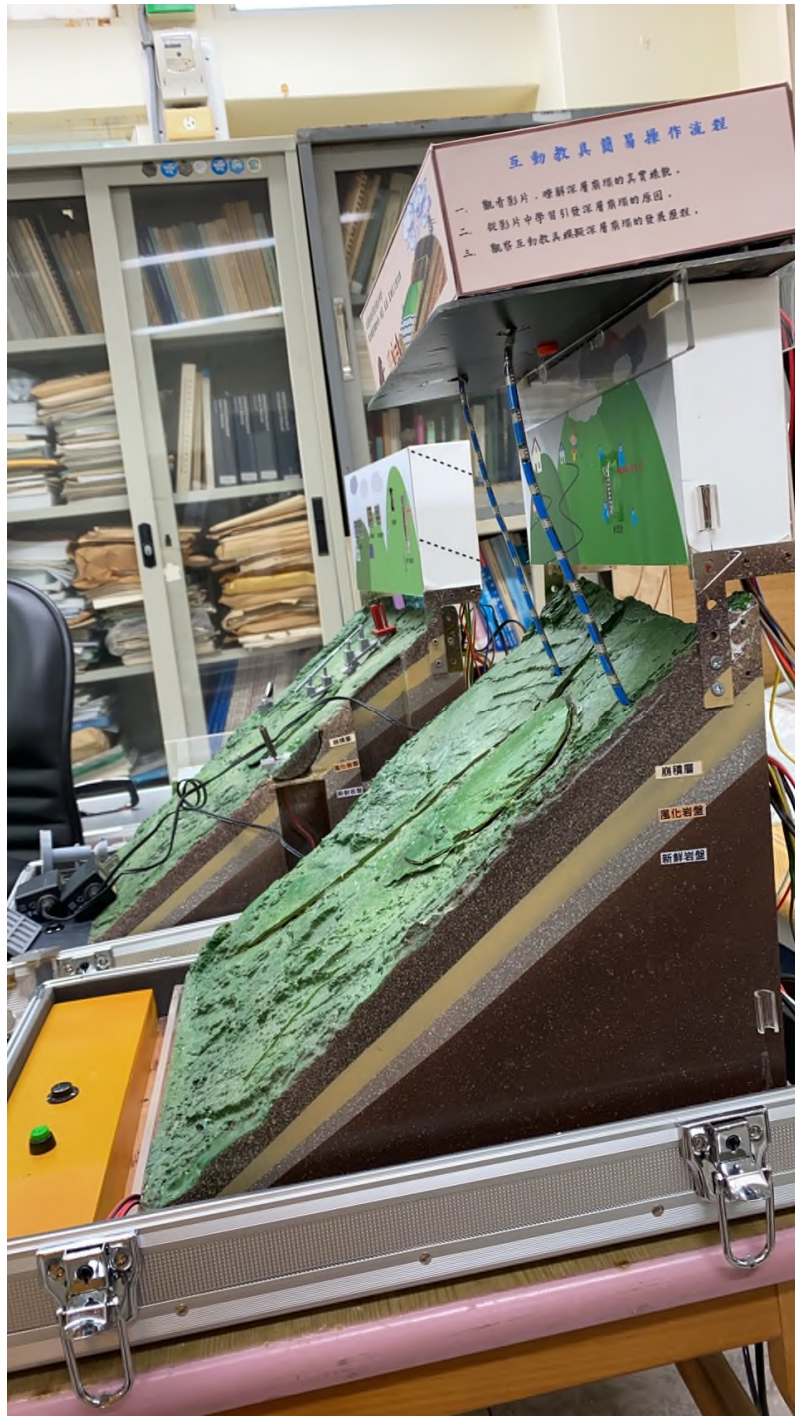


圖 3.13 現象與災害觀察模組側面照(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.14 現象與災害觀察模組展示面板與 LED 燈條(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.15 收納用展覽箱(現象與災害觀察模組) (攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.16 現象與災害觀察模組收納照 (攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理

第三節 崩塌地監測系統互動模組製作

崩塌監測系統互動模組製作工作主要分為三個階段：(1)模組基礎結構及外觀建置；(2)自動化監測功能建置；(3)模組收納功能建置。各階段項目詳細成果說明如下：

一、 模組基礎結構及外觀建置：

為了讓崩塌防災教育教具模型之參觀者瞭解真實崩塌地施作監測系統相關知識，監測系統模組除採用真實崩塌地實景(圖 3.17)製作外，亦建置各項監測系統之縮小尺寸模型，包含：地表變位儀(圖 3.18)、傾斜管自主測量模型(圖 3.19)、傾斜管測量設備與十字滑軌模型(3.20)、雨量筒(圖 3.21)與太陽能板(圖 3.22)等。

此外，為讓崩塌監測系統模型具有互動性，部分監測系統縮小模型建置為互動模型，例如：傾斜管自主測量模型具備自主量測功能，可讓參觀者利用設備自行操作(圖 3.19)，同時，傾斜管周圍地層也能夠自由調整其位移量，當位移過大時會造成傾斜管無法深入地層，代表監測功能失效；而傾斜管測量設備與十字滑軌模型建置為模擬真實地中變位測量井之十字滑軌樣貌(圖 3.20)，讓參觀者可自行調整垂直或水平方向放入滑輪，藉此模擬實務上測量地中變位的情景；而雨量筒製作為傾斗式雨量計(圖 3.21)，可透過注水方式讓傾斗左右搖擺並收集雨水，以此模擬現地測量降雨之方式，並於雨量筒下方設置模擬感應面板，讓參觀者學習真實雨量監測記錄作法；最後，地表變位儀建置於崩塌塊體和坡頂地表處，透過移動崩塌塊體造成地表變位儀的伸縮桿件伸長或縮短(圖 3.18)，藉此模擬現地地表變位儀的監測方法。

二、各種監測系統展示建置：

各個崩塌地監測系統採用電子面板統一控制，藉由圖 3.23 所示之按鈕啟動所有監測系統，並隨時間自動增加各項監測數據資料或隨時間自動變更監測圖形影像。為了完整、簡潔地呈現各監測系統之監測功能，本計畫於坡體上方建置一崩塌地監測面板(圖 3.24)，監測面板係以排燈、數字面板等電子硬體呈現各

監測系統監測之數據或圖像。監測系統功能詳述如下：

- (一)太陽能板啟動後，於監測面板上持續呈現 12v 之圖形(圖 3.24)，模擬現地之工作電壓需求。
- (二)雨量筒為整體監測系統之唯一啟動開關，參觀者僅需於雨量筒的傾斗上注水便可啟動，同時於自動監測面板上之雨量計視窗(圖 3.24)展示降雨量隨時間逐漸上升(每 2 秒上升 25mm)，其時間間距與地下水位計相同(每 2 秒上升 1 格)。此外，雨量筒逐步達到豪雨、大豪雨及超大豪雨標準，當達到超大豪雨(500mm)時將結束系統，此時地下水位計亦同時達最高點。
- (三)地中變位量測的變化隨地下水位計上升而變化，地中變位以電子面板呈現四階段變形，包含：第一階段將於整體監測系統啟動時保持直線，代表地層尚未滑動；第二階段地中變位視窗將會呈現第一次錯動，該階段之時間點位於地下水位計上升達第 8 格時(達豪雨標準：降雨量 200mm)，代表豪雨導致地層出現些許位移，應提高關注並採取行動；第三階段地中變位將呈現更大幅度之變化，該階段之時間點位於地下水位上升達第 14 格時(達大豪雨標準：降雨量 350mm 以及達警戒水位)，代表地層錯動達到顯著變化，應立即採取措施與高度警戒；而最後一階段地中變位視窗將消除所有圖形，代

表此階段地層已滑動造成破壞，傾斜管量測失效，此階段時間點位於地下水位計達第 20 格(達超大豪雨：500mm)。

(四)地表變位儀視窗將隨地中變位監測達第一次錯動時啟動，並每秒增加 5cm 最高至 90cm，代表隨時間地層逐漸位移、滑動，讓參觀者可搭配地表伸縮計模型與視窗觀察，藉此瞭解地層變動樣貌。

三、模組收納功能建置：

本模組採用 3-1 節提及之展覽箱(3.8)進行模組收納(圖 3.25)，然因具備自動化監測面板等較脆弱之電子設備，故於展覽箱內增設監測面板保護套(圖 3.26)，防止運送時模組受到破壞。

崩塌監測系統互動模組具備相當充足之深層崩塌防災知識，有別於前(109)年度計畫所建置僅具靜態展示功能之監測系統縮尺寸模型，今年度計畫大幅提升該主題之互動性，透過增添監測系統縮小模型之互動性，並配合自動監測面板呈現各項監測數據與圖像等監測結果，讓參觀者可藉此教學主題建立崩塌地監測觀念，再透過虛實交互連結的方式，體會崩塌之防災監測刻不容緩的重要性。



圖 3.17 崩塌地監測系統模組正面照片(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.18 地表變位儀(攝於 110/11/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.19 傾斜管自主測量模型 (攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.20 傾斜管測量設備與十字滑軌模型 (攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理

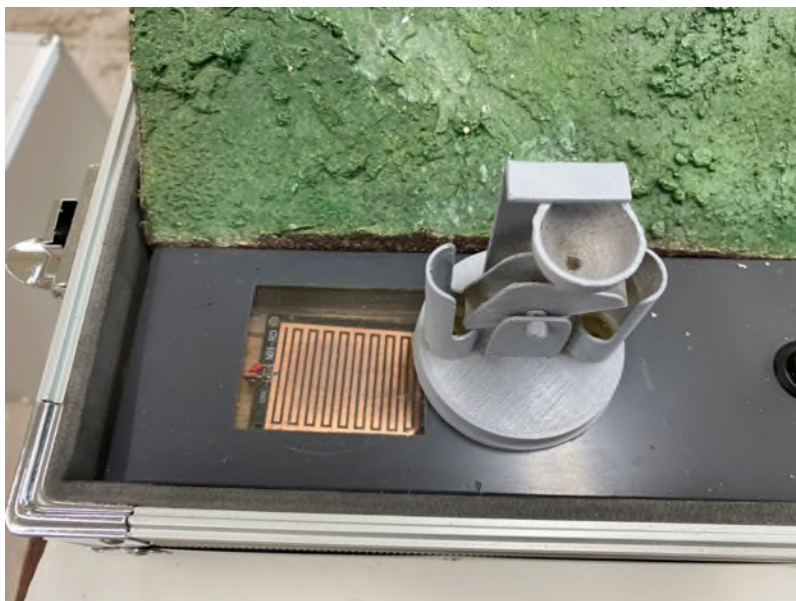


圖 3.21 雨量筒及感應裝置 (攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理

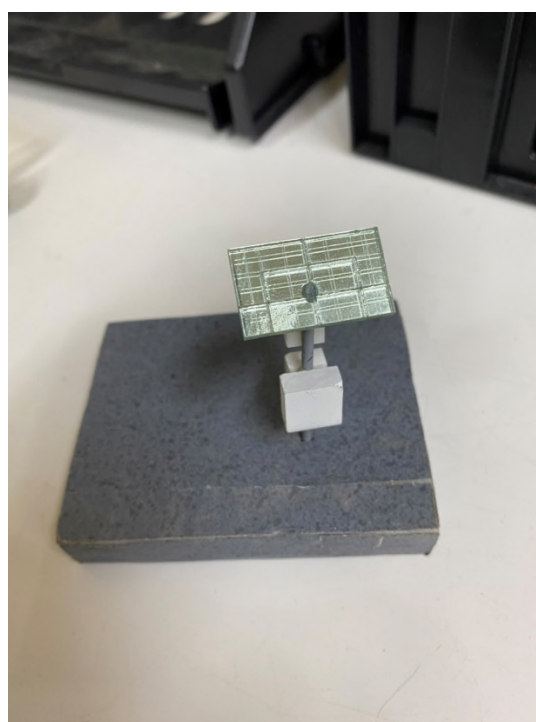


圖 3.22 太陽能板(攝於 110/07/09)

資料來源：本計畫整理

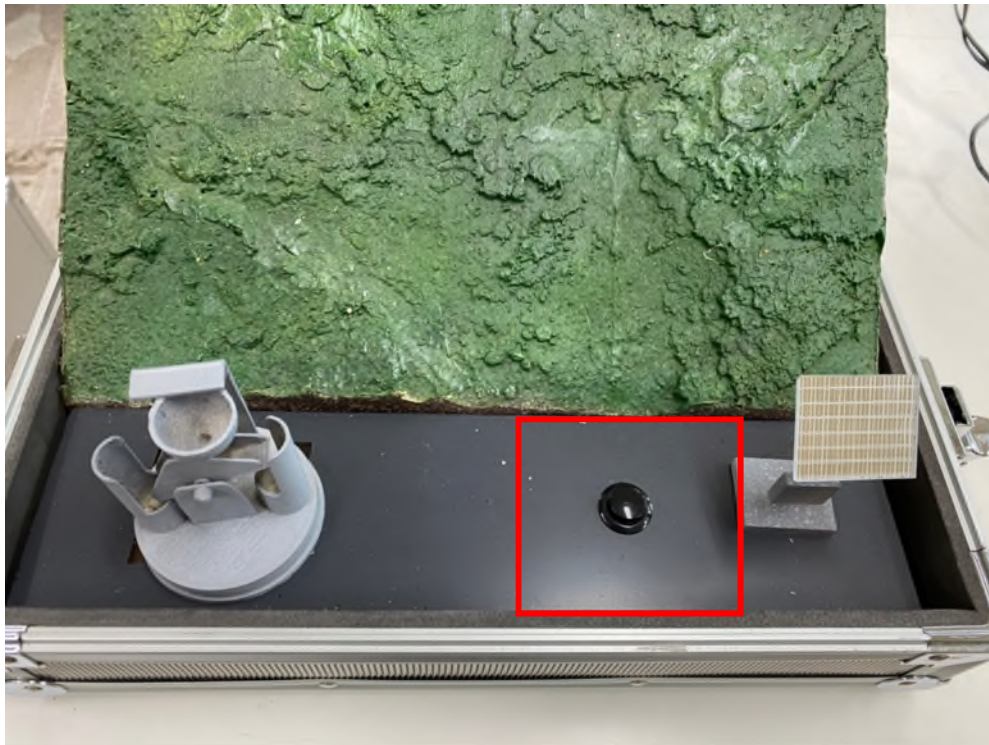


圖 3.23 監測系統啟動按鈕 (攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.24 崩塌地監測系統面板(攝於 110/11/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.25 收納用展覽箱(崩塌地監測系統模組) (攝於 110/11/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.26 崩塌地監測系統模組收納方式 (攝於 110/11/20)

資料來源：本計畫整理

第四節 治理工法互動模組製作

治理工法系統互動模組製作工作主要分為三個階段：(1)模型主體與各式工法互動模組建置；(2)深、淺層崩塌塊體功能建置；(3)模組收納功能建置。各階段項目詳細成果說明如下：

一、 模型主體與各式工法互動模組建置：

本模型採用 3D 列印崩塌地數值地形以建置坡體(圖 3.27、3.28)，並建置互動式工法模組，包含：擋土牆、排樁工法、格樑護坡、地錨工法、地中與地表排水工法，透過真實工法之縮尺寸模組讓參觀者學習坡地防災工法對深層崩塌之影響。各工法模組依據治災作為概分為以下兩種工法：

(一)剛性工法：

傳統剛性工法包含：擋土牆、格樑護坡、地錨工法及排樁工法，此種工法係透過混凝土結構物對邊坡進行治理，針對預估會發生地層滑動區域進行鋪設。因此，本計畫將其坡地災害治理概念融入深層崩塌防災教育製作中，再納入坡腳開挖對邊坡之危害等觀念，完整製作出貼近實地情景之互動式工法模組。

承上述，崩塌地坡腳開挖機制如圖 3.28 所示，解說人員可將模型深、淺層崩塌區域坡腳移除，導致崩塌塊體直接滑落，藉此展示坡腳開挖對邊坡之危害。再者，本計畫將剛性工法模型製作

為可拆裝式，解說人員可透過將擋土牆模型安裝於已開挖坡腳之深、淺層崩塌區域(圖 3.30)，排樁工法則可安裝於深層崩塌區(圖 3.31)，以阻止崩塌塊體滑落。此外，地錨工法可安裝於深層崩塌區(安裝位置如圖 3.32)，格樑護坡則可安裝於淺層崩塌區(安裝位置如圖 3.33 所示)，藉此呈現對不同深度的滑動塊體治理方式之差異，讓參觀者學習、鏈結真實崩塌區之整治工法的取捨。

(二)柔性工法：

本計畫柔性整治工法分為地表排水工法及地中排水工法，排水工法治災概念為：透過工法的設置將過多雨量排除以減緩地下水位上升與漫地流，藉此增加邊坡穩定性。藉由 LED 燈之開啟呈現兩種排水工法啟動(排水)(圖 3.34、3.35)，開啟/關閉排水工法係採用按鈕進行控制，按鈕如圖 3.36 下方按鈕所示，藉此讓解說人員可透過燈光效果闡述排水工法之原理及防災概念，將知識有效地根基於參觀者心中。

二、 深、淺層崩塌塊體功能建置：

深、淺層崩塌塊體皆採用控制按鈕進行觸發(圖 3.36)，透過大小不同的崩塌塊體滑落呈現現實邊坡災害之危害性，並透過 3-4.1 小節所述之剛性工法模組進行邊坡整治作為，讓參觀者嘗試在不同工法間進行選擇，並理解工法對邊坡穩定之重要性。

三、 模組收納功能建置：

治理工法互動模組亦選用 3-1 節提及之展覽箱(3.8)，可將坡體與各工法模組進行簡易收納，以單一展覽箱(圖 3.37)整理所有治理工法以減低展覽前置作業與展後場復之時間，有效提升模型擴散性、運輸性。

治理工法互動模組透過各式工法模組的組合傳遞山坡地防災工程之重要性，將民眾常看見卻不理解之邊坡治理工法展示於模型上，並透過其貼近真實的治災原理展示效果，讓難以親近的邊坡穩定工程簡化為平易近人、簡單明瞭的模組，大幅度地提升民眾對山坡地災害的重視與理解。



圖 3.27 治理工法互動模組正面照(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理

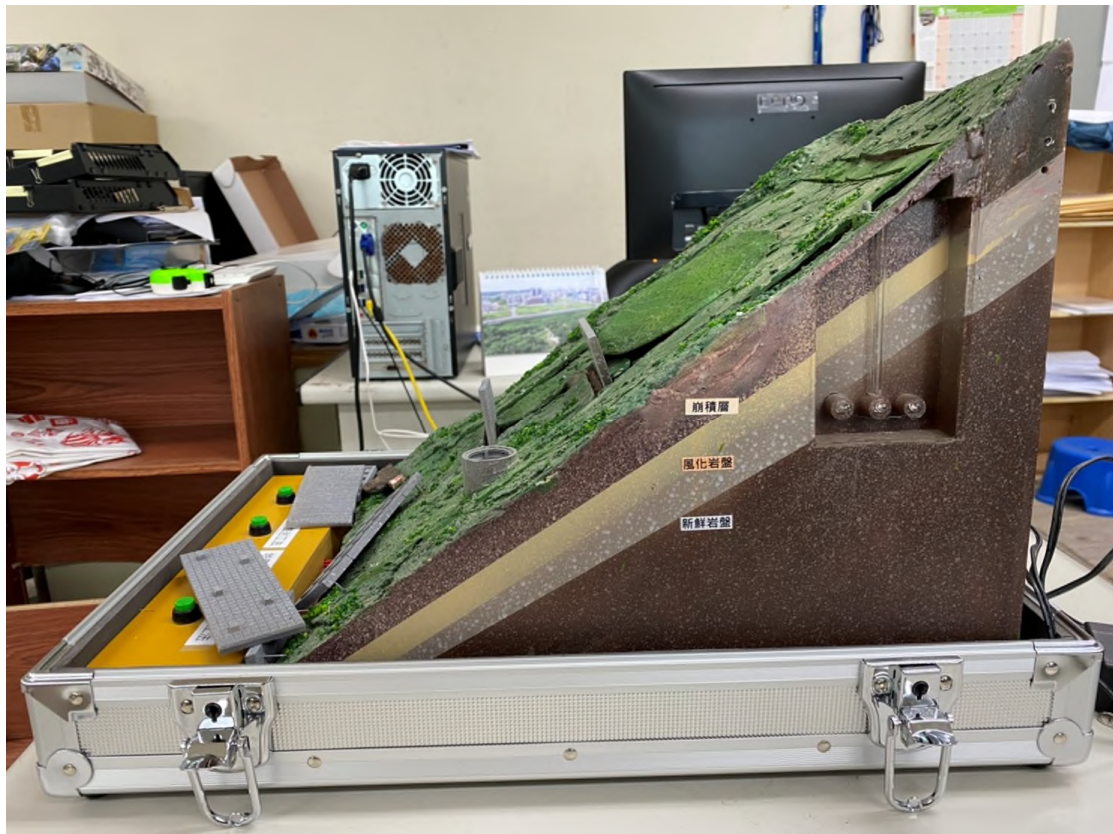


圖 3.28 治理工法互動模組側面照(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.29 治理工法互動模組坡腳開挖(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.30 坡腳開挖後裝設擋土牆於深、淺層崩塌區 (攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.31 坡腳開挖後裝設排樁工法於深層崩塌區 (攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.32 地錨工法裝設於深層崩塌區(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.33 格樑護坡裝設於淺層崩塌區 (攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.34 地表排水工法開啟(LED 燈條模擬水流) (攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理

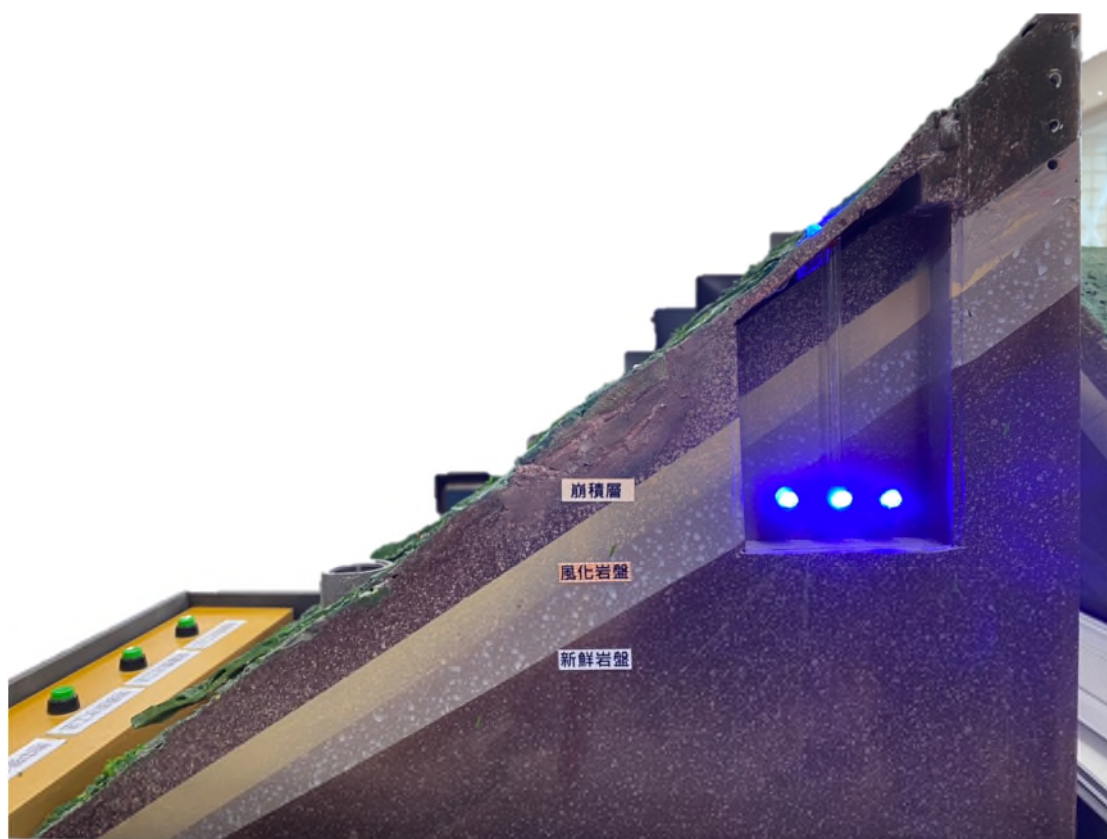


圖 3.35 地中排水工法開啟(啟動排水) (攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.36 各工法開啟/關閉控制按鈕 (攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理

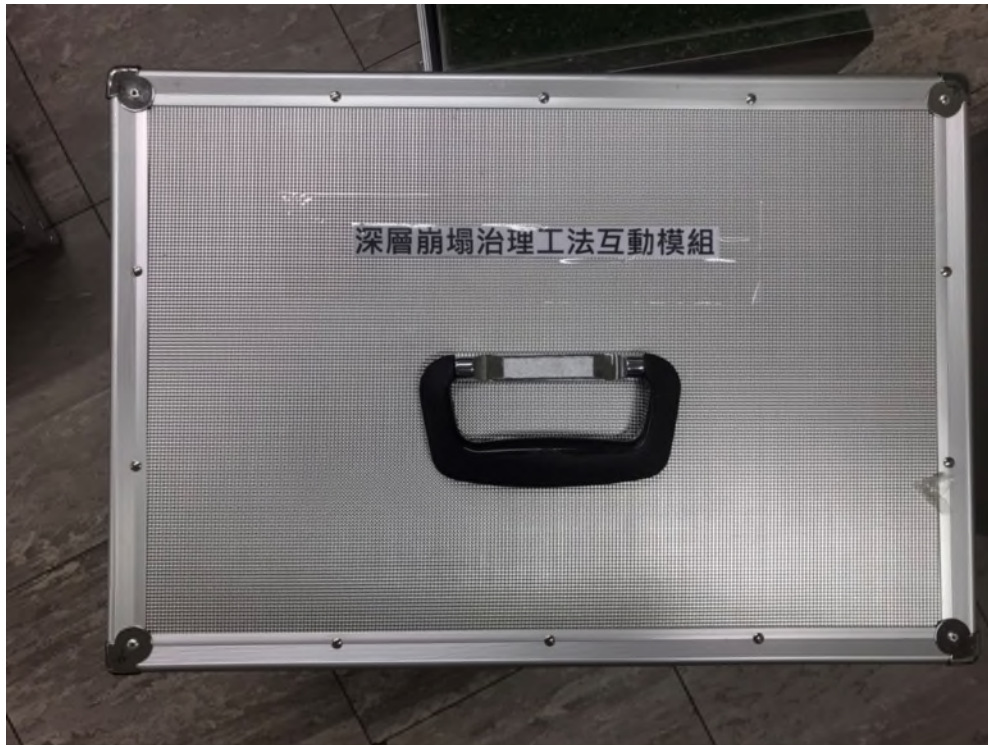


圖 3.37 收納用展覽箱(治理工法互動模組) (攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理

第五節 教學輔助資源製作

教學輔助資源製作工作分為四大工作項目：(1)深層崩塌相關資料蒐集與彙整；(2)教具 DM 製作；(3)教學輔助影片製作；(4)教具操作說明手冊編撰；(5)教育推廣教案編撰。本計畫已完成教學輔助資源製作，詳如下述：

(一)深層崩塌相關資料蒐集與彙整

為提供教學教案、操作說明手冊、海報、說明立板及影片撥放等教學資源建置之參考依據，需蒐集深層崩塌相關知識等資料，因此本計畫透過水土保持局提供之深層崩塌相關資料蒐集並彙整，包含：各式坡地災害影片、整治工法相關知識(表 3.1)、監測工法相關知識(表 3.2)、坡地災害相關知識(圖 3.38、圖 3.39)等資料，藉此完備教學輔助資源。

此外，本計畫亦蒐集全台各地校園、社區鄰近之大規模崩塌潛勢區、影響範圍等相關資料，讓民眾、教師與學生可自行查詢住家、校園與公司等地點周遭坡地災害潛勢，進行自主防災與離災，其查詢方式為：(1)土石流防災資訊網(<https://246.swcb.gov.tw/>)；(2)災害潛勢地圖網站(<https://dmap.ncdr.nat.gov.tw>)。藉由上述兩網站可瞭解全臺各地的各種災害之潛勢、影響範圍與即時警戒，讓民眾、教師與學生能充分學習水土保持和災害防治等知識，並做好完全的準備。

(二)教具 DM 製作

為增添教具於展覽活動之豐富度，本計畫依照各模組主題進行教具 DM 製作，藉此提升參觀者學習深層崩塌防災教育之收穫。其中，DM 尺寸為 A4 大小，並搭配展覽用透明立板，其尺寸設計為可收納至任一教具展覽箱中，藉以保持教具運輸之便利性。教具 DM 如圖 3.40~3.43 所示，建置成果詳如下述：

微地形觀察模組 DM(圖 3.40)提供深層崩塌地之完整地表特徵，讓參觀者除透過深層崩塌前、後教具之操作、觀察與學習外，亦可透過 DM 學習更加全面之崩塌地地表特徵資訊；現象與災害成因觀察模組 DM(圖 3.41)提供深層崩塌發生機制之相關因子、地層剖面圖、滑動面與地下水位等資訊，藉此在教學、展覽與說明等活動中輔助教具解說員講解，讓參觀者學習更加完整的災害成因、機制等，加深深層崩塌防災教育的內容；而崩塌地監測系統互動模組 DM(圖 3.42)則提供各項監測系統的真實照片，讓參觀者學習本模組時，能夠透過虛實鏈結的方式將防災監測系統相關知識刻劃於心中；最後，治理工法互動模組 DM(圖 3.43)亦將真實的深層崩塌治理工法照片納入，讓參觀者可以更加清楚真實崩塌地治理工法之樣貌，將深層崩塌防災教育內容更深入參觀者心中。

(三)教學輔助影片製作

本計畫除透過上述之教具 DM 輔助深層崩塌防災教學外，亦製作針對各模組主題之教學輔助影片，藉此提升各個模組的防災教育內涵，並讓各主題獨立成為完整的教程。教學輔助影片製作工作皆已完成，成果如圖 3.44~3.46 所示，影片內容包含：坡地災害分類與解說、深層崩塌機制與成因教學、監測系統功能、安裝位置及效益等解說、與深層崩塌治理工法教學影片等，並搭配四套螢幕撥放器進行撥放。據此，四大模組分別搭配教具 DM 和教學輔助影片，可讓僅採購單一模組之校園也能夠獲得完整、豐富與高效益之防災教育教具，藉此消彌水土保持教育的藩籬，讓防災知識之傳遞更加寬廣。

(四)教具操作說明手冊編撰

為讓使用本教具之教師與參展人員可以更輕鬆快速地熟習教具操作方法，本計畫編製一本教具操作指南，包含四大模組教具之收納方式、安裝方式、功能說明、與注意事項等，以圖文並列方式呈現，詳細見附錄四、教具操作說明手冊。

(五)教育推廣教案編撰

以教師為主所編製而成之教案，該教案概述了教具的開發背景、理念與教學方向等，教案內亦詳述本教具之教學目標、教學內容、教

學重點、教學活動、與教學建議等內容，其中教學活動參考 STEAM 理念與四大模組進行編撰，共分為：(1)微地形觀察模組；(2)現象與災害成因觀察模組；(3)崩塌地監測系統互動模組；(4)治理工法互動模組。此教案作為一完整的教具教學使用範例，可讓教師更快速的熟練教具操作，進一步提升教具教學品質。詳細內容見附錄五、教育推廣教案。

表 3.1 整治工法簡易說明表

工法名稱	工法概述	工法照片
地錨工法	利用地錨與岩層錨碇之拉力以穩定邊坡之施加預力構造。	
排樁工法	是一種穩定滑動中邊坡之工法，排樁對於邊坡提供之抗滑能力，來自於其樁體自身之擋土功能及滑動	

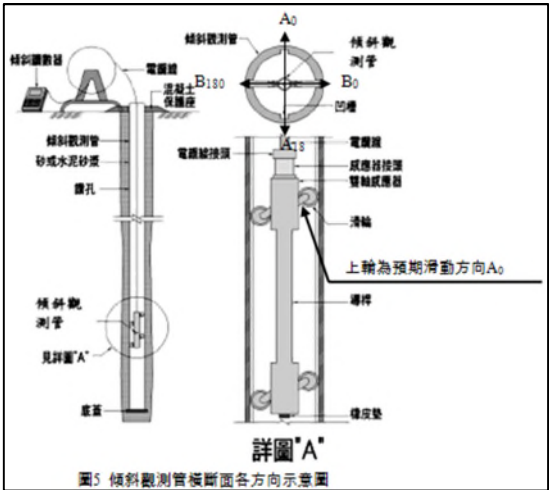
	土體與排樁間之力學互制行為。	
格樑護坡	是一種邊坡表面穩定工法，針對裸露之坡面為了抗風化及抗沖蝕之目的進行坡面保護，可配合錨筋以穩定邊坡。	
擋土牆	為一建於斜坡的構造物，用以加固土坡或石坡防止山崩，防止土塊和石塊落下，以保護行人、道路和附近建築物的安全。	
地表排水工法	一條條的橫向排水溝，最後再做縱向排水溝，讓坡面能安全排水。	

地中排水 工法	用以收集地下滲流或排除地下水之工程設施(暗渠、橫向排水孔、集水井、排水廊道)。	
--------------------	--	--

資料來源：本計畫整理

表 3.2 整治工法簡易說明表

監測系統	監測系統概述	監測系統照片
地下水位觀測井	可以用來量測地下水位的高度，也可以用來監測地下水位隨降雨的變動情形，並提供災害警戒依據。	

太陽能板	太陽能板可以提供監測設備自主的電力。	
傾斜管	用於監測可能滑動之邊坡或有滑動之虞的擋土牆，可以更準確的判斷滑動面的位置，並瞭解地中變形的速度與方向。	

地表變位儀	監測邊坡裂縫與滑動狀況，當變位過大時將會發出警報提醒民眾撤離。	
雨量筒	用以量測降雨量的儀器。 降水時會使儀器內的計量翻斗翻轉，帶動計數裝置輸出降雨信號，每翻轉一次代表 0.1mm 的降雨量。	

資料來源：本計畫整理

名稱	圖片	特徵	發生要件
山崩 (岩屑崩滑)		◆ 土地的岩石或土壤墜落。 ◆ 崩落的土石嚴重崩解，通常直接散落在地表。 ◆ 墜落速度快。 ◆ 規模較小，但容易造成傷亡。	◆ 坡度較陡(>30度)。 ◆ 較容易發生在岩石破碎、鬆散，或邊坡岩層不堅固的地方。
地滑 (岩體滑動)		◆ 土地的深層滑動。 ◆ 速度緩慢。 ◆ 較少造成傷亡，但經常發生地滑，便可能演變成大規模崩塌。	◆ 坡度較緩(8~30度)。 ◆ 常發生於斷層、軟弱岩夾層、順向坡等地方。
土石流		◆ 崩落的堆積土壤再加上水(如豪雨)，就可能造成土石流。	◆ 上游堆積大量土石。 ◆ 適當的坡度，使土石產生流動的力量。 ◆ 足夠的水分，讓土石潤滑流動。

圖 3.38 坡地災害分類比較表

資料來源：國家災害防救科技中心[8]

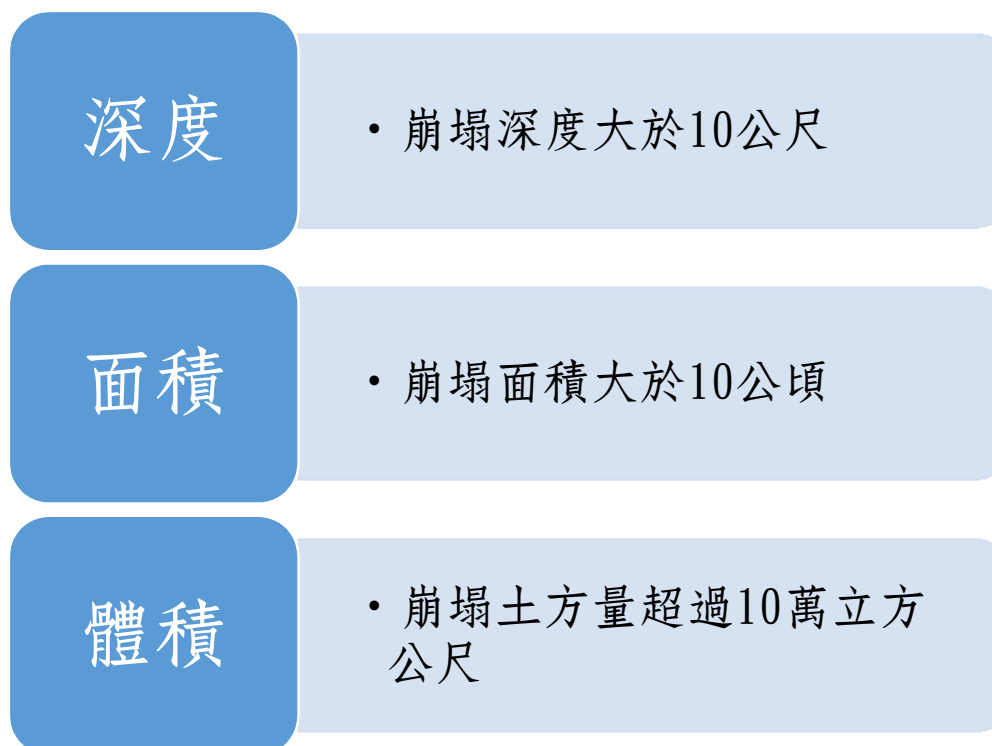


圖 3.39 大規模崩塌災害定義

資料來源：本計畫整理

深層崩塌災害現象與成因觀察模組

深層崩塌的機制

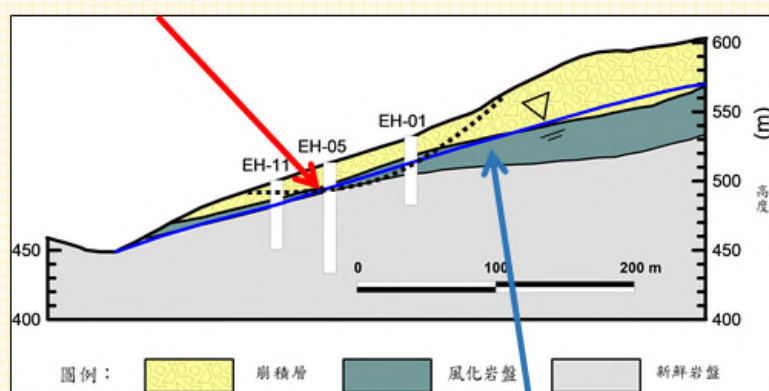
地下水位

透水性

雨量

地質

滑動面



地下水位



培養動手做、發明、創新的下一代



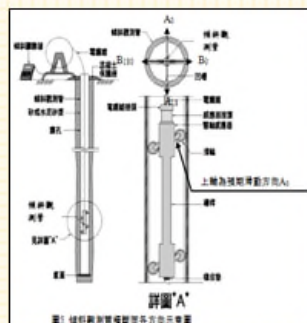
回饋問卷

圖 3.41 教具 DM(現象與災害成因觀察模組)

資料來源：本計畫整理

深層崩塌監測系統互動模組

崩塌地監測



監測項目

應變管理基準

地表伸縮計	每日變形量(0.5 mm~20mm) 或每月變形量(0.5mm~300 mm)
管內傾斜儀	0.5mm/日 ~ 10 mm /日



培養動手做、發明、創新的下一代



回饋問卷

圖 3.42 教具 DM(崩塌地監測系統互動模組)

資料來源：本計畫整理

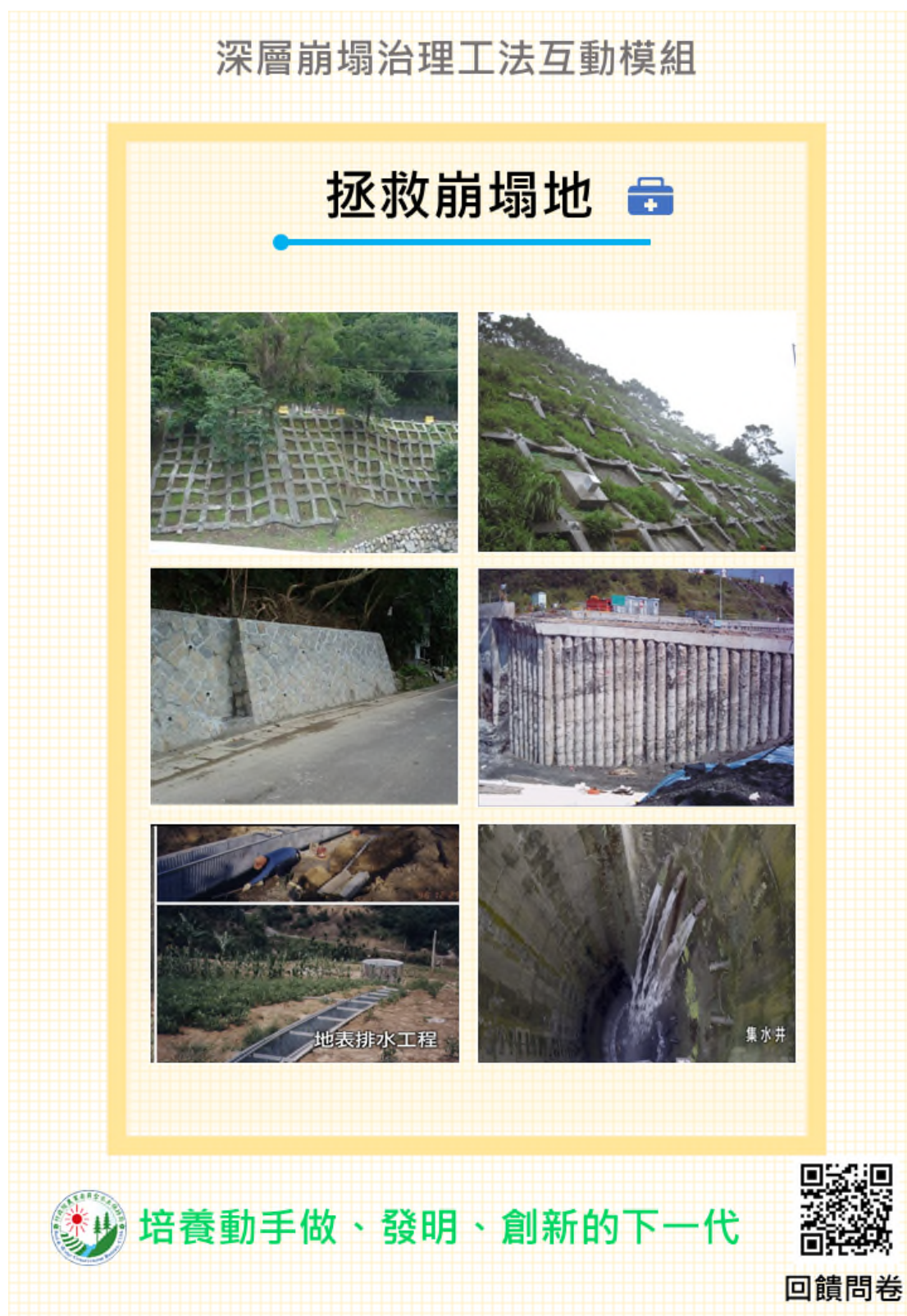


圖 3.43 教具 DM(治理工法互動模組)

資料來源：本計畫整理



圖 3.44 教學輔助影片示意圖-1(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理

名稱	圖片	特徵	發生要件
山崩 (岩屑崩滑)		◆ 土地的岩石或土壤墜落。 ◆ 崩落的土石嚴重崩解，通常直接散落在地表。 ◆ 墜落速度快。 ◆ 規模較小，但容易造成傷亡。	◆ 坡度較陡(>30度)。 ◆ 較容易發生在岩石破碎鬆散，或邊坡岩層不堅固的地方。
地滑 (岩體滑動)		◆ 土地的深層滑動。 ◆ 速度緩慢。 ◆ 較少造成傷亡，但經常發生地滑，便可能演變成大規模崩塌。	◆ 坡度較緩(8~30度)。 ◆ 常發生於斷層、軟弱岩夾層、順向坡等地方。
土石流		◆ 崩落的堆積土壤再加上水(如豪雨)，就可能造成土石流。	◆ 上游堆積大量土石。 ◆ 適當的坡度，使土石產生流動的力量。 ◆ 足夠的水分，讓土石潤滑流動。

圖 3.45 教學輔助影片示意圖-2(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理



圖 3.46 教學輔助影片示意圖-3(攝於 110/10/20)

資料來源：本計畫整理

第六節 配合水保局參加水保教育與教育推廣活動

為推廣水土保持防災教育知識，本計畫共配合水保局參與 4 場教具展覽活動，其中 2 場以本年度開發之教具進行參展，另 2 場因本年度教具未完成以及因展覽時間緊湊而無法連日使用本年度教具，暫以前(109)年度教具配合參與推廣活動，藉以確保於各梯次展覽活動皆能配合水保局推廣水土保持防災教育，達到宣導效益最大化。各場次參展成果詳如下述：

(一) 花蓮縣水土保持戶外教育園區執行計畫教具教育訓練

本計畫於 110 年 3 月 15 日派遣計畫人員至花蓮縣瑞穗鄉之舞鶴水土保持戶外教育園區，協助水土保持局花蓮分局進行前(109)年度計畫教具之操作、教育訓練和培訓教具推廣人員(圖 3.47)，以此活動將互動式教具教育理念和操作說明傳遞給當地的推廣人士，能有效加速大規模崩塌防災知識擴散。

(二) 110 年度創新研究計畫實地查核

本計畫於 110 年 10 月 22 日配合水土保持局於國立臺灣海洋大學舉行「110 年度創新研究計畫實地查核」活動，除向水保局回報工作執行成果與經費使用情形外，亦將教具之成品、教育內容及傳遞效益等內容向水保局進行報告(圖 3.48)。據此，本計畫蒐集與會人員的建

議與回饋，作為後續推廣活動之參考依據，藉此提升計畫人員於後續展覽活動進行水保教育宣導活動之成效。

(三) 110 年水土保持酷學校、示範基地授證儀式及教育論壇

為傳遞本年度計畫教具之理念，本計畫於 110 年 11 月 03 日配合水土保持局參與「110 年水土保持酷學校、示範基地授證儀式及教育論壇」活動，將教具四大主題模組介紹、推廣與傳遞至與會人員及國小師生(圖 3.49、圖 3.50)，並蒐集教具的宣傳成效，廣納各界回饋與建議作為往後深層崩塌防災教育推廣之參考，藉此增進教具在推廣活動、教育訓練及種子教師培育等活動的成效。

(四) 花蓮縣 110 年度防災教育融入學習領域創新教學研習

本計畫於 110 年 11 月 04 日派遣計畫人員至花蓮縣參與「花蓮縣 110 年度防災教育融入學習領域創新教學研習，藉此活動推廣、傳遞水土保持知識及深層崩塌災害防治教育。然而，本年度教具已於此活動展覽日前一日送達南投，並配合水保局參與「110 年水土保持酷學校、示範基地授證儀式及教育論壇」活動，因運輸時間、展覽期程等問題無法連續展出本年度教具，為確保水土保持防災教育能有效擴散，故本計畫以前(109)年度教具配合花蓮分局進行展覽活動。再者，本計畫透過展覽活動傳遞大規模崩塌教育於國小師生(圖 3.51)，並蒐集本

次活動的宣傳成效，瞭解國小學生學習之情形，提供未來防災教育宣導之參考。

依據上述各場次展覽活動，透過深層崩塌教育教具進行推廣確實能讓更多民眾、學童瞭解水保與防災知識，並將教具內容扎根於參觀者心中，為水保教育環境添上嶄新的一筆。



圖 3.47 計畫人員至花蓮縣水土保持戶外教育園區執行計畫教具之教育訓練 (攝於 110/03/05)

資料來源：本計畫整理

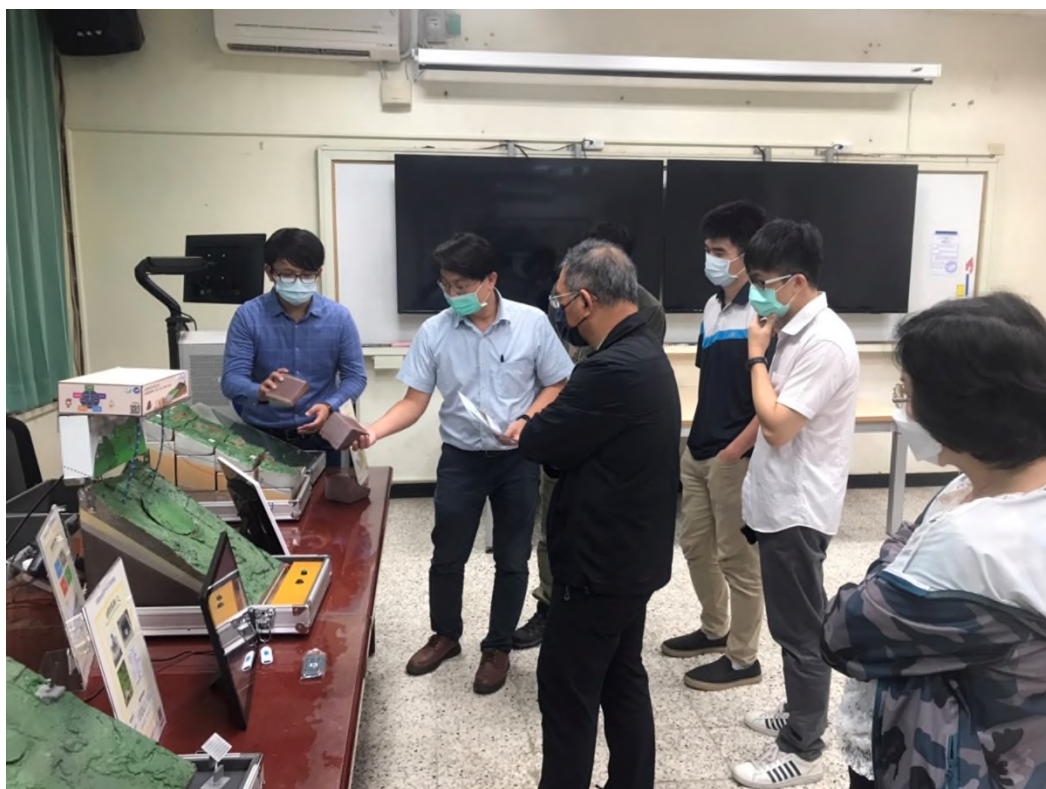


圖 3.48 計畫主持人向陳主秘和各委員介紹教具教育內容與操作方法

(攝於 110/10/22)

資料來源：本計畫整理



圖 3.49 大愛電視台採訪本計畫教具 (攝於 110/11/03)

資料來源：本計畫整理



圖 3.50 計畫組員向與會人員介紹教具 (攝於 110/11/03)

資料來源：本計畫整理



圖 3.51 計畫組員推廣前(109)年度教具於花蓮縣明廉國小學生 (攝於 110/11/03)

資料來源：本計畫整理

第七節 水土保持教育宣傳成效蒐集

水土保持教育宣傳成效蒐集工作分為兩步驟進行，第一階段為：建立合適的調查問卷題目，針對 15 歲以下學童、教師及展覽現場人員區分為三種族群不同的問題；第二階段為：教具參與展覽時需將問卷提供給一般民眾、學童與教師填寫，將問卷回饋彙整，並以統計方式建立實質量化成效。此外，調查問卷係採用簡易回答方式製作，且考量民眾的耐性問題，問卷填寫時間以 15 至 30 秒內回答完畢為原則，因此調查的題目數量以五題為限，並依照使用情形設計為三種回饋問卷(問卷題目如下表 3.3 所示)。其中，調查問卷使用 Google 提供之免費表單製作，再將連結轉為 QR-code 供現場參觀者掃描填寫，達到快速、便捷的效果，以提升民眾回答之確實程度。截至期末報告階段為止，本計畫已完成所有問卷製作工作(各式問卷如圖 3.52~3.54 所示)，並於配合水土保持局參與展覽活動時使用，蒐集所有參觀民眾、教師與學童之回饋。水土保持教育宣傳成效蒐集詳細成果如下所述：

因 COVID-19 疫情關係，於計畫執行期間大多數展覽活動為配合中央疫情指揮中心而停辦或減少參展人數，因此本教具於推廣活動參與工作受到影響。然為了將現階段受到高度關注之大規模崩塌災害相關資訊推廣至全國各地，本計畫於疫情趨緩後極力參與各項展覽活動，並蒐集如第六節提及之各場次參觀民眾、學童及教師的回饋與意見。

蒐集成效如表 3.4~3.6 所示，填寫本計畫問卷之人數為 72 人次，其中以 15 歲以下學童佔多(45 人次)，其餘年齡層填答人數分布較平均。此外，由學習成效蒐集中發現：超過 9 成以上的參展民眾在參觀本教具後皆能充分理解深層崩塌防災教育之內容，而 15 歲以下之學童仍有少部分學童無法完全理解本教具內容(約 4%)，然經由本計畫團隊積極關切以及針對問題進行詢問與解答後，學童皆能充分理解並記憶教育內容。綜合上述成果可知，深層崩塌防災教育教具之傳遞能力具相當程度之成效，並能觸及各年齡層，藉此打破災害防治與民眾之間的壁壘，讓水保教育有效擴散至全國各地。

表 3.3 教具宣導之回饋問卷題目

題號	15 歲以下回饋單	教師回饋單	展覽現場回饋單
1	大規模崩塌是不是有可能造成很多人傷亡？	你是否知道小林村滅村是因為大規模崩塌災害？	你是否已經清楚了解大規模崩塌現象與發生原因？
2	我們是不是可以用工法的方式保護坡地？	大規模崩塌判定依據是否為：崩塌深度大於 10m、崩塌面積大於 10 公頃、崩塌土方量大於 10 萬立方米？	你是否已清楚了解大規模崩塌災害可能透過適當工法配置減緩災害發生與衝擊？
3	防災警報響起時我們是不是要趕快逃跑？	你是否知道山坡地下水位過高可能會導致大規模崩塌發生？	你是否已經清楚知道自主防災作為，可減少災害發生的機率與降低災害造成的損失？
4	隨時檢查工法有沒有壞掉是不是可以讓我們的家園更安全？	你是否了解抑制與抑止工法的差別？	你是否認同做好水土保持的重要性？
5		你是否認同防災警報對於離災的重要性？	你是否已經瞭解離災的重要性？

資料來源：本計畫整理

深層崩塌防災教育教具回饋問卷(學童)

本卷適用於15歲以下學童

[登入 Google](#) 即可儲存進度。[瞭解詳情](#)

*必填

你的年紀是? *

您的回答

你現在就讀? *

☐ 國小以下

☐ 國小

☐ 國中

大規模崩塌是不是有可能造成很多人傷亡? *

☐ 是

☐ 否

我們是不是可以用工法的方式保護坡地? *

☐ 是

☐ 否

防災警報響起時我們是不是要趕快逃跑? *

☐ 是

☐ 否

隨時檢查工法有沒有壞掉是不是可以讓我們的家園更安全? *

☐ 是

☐ 否

提交

清除表單



圖 3.52 深層崩塌防災教育教具回饋單(15 歲以下學童)

資料來源：本計畫整理

深層崩塌防災教育教具回饋問卷

教師回饋單

[登入 Google](#) 即可儲存進度。 [瞭解詳情](#)

*必填

您的年紀是? *

您的回答

你是否知道小林村滅村是因為大規模崩塌災害? *

☐ 是

☐ 否

大規模崩塌判定依據是否為：崩塌深度大於10m、崩塌面積大於10公頃、崩塌土方量大於10萬立方米? *

☐ 是

☐ 否

你是否知道山坡地下水位過高可能會導致大規模崩塌發生? *

☐ 是

☐ 否

你是否了解抑制與抑止工法的差別? *

☐ 是

☐ 否

你是否認同防災警報對於離災的重要性? *

☐ 是

☐ 否

提交

清除表單



圖 3.53 深層崩塌防災教育教具回饋單(教師)

資料來源：本計畫整理

深層崩塌防災教育教具回饋問卷

展覽現場回饋問卷

[登入 Google](#) 即可儲存進度，[瞭解詳情](#)

*必填

您的年紀是? *

您的回答

您的最高學歷是? *

☐ 國小

☐ 國中

☐ 高中

☐ 大學

☐ 碩、博士

☐ 其他

你是否已經清楚了解大規模崩塌現象與發生原因? *

☐ 是

☐ 否

你是否已清楚了解大規模崩塌災害可能透過適當工法配置減緩災害發生與衝擊? *

☐ 是

☐ 否

你是否已經清楚知道自主防災作為，可減少災害發生的機率與降低災害造成的損失? *

☐ 是

☐ 否

你是否認同做好水土保持的重要性? *

☐ 是

☐ 否

你是否已經瞭解離災的重要性? *

☐ 是

☐ 否

提交

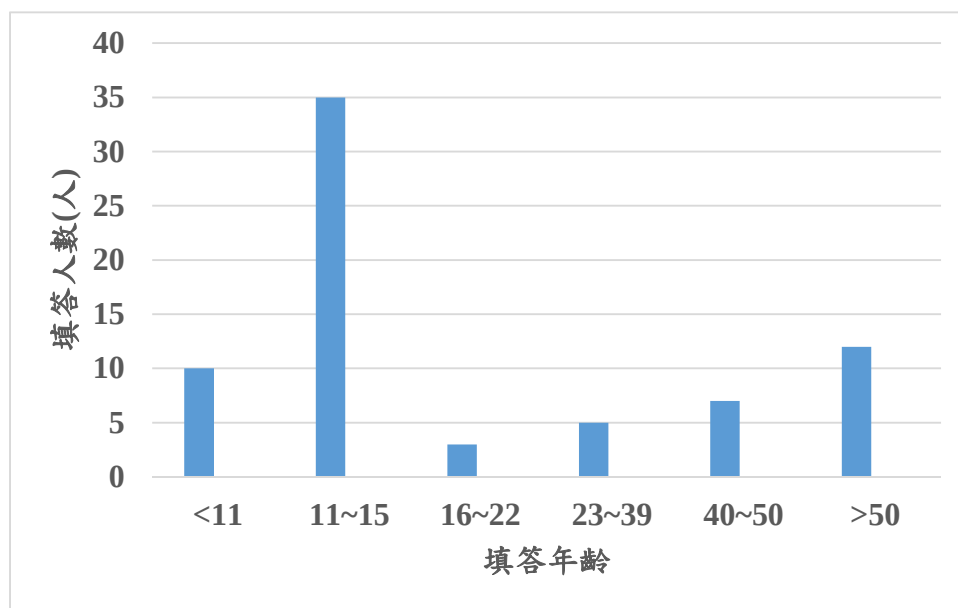
清除表單



圖 3.54 深層崩塌防災教育教具回饋單(展覽現場)

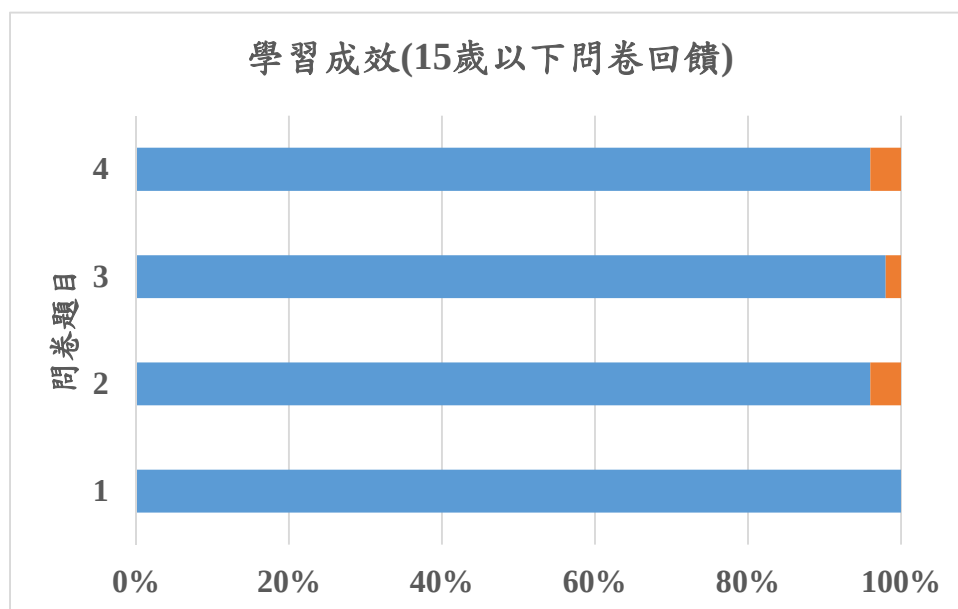
資料來源：本計畫整理

表 3.4 意見回饋單填答人數與年齡



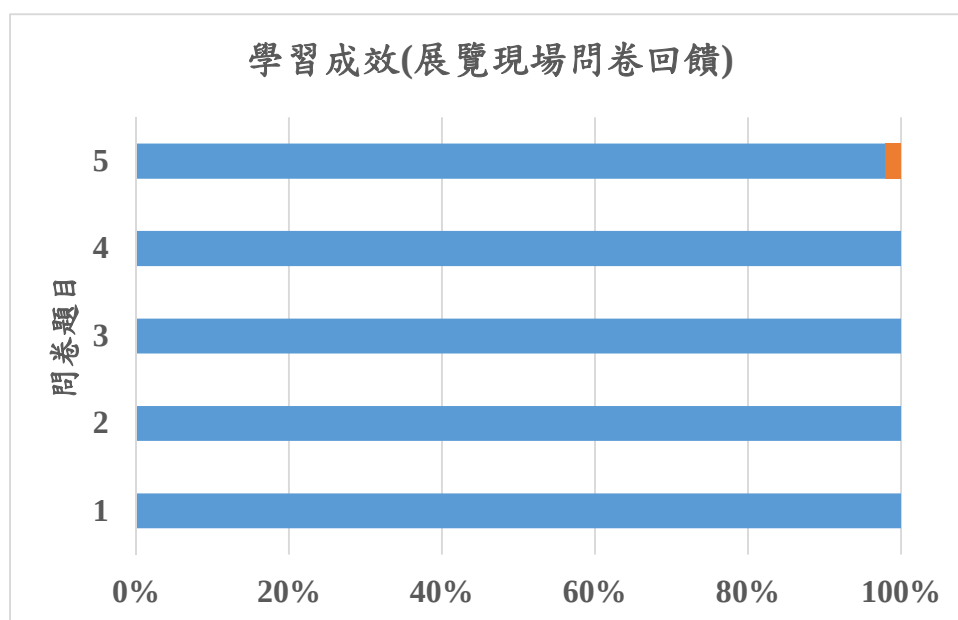
資料來源：本計畫整理

表 3.5 回饋單-學童學習成效



資料來源：本計畫整理

表 3.6 回饋單-參與展覽民眾學習成效



資料來源：本計畫整理

第四章 結論與建議

第一節 結論

本計畫已依計畫目標，完成所有規劃之工作項目，將所有工作成果整合可獲得以下幾點結論：

- 一、 本計畫吸收過去三個年度教具研發之經驗，並參考十二年國教推廣之 STEAM 素養教育精神，開發出互動性與真實性兼備之教學資源。透過連結實際的情境脈絡，讓學習產生意義，藉由感受、探索與思考等沉浸式的學習歷程，提升參觀者水保防災知識、自我思考的能力與態度，藉此將「發現問題、解決問題、與自主防災」的種子深植於教師與學生心中，進而培育水保推廣尖兵與水保從業者。
- 二、 本計畫研發之深層崩塌防災教育教具採用 3D 列印技術重現嘉義太和的油車寮崩塌地地形，將過往計畫教具化整為零以建置四大主體模組，並縮小尺度至 A3 大小。除保有過往教具的真實性、互動性外，亦大幅度增進教育之擴散能力，藉由教具尺寸、收納與單元獨立等優點，讓各學校、單位可自由選擇單一或多個主題教具進行採購以降低採購負擔，藉此大幅度提升教具採購意願，打破深層崩塌防災教育的藩籬，符合計畫目標之「用心栽培下一代，打造水保新世代」。

- 三、 深層崩塌防災教育教具之學習資源包含：(1)微地形觀察模組；(2)現象與災害成因觀察模組；(3)監測系統互動模組；(4)治理工法互動模組；(5)教學輔助資源。透過四大模組搭配教學輔助資源，有效整合實體教具與虛擬資訊並達到虛實合一，讓學生在觀察、操作與遊玩中學習水土保持防災教育的精華，進而將水保與自主防災知識深植於心中。
- 四、 深層崩塌教育推廣的部分，教具配合水保局參與各式全國性與自辦性活動，並蒐集參觀民眾、學童與教師之意見回饋，得出之調查結果顯示民眾體驗完本教具後，已完全吸收水保與防災的知識，突顯教具之教育扎根能力十分顯著。

第二節 建議

- 一、 深層崩塌防災教育教具之設計多採用模型展示的形式進行，因此四大模組在互動性上仍有部分可改進的地方，例如：(1)主要坡體模型可設計為自主組裝模式；(2)監測系統及治理工法縮小模型亦可設計為拼圖式，讓學童自行組合；(3)未來可設計地層含水量、土壤內應力與水壓力等因子觀察與操作之模型。藉由增加教具遊玩的元素，可提升學生專注度與教具吸睛度，讓教具不再只是模型，而是能夠讓學生喜歡的遊戲玩具。

二、 針對教育擴散的部分，由於本計畫教具目前仍需要透過計畫組員和受過教育訓練之推廣人員進行解說，且教具形式、造價與可複製性尚能夠進行更好的改進。因此，未來建議可開發僅需要操作說明書即可讓校園教師進行完整解說之教具，且教具可開發為具有更好的複製性與更低的造價，能大幅度提升深層崩塌教育的擴散性，讓水保教育的推廣達到最大化。

參考文獻

- [1] 行政院農委會水土保持局-重大政策-大規模崩塌防減災第一期
(106 至 109 年度)計畫，相關連結：
https://www.swcb.gov.tw/Policy/show_detail?id=5d1fd15538e841a9bddec85effb18e7f
- [2] 行政院農委會水土保持局，2018，地滑地搶救大作戰互動教具
研發，執行單位：國立臺灣海洋大學。
- [3] 行政院農委會水土保持局，2019，地滑地搶救大作戰互動教具
研發 2.0，執行單位：國立臺灣海洋大學。
- [4] 行政院農委會水土保持局，2020，「STEAM」理念融入大規模崩
塌防災教育教具開發，執行單位：國立臺灣海洋大學。
- [5] 林坤誼，STEM 轉化能力的評量，國立臺灣師範大學科技應用與
人力資源發展學系，2020，相關連結：
<https://steam.ntpc.edu.tw/p/406-1009-5067,r58.php>。
- [6] 張世松，嘉義縣油車寮崩塌地崩塌機制研究，國立中興大學水
土保持學系，2012，DOI：10.6845/NCHU.2012.00706
- [7] 科技部，大規模崩塌災害，中華民國科技部，2015，相關連
結：<http://dmip.tw/Lone/document/qa.aspx>
- [8] 國家災害防救科技中心，山崩、土石流（坡地災害潛勢），國家
災害防救科技中心，2016，相關連結：<https://reurl.cc/j8avQ1>

附錄

附錄一、第一次工作會議簽到單及決議事項

行政院農業委員會水土保持局

「深層崩塌防災教育教具研發：從認識崩塌微地形、現

象、成因、監測至工程治理」

第一次工作會議簽到單

壹、會議日期：110 年 03 月 05 日(星期五) 上午 10 時

貳、會議地點：國立臺灣海洋大學河海工程學系二館 404 室

參、主持人：許世孟 副教授

紀錄：董名家

肆、出席(列)席單位及人員

出席(列)席單位	簽名處			
	職稱	姓名	職稱	姓名
行政院農業委員會 水土保持局	組長	簡俊毅		
	科長	林有輝		
	技士	黃韋智		
國立臺灣海洋大學	副教授	許世孟		
	助理	董名家		
	研究生	廖逸凡		
	研究生	林浩倫		

伍、散會：下午 / 時 0 分

第一次工作會議決議事項：

- 一、 嘗試降低四大教具量化後成本，將一整套(四大模型)採購價縮限於新臺幣十萬元之內，提高各級校園的採購意願。
- 二、 為提高教具傳遞能力，需於教案中多加思考如何讓四大主題之教具模型進行串聯，透過連貫的故事整合四大模型，讓校園教師更具明確地推廣教育方式，可增加計畫教具之教育扎根能力。
- 三、 參考過往展覽經驗，教具易受環境影響而損壞，為了降低展覽前運輸、展覽中使用和展覽後維護等易受損問題，四大模組須採用更加堅固、耐用之材料進行製作。

附錄二、期初會議委員審查意見

編號	委員審查意見	回覆辦理情形
一、	STEAM 素養的教育，建議可搭配問題導向教學法，以情境及跨域的學習方式導入，可與中小學防災輔導團共同開發教師指導手冊及學習單。	謝謝委員建議。教具採用「現象觀察-情境解構-問題解決」之素養教育步驟建置，並於推廣時納入委員建議之問題導向方式引導參觀者學習。此外，由於本計畫以實體教具開發為主，教案為輔助，因此教案編撰方式先採用水保局提供之各式教案範本為主。
二、	順向坡災害的成因與坡腳過度開發有關，可以帶入深層崩塌。	謝謝委員建議。本教具已於整治工法模組設計坡腳過度開發影響坡體穩定之功能，並利用學習輔助資源帶入順向坡災害成因之相關知識。
三、	音效可帶入情境說明，或備有平板電腦可互動操作，方便學生自學。	謝謝委員建議。本計畫預定設計影音資源輔助教具之展演，透過播放器撥放相關教育影片，豐富教具學習資源。
四、	地中變位要名詞解釋。	謝謝委員建議。地中變位計係於可能滑動之邊坡監測滑動面發生位置。
五、	現場分割小單元，還可用圖解來分段解說。	謝謝委員建議。教具展覽現場會依照四大模組之教學順序，並配合立牌、海報、DM 和影片撥放等輔助資源進行教育宣導。
六、	生活應用上，防災的知識如何遷移到真實生活？	謝謝委員建議。本計畫設計之災害現象觀察模組可讓參觀者瞭解崩塌災害發生之地表特徵、預兆等現象，並透過監測設備模組讓參觀者學習監控螢幕的判讀與實際監測原理，以簡易的方式讓參觀者瞭解「自主防災」的重要性，以此帶入真實生活中，審視自身居住環境之安全是否具有疑慮。
七、	問卷題目可以用連連看及選擇	謝謝委員建議。本計畫除以原方

	題。	式製作問卷(GOOGLE 表單)外，亦參考委員建議之連連看方式製作問卷，並以紙本方式呈現，後續於推廣活動中使用和蒐集參觀者之回饋。
八、	虛實整合，可以運用一些 QR-code。	謝謝委員建議。為達到虛實整合之效果，本計畫設計影音資源輔助教具之展演，藉由相關教育影片的撥放，豐富教具學習資源。
九、	結論中之「大局」建議修改為水土保持局。	謝謝委員建議。本計畫已於期中報告中修改完畢。
十、	推廣之過程，四大模組之概念如何結合？尤其在學校教育，這些教具使用是否有先後順序？	謝謝委員建議。本計畫四大模組將依照素養教育之「現象觀察-情境解構-問題解決」步驟貫穿四大主題概念，並依照上述步驟，安排教具使用順序為：(1)微地形觀察模組；(2)現象與災害成因觀察模組；(3)崩塌監測系統互動模組；(4)治理工法互動模組。
十一、	用 LED 模擬降雨，如何說明降雨引發崩塌之機制？	謝謝委員建議。教具透過 LED、噴霧設備和雷雨聲的音檔模擬降雨效果，搭配地下水位計的抬升和警戒水位設立，並最終觸發塊體滑落，讓參觀者跟隨這一系列故事瞭解降雨引發崩塌發生之機制。
十二、	建議於計畫書中列出執行人員之工作分配。	謝謝委員建議。本計畫已於期中報告中修改完畢。
十三、	問卷內容是否可依不同之年齡層而有所不同？	謝謝委員建議。本計畫將問卷以國小、國高中生至一般民眾、專業教師等群組進行區分，並針對各群組設計不同的問卷內容。
十四、	使用手冊之內容將如何呈現？後續將有哪些人會使用這手冊？	教具使用手冊將以四大模組個別操作方式以及輔助資源的使用等進行詳細說明。使用手冊後續將提供水保局和採購本教具的國中小學之種子教師使用。
十五、	P1-6 教學四套模組，希望能列	謝謝委員建議。本計畫以實體教

	出教學目標、教學策略，配合教學單元，並且畫一個架構圖，可以聯合酷學校的教師來協助。	具開發為主，教案為輔助，委員提供之建議將納入教案製作中，並針對四大模組的主題個別製作教學單元。
十六、	P2-1 四套教學模組是否具備可組裝式？是否可學習先後順序的程序性，請說明四套教學模組適合的教學對象？如何檢核學習成效？	謝謝委員建議。本計畫四大模組教具皆設計手提式收納箱，可以簡便方式收納並運輸教具。此外，四大模組之學習順序為：(1)微地形觀察模組；(2)現象與災害成因觀察模組；(3)崩塌監測系統互動模組；(4)治理工法互動模組；其適合對象將適用於參與展覽活動之學生、教師及家長為主；最終以問卷方式蒐集參觀者之學習成效。
十七、	P2-2 圖 2-1.3D 列印坡面圖，所產生的不同區塊是否可以使用不同顏色標示，方便教師說明與教學，另外是否有哪些區塊比較容易崩塌的原因之探究與實作。	謝謝委員建議。本計畫規劃將教具坡面之不同地表特徵區塊使用不同顏色進行上色，藉以明顯區分崩塌徵兆之樣貌；而較容易發生崩塌之區塊原因將以不同地層的交界面為主，可以教具坡體側面之地層分層示意圖進行災害原因的講解說明。
十八、	P2-5 LED 燈條模擬水流示意圖，光這樣看不容易理解，是否能搭配 3D 立體圖示，比較知道地下水位是否到達警戒水位了。	謝謝委員建議。本計畫教具已於期中報告階段完成，並以教具成果照片呈現，可清楚且完整的瞭解四大模組的結構與樣貌。
十九、	P2-8 圖 2.6 監測設備套組示意圖也是不容易閱讀，希望有 3D 立體圖配合，逐項說明其探究與實作的步驟。	謝謝委員建議。本計畫教具已於期中報告階段完成，並以教具成果照片呈現，可清楚且完整的瞭解四大模組的結構與樣貌。
二十、	P2-10 圖 2.7 工法模擬套組示意圖也是不容易閱讀，希望有 3D 立體圖配合，逐項說明其探究與實作的步驟。	謝謝委員建議。本計畫教具已於期中報告階段完成，並以教具成果照片呈現，可清楚且完整的瞭解四大模組的結構與樣貌。
二十一、	P2-12 規劃參加 5 場國內防災科普教育活動，活動內容是否已	謝謝委員建議。本工作項目為配合水保局參加國內防災科普教育

	經安排？沒有看見說明，並補充之。	活動，因此初步僅規劃預計參與之場次，並在後續補充實際參展成果。
二十二、	P2-13 調查題目以四題為限？ (1)-(4)的題目不像是問題解決模式，比較像是總結式的問題，問題解決模式必須有情境佈題後再提問，並且要提出解決策略和預期結果。	謝謝委員建議。藉由本計畫過去參與展覽活動之經驗，發現大多數參觀者時間和耐心有限，希望將問卷回饋時間縮限在 15 至 30 秒之間為原則，且問卷僅是作為瞭解參觀人員對教具宣傳知識之學習狀況，因此將以較為簡便回答的方式進行問卷之設計。
二十三、	本計畫如何展示地中變位監測系統之互動模式？	謝謝委員建議。本計畫將整治工法模組側邊製作地中變位測量井之剖面以及十字凹槽，可讓參觀者觀察到實際樣貌。再者，地中變位觀測設備設計為帶有滑輪之構造，可讓參觀者自主使用測量地中變位情境，而當崩塌滑動過大時，滑輪將於滑動面卡住，無法進行測量，藉此模擬監測失效之情境。
二十四、	本計畫在輔助推廣時，每項模組宜有立牌或海報證明，以利推展。	謝謝委員建議。本計畫將依照各模組主題進行個別的立牌設計，或設計海報，以有效提升教具擴散能力。
二十五、	本計畫因涉及防災教育教具之研發，包含四項之模組，此擴散能力之經費規劃為何？	謝謝委員建議。為考量校園進行採購案之便利性，本計畫將四大模組整套採購價格規劃在新臺幣十萬內，並設計每個模組之單一價格，讓教具採購具有彈性，以此金額縮減採購案的時間與複雜度。
二十六、	附錄一：第一次工作會議之決議事項為何？	謝謝委員建議。本計畫已於期中報告階段將工作會議之決議事項整理於附錄一。
二十七、	可思向教育部瞭解先前全臺坡地高潛勢之學校，如此對於宣導本案之創新精神有更好宣導	謝謝委員建議。本計畫蒐集全臺坡地高潛勢之學校相關資料網站(http://safecampus.edu.tw)，然由於

	與擴散之效益。	網站目前無法登入，後續如修正將於期末報告階段附上。
二十八、	教具中各系統名稱，其中抑止工法模組，建議修正為抑制工法模組即可，較符合目前任何治理工法之限制(強度限制、工程極限)。	謝謝委員建議。本教具參考委員建議將抑止工法名詞修改為剛性工法，抑制工法名詞修改為柔性工法，並於推廣活動中傳遞給參觀者。
二十九、	拼圖式微地形觀察模組將製作崩塌前、後之數值模型，其崩塌後之數位地形已取得，而其崩塌前之數位地形將如何取得？如無該處之崩塌前數值資料，將如何取得崩塌前數值資料？	謝謝委員建議。拼圖式微地形觀察模組製作坡地崩塌後樣貌之數值高程等資料已蒐集完畢，崩塌前之資料由於無法取得，因此本計畫將該地區地表之崩塌特徵移除，並進行假設與修整，得到崩塌前之坡地樣貌。
三十、	今年完成之互動式教具，請團隊評估可否由計畫內複製提供一組予本局，供本局局史室宣導運用？	謝謝委員建議。本計畫開發之教具於計畫期程結束後，可提供水保局總局未來推廣使用。
三十一、	是否搭配影像呈現，如降雨、地表滑動、滑落破壞情形...等。	謝謝委員建議。本計畫已設計教學輔助影片，包含降雨、地表滑動和深層崩塌等，配合教具推廣使用。
三十二、	STEAM 現象觀察有哪些項目？實際情境之滑動形式？如何去減少土砂災害或哪些工法？抑止工法有哪些？	STEAM 之現象觀察包含：降雨、地下水位抬升、淺層崩塌及深層崩塌、塊體滑落等現象觀察。減少災害發生方法包含：(1)即時監測、(2)整治工法，詳如下述： (1)即時監測：透過崩塌系統監測模組，將監測設備對降低坡地災害之幫助傳遞給參觀者。其中，本模組提供之監測設備包含：太陽能板、地表伸縮計、地中變位計、雨量計、GPS 測站及地下水位計。 (2)整治工法：整治工法包含擋土牆、地錨、格梁護坡、排樁工法和地下及地表排水工法，用以阻止本教具之崩塌塊體滑落，其中剛性工法為擋土牆、地錨、格梁護坡

		及排樁工法。
三十三、	若將現象觀察由真實水流調整為以 LED 燈條呈現，雖使教具能快速維護與善後收拾，然是否失去其模組的真實性？	謝謝委員建議。本計畫屬性屬於研究發展計畫，會依據實務進行設計與調整，而經由前三年度計畫之執行過程中，發現用於展覽之教具若採用真實水流的方式，容易造成故障等問題，讓教具壽命降低，因此希望透過 LED 燈條並搭配聲效呈現水流情形，維持教具使用壽命的同時，盡力保持教具之真實性。
三十四、	燈條的選擇，如何能代表水流在地表下的地下水量？	謝謝委員建議。地下水位採用排燈作展示，藉此模擬地下水位隨時間之高度變化。
三十五、	問卷的製作，雖以民眾的耐性為考量，因此題數少然是否仍能清楚傳遞資訊或確實瞭解民眾使否已具有基礎知識？成效是否體現？建議可有幾題陷阱題或選擇題。	謝謝委員建議。藉由本計畫過去參與展覽活動之經驗，發現大多數參觀者時間和耐心有限，希望將問卷回饋時間縮限在 15 至 30 秒之間為原則，且問卷僅是作為瞭解參觀人員對教具宣傳知識之學習狀況，因此將以較為簡便回答的方式進行問卷之設計。
三十六、	教具模組的量產可能性，不再僅有少數幾組？	本計畫屬於研究發展計畫，待推廣教育模式成熟，可模組化教具以大幅降低成本，大幅增加防災教育擴散能力。

附錄三、期中會議委員審查意見

編號	委員審查意見	回覆辦理情形
一、	本年度執行內容明確，所提期中工作成果具體，符合計畫執行預期成果。	謝謝委員肯定。
二、	模型開發項目較多略顯複雜，建議就操作步驟及技術予以次序說明，提供 SOP 參考。	謝謝委員建議。本計畫已於期末報告「附錄四、教具操作說明手冊」中呈現各教具操作步驟及技術說明，並附上操作流程圖以供參考。
三、	本模型在本期最大的改善即是將原先水的實體誘因地滑因子，運用 LED 燈代替水流來模擬降雨，減輕此模組套見的輕便性與好維修等優點，始可達原先代替「水流」的目的。	謝謝委員肯定。
四、	大規模崩塌、地滑、土石流等崩落型態不一樣，本模組依 STEAM 教學教育步驟設計開發，從觀察崩塌現象、實際崩塌或地滑情境模擬、探討問題發生等，以內容及程度應以高年級和國、高中較適合，建議可朝教學教案，加強教案撰寫及相關參考資料之查詢與應用等。	謝謝委員建議。本計畫參考委員建議之「STEAM 教育理念適合年齡層」納入教案編撰，並蒐集相關類型教育教案、文獻與應用等資料，於期末報告階段如期完成教學教案編撰工作。
五、	面對氣候變遷產生的極端天氣事件，水土保持局秉持防災重於救災之精神，著重大規模崩塌災害防災減災計畫，值得肯定。團隊在有限經費下規劃第 4 代互動教具，建置較前 3 代更能擴散、推廣和傳遞能力的教具，令人欽佩。	謝謝委員肯定。
六、	監測套組的實施，應有設備使用的條件，簡易基本配置的原	謝謝委員建議。監測儀器配置原則、使用條件等內容皆已完整編

	則，當危險評估升級後，可以再加不同的監測儀器，或者對設置情境加以描述，因為不是所有坡地都要裝置昂貴的儀器。	撰並收錄至「附錄五、教學教案」中，針對各項監測儀器教育意涵加以說明，藉以提供校園教師進行防災教育之參考依據。
七、	儀器是協助監測的好幫手，但維護不良亦會造成監測失靈，故儀器要適當校準，裝錯位置亦無法達成效果，可納入使用手冊加強描述。	謝謝委員建議。監測儀器設置方式、校準及使用方式皆已編撰至「附錄五、教學教案」中，完整描述各項監測儀器教育意涵，藉以提供校園教師進行防災教育之參考依據。
八、	教學輔助是否含有教學示範影片，將四套教具使用時機、順序、教學資源運用及互動方式作一完整介紹，將有利教師使用。	謝謝委員建議。本計畫教學輔助資源之影片係用於補充說明各教具內容，而教具使用時機、教學資源運用及互動方式等內容已完整編撰至「附錄五、教學教案」中，並以教學流程與重點知識等方式，讓教師使用教具進行教學時，能夠有完整的參考依據。
九、	未來可設計“試誤學習”，讓學生在組裝中更添樂趣，發現更深一層的知識。	謝謝委員建議。本計畫於下一年度計畫研發新教具時，將嘗試加入試誤學習等概念，讓防災教育教具更加豐富。
十、	逃跑方向常在生死一瞬間，建議可加強宣導。	謝謝委員建議。委員建議之「逃跑方向常在生死一瞬間」宣導，已編撰至「附錄五、教學教案」中，加強觀念的宣導。
十一、	“回饋問卷”建議納入氣候變遷衝擊下，增加可能瞬間雨量超過預期的心理，提升民眾防災意識。如果可在網站中填答，未來也許可以抽獎，或作為研究精進之用，避免展場回饋單太簡單。	謝謝委員建議。藉由本計畫過去參與展覽活動之經驗，發現大多數參觀者時間和耐心有限，希望將問卷回饋時間縮限在 15 至 30 秒之間為原則，且題目以簡單易答為原則，讓參觀者填寫意願達到最佳化。
十二、	目前教育部防災資訊網已正常，建議對坡地高災潛學校加以宣導，提升宣導成效，或由水保局行文教育部協商提供。	謝謝委員建議。坡地災害潛勢區(含全國學校、社區)相關資料已蒐集完畢，並呈現在第三章第五節-教學輔助資源中，讓民眾、學生與

		教師能夠藉此進行自主防災與離災的學習。
十三、	本次教學輔助資源製作，缺乏完整資料，建議在期末報告中呈現。	謝謝委員建議。教學輔助資源之完整成果已完成並呈現在期末報告中。
十四、	P3-29 已有實際使用，建議多花些篇幅描述使用情形及回饋意見，以呈現本次開發案之優缺點及精進建議。	謝謝委員建議。本計畫已於期末報告階段配合水保局參與教具推廣活動，亦將所有執行內容、回饋意見及成效蒐集等成果完整說明，並呈現於期末報告中。

附錄四、教具操作說明手冊

深層崩塌防災教育教具研發：從認識崩塌微地形、現象、成因、監測至工程治理

教具操作說明手冊



目錄

目錄.....	13
圖目錄.....	15
一、 教具製作背景與教學目標.....	18
二、 教具操作前準備與善後工作.....	20
(一) 微地形觀察模組：	20
(二) 現象與災害成因觀察模組	21
(三) 監測系統互動模組	22
(四) 治理工法互動模組	23
(五) 教學輔助資源	24
三、 模組說明	41
(一) 微地形觀察模組	41
(二) 現象與災害成因觀察模組	41
(三) 監測系統互動模組	41
(四) 治理工法互動模組	42
(五) 教學輔助資源	42
四、 教具操作流程.....	48
(一) 微地形觀察模組	48
(二) 現象與災害成因觀察模組	49

(三) 崩塌監測系統互動模組	49
(四) 治理工法互動模組	51
五、 操作注意事項	54

圖目錄

圖 1 微地形觀察模組展覽箱 (崩塌前模組)	25
圖 2 微地形觀察模組展覽箱 (崩塌後模組).....	25
圖 3 微地形觀察模組收納照(崩塌後模組)與保護塊體.....	26
圖 4 微地形觀察模組收納照(崩塌前模組)與延長線及現象與災害 成因觀察模組之地下水位觀測面板	26
圖 5 崩塌後模組上方兩排地形塊體顛倒擺放	27
圖 6 現象與災害成因觀察模組展覽箱	27
圖 7 現象與災害成因觀察模組收納照與各式線路及降雨模擬器	28
圖 8 現象與災害成因觀察模組之水位觀測面板與降雨模擬器擺 設位置與順序.....	28
圖 9 降雨模擬器之 LED 燈條安裝於坡體中，圖中紅色圓圈為坡 體上孔洞對應之 LED 燈條.....	29
圖 10 各模組小型零件收納箱	29
圖 11 控制線路連接方式.....	30
圖 12 抽水馬達安裝方式，圖中紅色框框為抽水口沒入水中樣貌	30
圖 13 監測系統互動模組展覽箱	31
圖 14 監測系統互動模組收納照	32

圖 15 監測面板安裝於坡體上方	33
圖 16 雨量筒及太陽能板擺設位置	33
圖 17 治理工法互動模組展覽箱	34
圖 18 治理工法互動模組收納照與水箱	34
圖 19 排樁工法安裝位置.....	35
圖 21 地錨工法安裝位置.....	37
圖 22 擋土牆安裝位置.....	38
圖 23 教學影片撥放器.....	39
圖 24 教學 DM	39
圖 25 影片撥放器與教學 DM 收納方式.....	40
圖 26 微地形觀察模組(崩塌前).....	43
圖 27 微地形觀察模組(崩塌後).....	44
圖 28 現象與災害成因觀察模組	45
圖 29 監測系統互動模組.....	46
圖 30 治理工法互動模組.....	47
圖 31 左側圓圈：降雨模擬功能(聲光效果與地下水位計)之啟動 開關；右側圓圈：降雨模擬功能(灑水)功能開關。	55
圖 32 降雨及地表逕流模擬(LED 燈光效果).....	56
圖 33 監測系統互動模組功能啟動按鈕(圖中紅色方框).....	57

圖 34 監測面板啟動.....	58
圖 35 累積雨量達到 200mm(大雨警報)時將觸發地表變為儀及 傾斜管.....	58
圖 36 傾斜管自主量測互動模型	59
圖 37 傾斜管十字滑軌與滑輪樣貌模型	60
圖 38 地表變位儀互動模型	61
圖 39 地表排水工法啟動(LED 燈條發光).....	62
圖 40 地表排水工法移除地表覆蓋板(可清楚看見水流流動方式)	62
圖 41 地中排水工法啟動(集水井).....	63
圖 42 地中排水工法啟動(橫向排水管持續排水).....	63
圖 43 深、淺層崩塌之坡趾開挖位置(上方紅色方框為深層崩塌 坡趾位置；下方紅色方框為淺層崩塌坡趾位置).....	64
圖 44 地錨整治工法安裝圖(上方紅框為整治深層崩塌之地錨工 法；下方紅框為整治淺層崩塌之地錨工法).....	65
圖 45 格梁護坡工法安裝圖(上方紅框為整治深層崩塌之格梁護 坡工法；下方紅框為整治淺層崩塌之格梁護坡工法).....	66
圖 46 排樁工法安裝圖(上方紅框為整治深層崩塌之排樁工法； 下方紅框為整治淺層崩塌之排樁工法).....	67
圖 47 擋土牆工法安裝圖(此工法僅針對深層崩塌進行整治).....	68

一、 教具製作背景與教學目標

(一)教具製作背景

近年來由於氣候變遷，臺灣坡地災害頻傳，民國 98 年莫拉克風災時大規模崩塌災害引致小林村滅村，為臺灣坡地環境的安全敲響了警鐘，這也強調出水土保持工作與水保相關知識傳遞之重要性。為提供「水土保持酷學校」一個全新體驗的學習模型，並配合中華民國 108 課綱「以素養教育為主」之目標，本教具依照 STEAM 教育理念勾勒出四大水土保持教育面向：(1)災害現象觀察、(2)現象成因理解、(3)思考解決問題、(4)生活應用。透過四個教育面向可讓國中小學童依循 STEAM 教育之學習模式建構出水保相關知識並從中培養思考能力與提升態度與素養。

基於此教育理念，本教具將大規模崩塌中之地滑現象與防治工法、監測設備等，縮小尺度搬到教室提供學生學習使用，透過互動教具提供之真實降雨情境模擬，讓學生觀察到降雨入滲坡體，造成地下水位上升與地層滑動發生的現象，同時注入災害防治思維，並融合 STEAM 五大精神-「跨領域、動手做、生活應用、解決問題、五感學習」，開發出「大規模崩塌防災教育教具」。此外，本教具開發設計出一科技輔助畫

面，該輔助畫面架設於教具模型上方，其提供更為豐富且完備的大規模崩塌災害與防災相關學習資源，透過科技輔助畫面與教具模型兩大資源相輔相成，可讓學生學習思考如何減緩、防治坡地災害的發生，進而提升學生的學習素養。

(二)教具教學目標

為提供學生一個可學習並吸收地滑發生機制、坡地災害防治工法、監測設備與自主防災等知識之學習平台，本教具共規劃下列四個教學目標：

1. 觀察大規模崩塌現象發生。
2. 瞭解大規模崩塌的定義與特徵。
3. 瞭解各種大規模崩塌的發生因子。
4. 瞭解各式防災整治工法與監測設備的功用。
5. 透過地下水位與土壤含水量即時監測系統學習生活防災技巧。

二、 教具操作前準備與善後工作

四套教具皆為易運輸、易收納及易整理設計，建置之四大教具模組皆為 A3 尺寸大小，有效地降低運輸成本(由過往需要貨車運輸改為一般自小客車可運輸)。此外，藉由可攜式整理箱收納四套教具，讓教具於展覽活動進出場時，更能完整地收納與降低設場時間。本教具可分為(1)微地形觀察模組；(2)現象與災害成因觀察模組；(3)監測系統互動模組；(4)治理工法互動模組；(5)教學輔助資源。教具安裝與拆卸流程如下所述：

(一) 微地形觀察模組：

1. 進場、安裝流程：

- a. 將崩塌前與崩塌後兩模組展覽箱(圖 1、圖 2)的鎖扣開啟，並提起上部箱蓋，將模型連同底座放置於展覽桌上。
- b. 取下放置於展覽箱內之保護物品(如圖 3 所示之保麗龍塊體)。
- c. 取出放置於展覽箱內之物品(如圖 4 所示之延長線與「現象與災害成因觀察模組」之地下水位觀測面板)。
- d. 兩模組擺放完畢，始可進行操作與教學。

2. 拆卸、收納流程：

- a. 將「現象與災害成因觀察模組」之地下水位觀測面板

與延長線收納至崩塌前模組的空閒區域，擺放方式如圖 4 所示。

b. 歸整崩塌後模組時，需將左側兩排最頂端之兩排地形塊體前後次序顛倒擺放，排列方式如圖 5 所示。

c. 放置保麗龍保護塊體於崩塌後模組，擺設方式如圖 3 所示。

d. 將崩塌前後兩模組對應之展覽箱蓋蓋上，並將所有鎖扣合上，收納完畢。

(二) 現象與災害成因觀察模組

1. 進場、安裝流程：

a. 將模組展覽箱(圖 6)的鎖扣開啟，並提起上部箱蓋，將模型連同底座放置於展覽桌上。

b. 取出展覽箱內的降雨模擬器及各式線路(圖 7)並放置展覽桌上。

c. 將降雨模擬器與地下水位觀測面板放置於坡體上方，擺放方式如圖 8 所示，並將降雨模擬器之 LED 燈條插入坡體中，如圖 9 所示。

d. 取出放置於零件收納箱之崩塌塊體(圖 10)，並安裝於坡體上。

- e. 將兩條控制線路依序連接，安裝方式如圖 11 所示。
 - f. 取出水箱(水箱收納位置如圖 18 所示)。
 - g. 將抽水馬達安裝於水箱中(圖 12)，水箱需加水至 5 分滿，並注意抽水馬達的抽水口必須沒入水下，抽水馬達擺放方式圖如 12 紅色框框所示。
 - h. 將電源線接上電源，安裝完畢，始可進行操作與教學。
2. 拆卸、收納流程：
- a. 關閉延長線電源，並將電源線卸下與整理。
 - b. 將水箱中的水倒出並擦拭乾淨，取出抽水馬達。
 - c. 將降雨模擬器及地下水位觀測面板拆下，並收納降雨模擬器、抽水馬達和各式線路於坡體前方，擺放方式如圖 7 所示。
 - d. 將地下水位觀測面板收納至微地形觀察模組(崩塌前模組)之空閒位置(圖 4)。
 - e. 蓋上展覽箱蓋，並扣上鎖扣，收納完畢。

(三) 監測系統互動模組

1. 進場、安裝流程：
 - a. 將模組展覽箱(圖 13)的鎖扣開啟，並提起上部箱蓋，將模型連同底座放置於展覽桌上。

- b. 取出展覽箱內的監測面板與延長線(圖 14)，並將展覽箱安裝於模組坡體上方，安裝方式如圖 15 所示。
- c. 接上電源，取出太陽能板及雨量筒模型(原放置於零件收納箱中如圖 10 所示)並置於坡體下方，擺放方式如圖 16 所示。
- d. 安裝完畢，始可進行操作與教學。

2. 拆卸、收納流程：

- a. 取下監測面板與拔下電源線，並將其收納置坡體前方空閒位置(圖 14)。
- b. 將太陽能板及雨量筒收納於零件收納箱(圖 10)。
- c. 蓋上收納箱蓋並扣上鎖扣，收納完畢。

(四) 治理工法互動模組

1. 進場、安裝流程：

- a. 將模組展覽箱(圖 17)的鎖扣開啟，並提起上部箱蓋，將模型連同底座放置於展覽桌上。
- b. 取出放置於展覽箱中的電源線與水箱(圖 18)。
- c. 取出收納於零件收納箱(圖 10)中的深、淺層崩塌塊體及各工法模型，並擺放於展覽桌上備用。
- d. 各工法模型擺放位置如圖 19~圖 22 所示

e. 接上電源，始可進行操作與教學。

2. 拆卸、收納流程

a. 將電源線拔下與水箱一起放置於坡體前方空閒區域
(擺放方式如圖 18 所示)。

b. 將深、淺層崩塌塊體及各工法模型收納於零件收納箱
中(圖 10)。

c. 蓋上展覽箱蓋，扣上鎖扣，收納完畢。

(五) 教學輔助資源

1. 進場、安裝流程：

a. 取出 4 台教學影片撥放器(圖 23)，並於四套模組旁分
別放置撥放器。

b. 將撥放器分別接上電源後，並將隨身碟安裝至撥放器
上。

c. 取出教學 DM(圖 24)，分別放置於四套模組旁。

d. 安裝完畢，始可進行操作與教學。

2. 拆卸、收納流程：

a. 將教學 DM 及其中一台影片撥放器放置於收納箱中
(圖 25)。

b. 三套教學影片撥放器放置於個別收納箱。

- c. 歸整撥放器電源線，收納完畢。



圖 1 微地形觀察模組展覽箱（崩塌前模組）

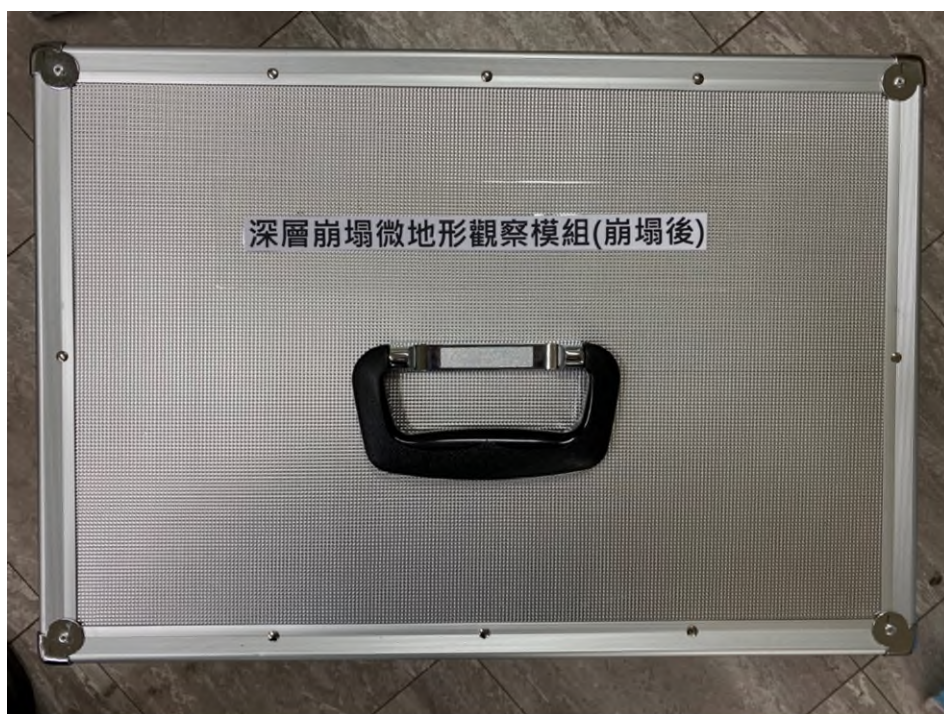


圖 2 微地形觀察模組展覽箱（崩塌後模組）

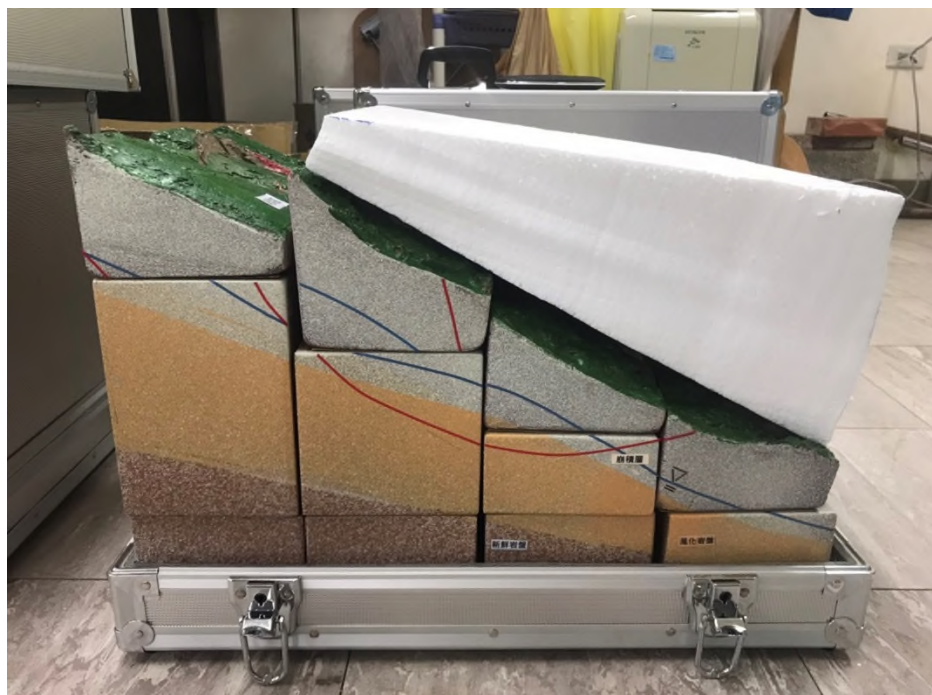


圖 3 微地形觀察模組收納照(崩塌後模組)與保護塊體



圖 4 微地形觀察模組收納照(崩塌前模組)與延長線及現象與災害成因觀察模組之地下水位觀測面板



圖 5 崩塌後模組上方兩排地形塊體顛倒擺放



圖 6 現象與災害成因觀察模組展覽箱



圖 7 現象與災害成因觀察模組收納照與各式線路及降雨模擬器

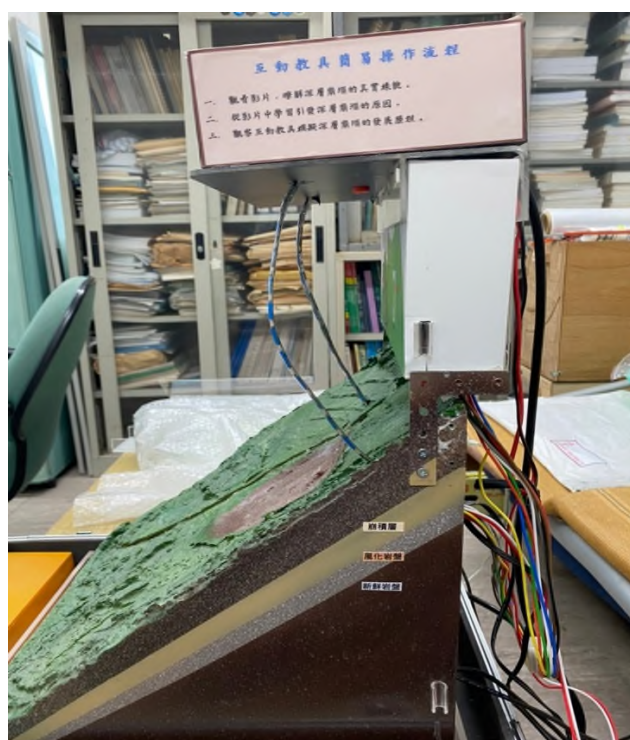


圖 8 現象與災害成因觀察模組之水位觀測面板與降雨模擬器擺設位
置與順序



圖 9 降雨模擬器之 LED 燈條安裝於坡體中，圖中紅色圓圈為坡體上孔洞對應之 LED 燈條

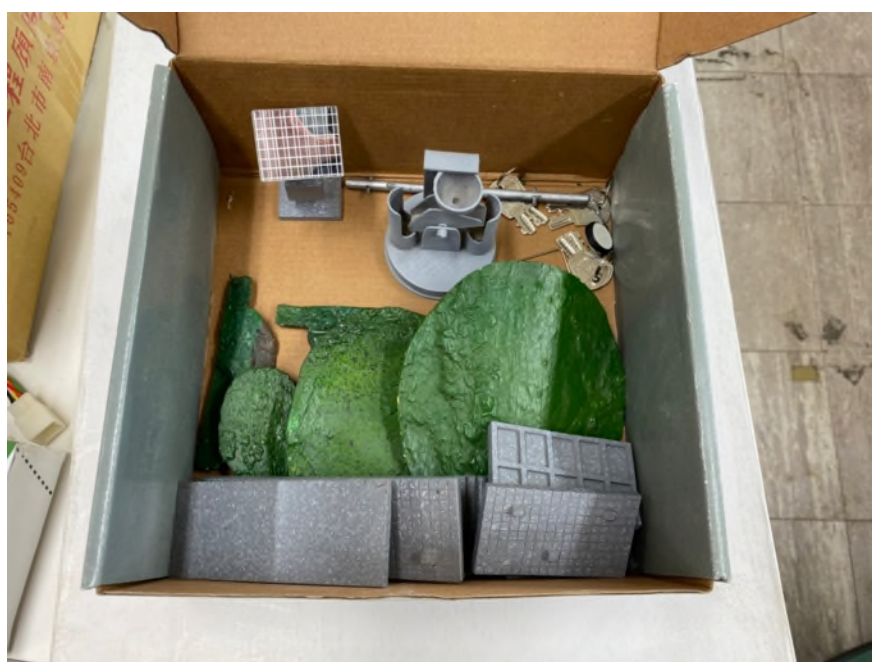


圖 10 各模組小型零件收納箱

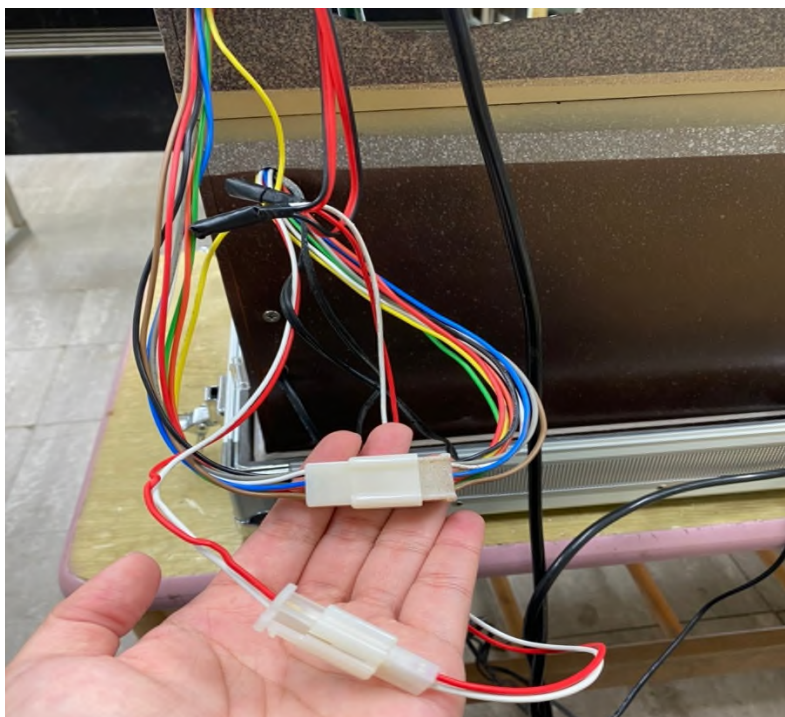


圖 11 控制線路連接方式

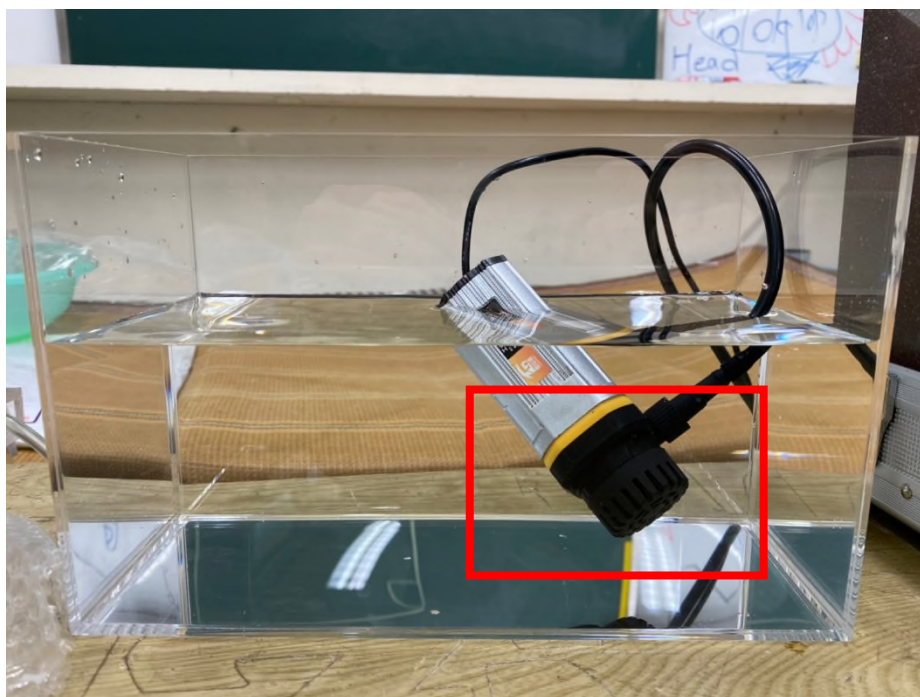


圖 12 抽水馬達安裝方式，圖中紅色框框為抽水口沒入水中樣貌

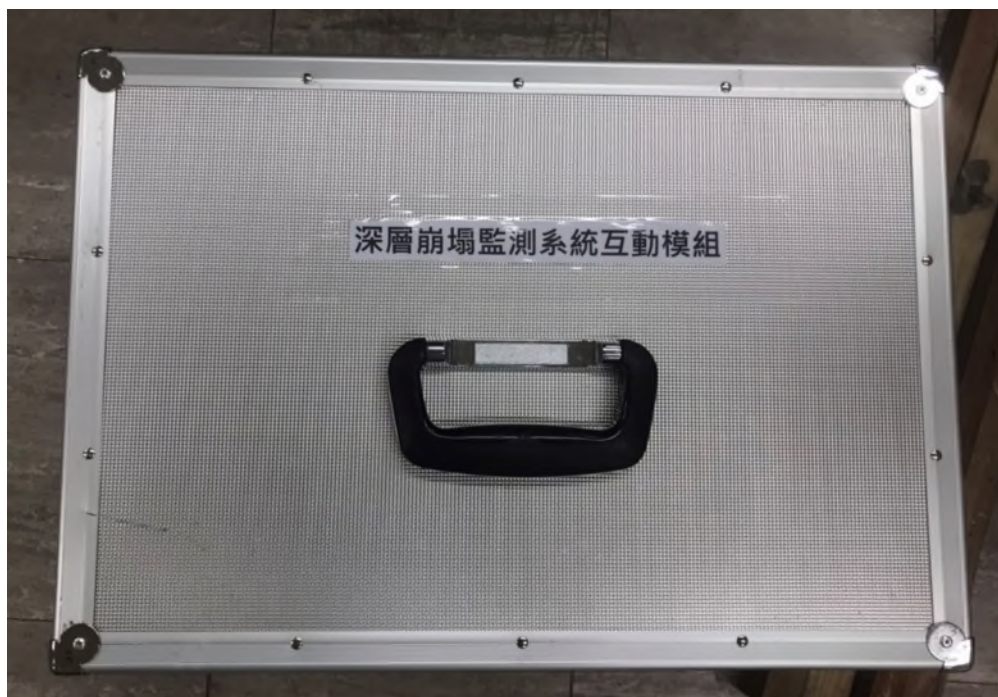


圖 13 監測系統互動模組展覽箱



圖 14 監測系統互動模組收納照



圖 15 監測面板安裝於坡體上方

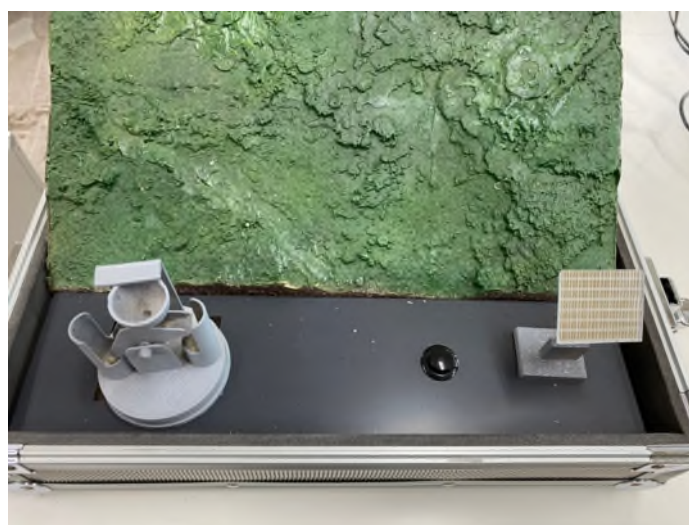


圖 16 雨量筒及太陽能板擺設位置

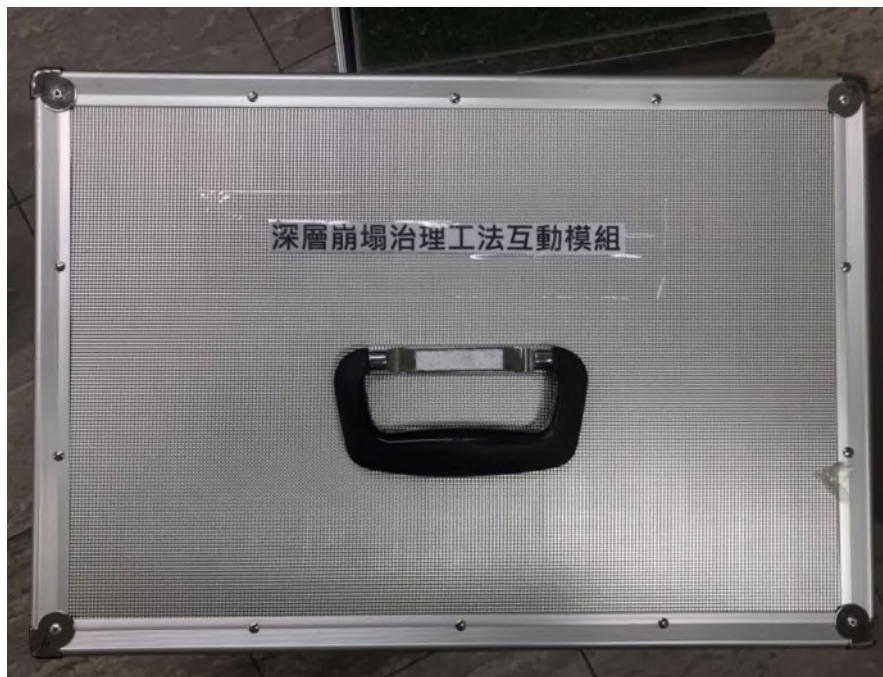


圖 17 治理工法互動模組展覽箱



圖 18 治理工法互動模組收納照與水箱



圖 19 排樁工法安裝位置



圖 20 格樑護坡工法安裝位置



圖 21 地錨工法安裝位置

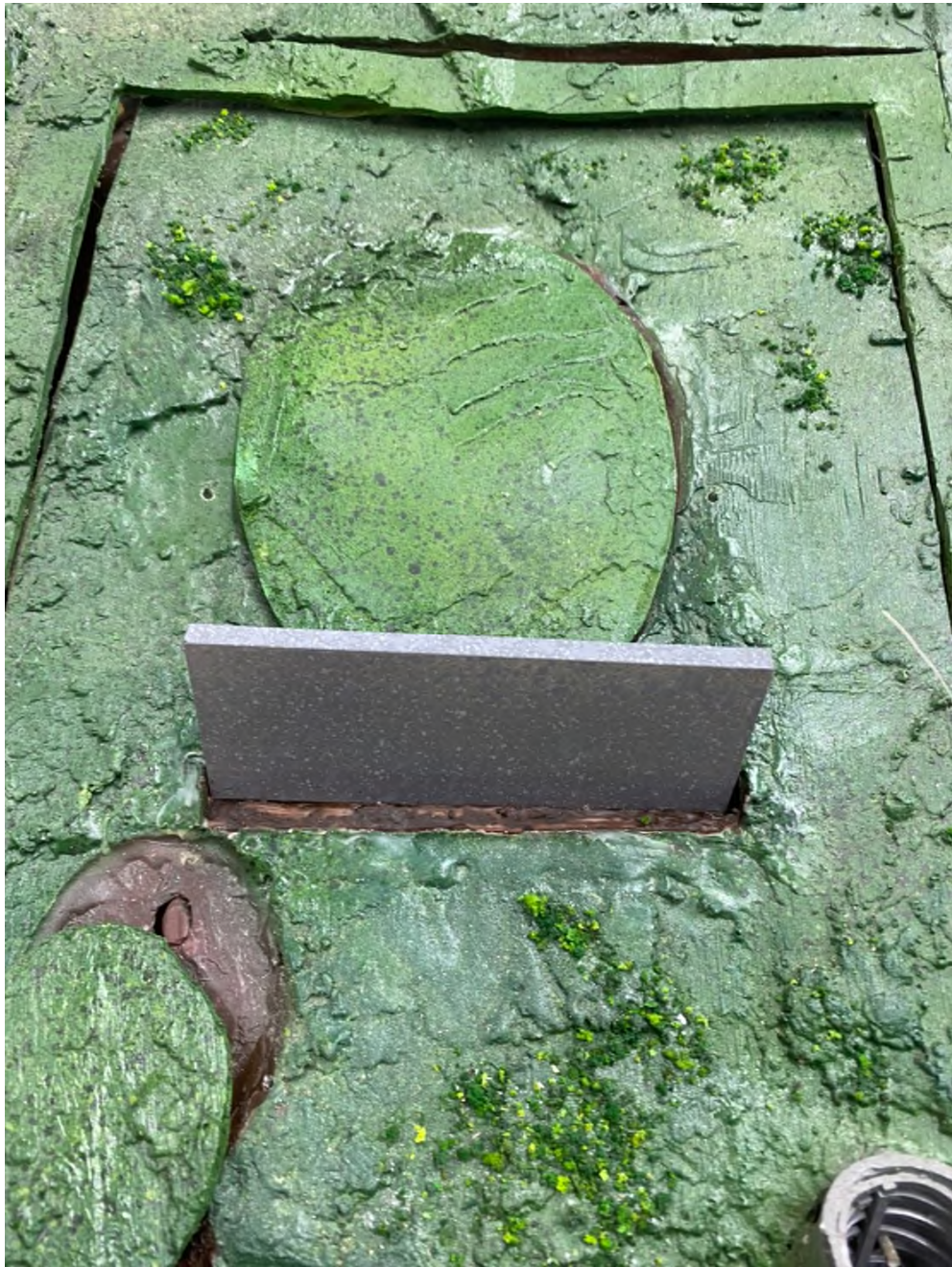


圖 22 擋土牆安裝位置

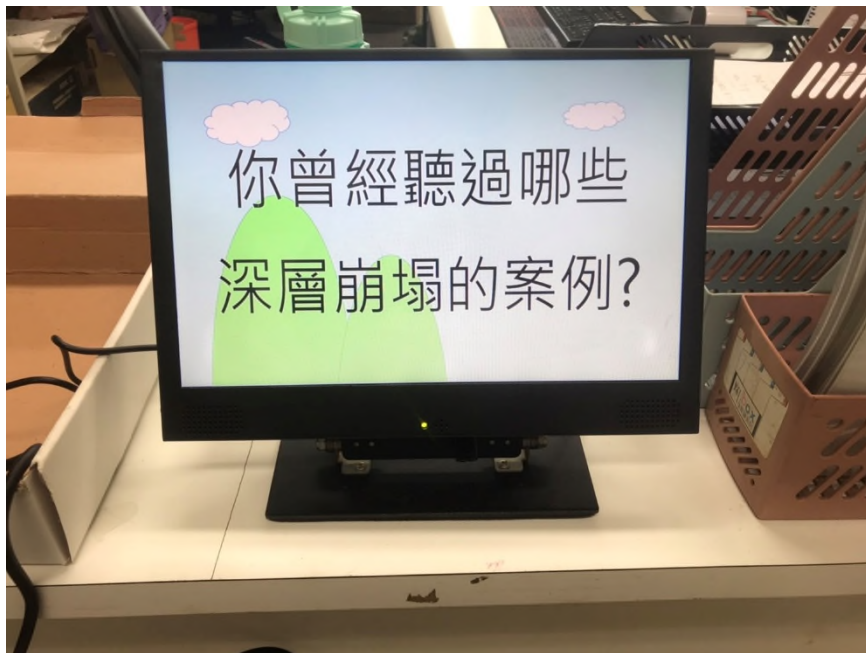


圖 23 教學影片撥放器



圖 24 教學 DM

三、 模組說明

(一) 微地形觀察模組

微地形觀察模組主要係針對崩塌前後山坡地之差異進行觀察鏈結，讓參觀者可以自行觀察崩塌前(圖 26)、崩塌後(圖 27)之山坡樣貌。其中，為了提升教具互動性，崩塌後模組建置為立體拼圖，讓參觀者思考並完成拼圖，從中學習崩塌地的各種地表特徵與地層樣貌。

(二) 現象與災害成因觀察模組

現象與災害成因觀察模組(圖 28)有別於過往三個年度計畫之模型，以聲光效果取代真實水流，藉此減少教具維護工作，有效提升教具延續性。其中，透過排燈以呈現地下水位計隨時間之變化，讓參觀者可從中了解降雨和地下水位之關係，並將此現象與地滑災害進行連結，學習災害發生的機制。

(三) 監測系統互動模組

監測系統互動模組(圖 29)具備相當充足之深層崩塌防災知識，建置監測系統縮小模型，讓參觀者可進行操作，並搭配監測面板呈現各項監測數據與圖像等資訊，讓參觀者可藉此教學主題建立崩塌地監測觀念，再透過虛實交互連結的方式，體會崩塌監測刻不容緩的重要性。

(四) 治理工法互動模組

治理工法互動模組(圖 30)透過各式工法模組的組合傳遞山坡地防災工程之重要性，將民眾常看見卻不理解之邊坡治理工法展示於模型上，並透過其貼近真實的治災原理展示效果，讓難以親近的邊坡穩定工程簡化為平易近人、簡單明瞭的模組，大幅度地提升民眾對山坡地災害的重視與理解。

(五) 教學輔助資源

透過教學 DM(圖 24)與教學影片(圖 23)以輔助四大模組，將教具上無法完整呈現的防災知識編撰為 DM 和教學影片，藉此豐富深層崩塌災害之防災教育內容，鞏固參觀者學習成效。



圖 26 微地形觀察模組(崩塌前)



圖 27 微地形觀察模組(崩塌後)



圖 28 現象與災害成因觀察模組

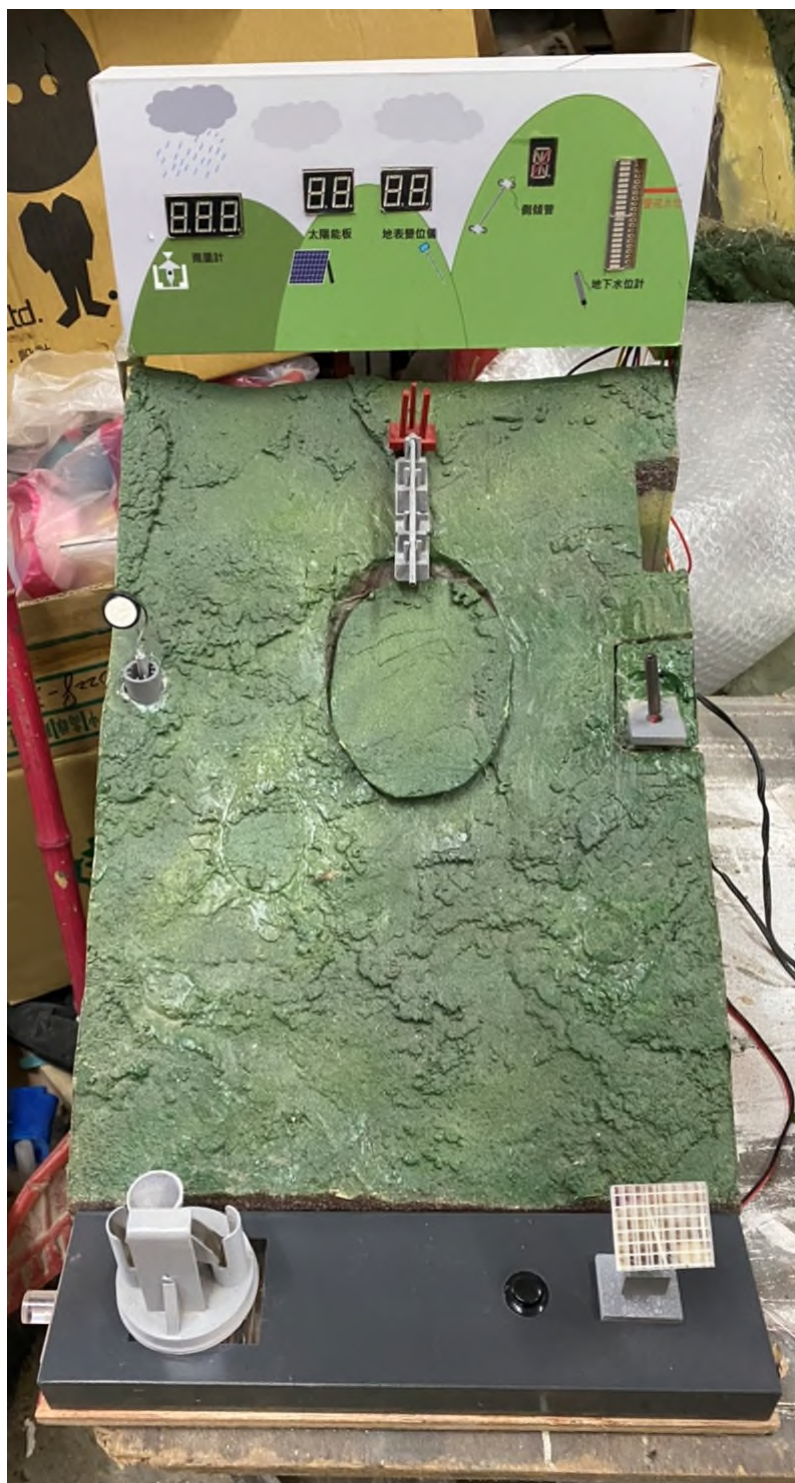


圖 29 監測系統互動模組



圖 30 治理工法互動模組

四、 教具操作流程

四大模組教具皆以教具本體內容搭配教學輔助資源進行教育推廣，各模組操作流程詳如下述：

(一) 微地形觀察模組

1. 崩塌前樣貌模組：

模組主要提供參觀者觀察山坡地在未發生災害之樣態，讓參觀者從中瞭解即使看似完整的山坡，亦有可能發生深層崩塌災害，藉此激發參觀者進行思考，思考崩塌災害發生的原因。

2. 崩塌後樣貌模組：

透過 3D 列印崩塌地實景並切割為立體拼圖，讓參觀者遊玩拼圖並學習崩塌地地表特徵、地層樣貌、崩塌滑動面與地下水位等知識，為教具增添高度的互動性。

結合上述兩套模組並搭配教學影片，可成為一套完整的防災教育課程，操作步驟如下：(1) 觀看教學影片(圖 23)，從中瞭解坡地災害種類、樣貌及災害驚人的破壞力；(2) 組合崩塌後模組(圖 27)，從中學習崩塌地的地表特徵、地層分布、潛在滑動面及地下水位等；(3) 觀察崩塌前模組(圖 26)，瞭解山坡地完整的樣貌，並與崩塌後模組進行比較，瞭解災害發生前後的差異性；(4) 觀看崩塌地教學 DM(圖 24)，從中學習崩塌地的各個地表特徵，更加強化參觀者學習成效。

(二) 現象與災害成因觀察模組

現象與災害成因觀察模組之操作流程如下：

1. 啟動崩塌模擬功能：開啟如圖 31 左側圓圈所示之降雨模擬功能按鈕。
2. 開啟功能後，可聽見暴雨聲以及看見藉由 LED 燈條模擬之降雨和地表逕流的樣貌(圖 32)。
3. 同時，地下水位計將隨時間不斷累積高度，當水位高度到達警戒水位時則觸發蜂鳴器，並隨後觸發地滑塊體崩落。
4. 隨後系統將自動關閉，並將崩塌塊體擺放回原位即可重置整體功能。
5. 此外，可使用圖 31 右側圓圈中之按鈕開啟灑水器，透過灑水器可強化整體降雨模擬效果。

(三) 崩塌監測系統互動模組

崩塌監測系統互動模組之操作流程如下：

1. 啟動監測系統，點選如圖 33 所示之紅色方框位置之按鈕，可開啟整體監測功能。
2. 監測功能開啟後，監測面板同時啟動，並透過音響發出雷雨聲。

3. 監測面板開啟時，地下水位計將隨時間不斷增加(每 2 秒上升 1 格)，同時雨量計亦會同步增加(每 2 秒上升 25mm)，而太陽能將會保持在 12V (工作用電壓)(圖 34)。
4. 當累積雨量達到 200mm(大雨警報)時(圖 35)，地表變位移則會開始隨時間增加(每秒增加 5cm)，且傾斜管會產生第一次變位。
5. 當累積雨量達到 350mm 時，傾斜管會發生第二次變位。最後當雨量達到 500mm 時，所有監測系統將會失效，代表地滑災害已造成嚴重影響，監測功能已失效。
6. 當累積雨量到達最大值(500mm)，系統曾經短暫延遲後關閉，表示整個監測流程結束。
7. 再次點擊按鈕即可重新開始自動監測系統。
8. 除自動監測功能以外，模組設置一組傾斜管互動模型，可透過操作模型，學習實務上的地層變位之量測方法(圖 36)。其中，傾斜管下方地層為可位移設計，當位移過大時，將無法用滑輪進行量測，代表當地層滑動量過大會導致測量失效。另外，模組上亦設置傾斜管之十字滑軌模型(圖 37)，可讓參觀者學習傾斜管測量裝置之真實樣貌。

9. 於模組坡頂位置設置地表變位儀互動模型，為可伸縮設計，讓參觀者操作並學習地表變位儀之測量方式(圖 38)。

10. 除上述自動監測功能與測量模型互動模組外，本模組亦建置傾斗式雨量筒，如圖 33 中左下位置，讓參觀者可滴入雨水觀察雨水落入雨量筒後，學習雨量筒之傾斗變化與降雨量紀錄的關係。

(四) 治理工法互動模組

治理工法互動模組共分為四個整治工法互動功能，包括：(1) 地表排水工法；(2) 地中排水工法；(3) 淺層整治工法；(4) 深層整治工法。各整治工法互動功能操作流程詳如下述：

1. 地表排水工法：

- a. 地表排水工法啟動，開啟如圖 30 下方所示之「地表排水工法」按鈕。
- b. 開啟功能後，排水渠道之 LED 燈條將發光並閃爍(圖 39)，藉此模擬水流流經地表，此情境代表地表排水工法生效。
- c. 可移去排水渠道上方之覆蓋板(圖 40)，藉此觀察縱橫向排水工法之樣貌及水流流動方式。
- d. 關閉地表排水工法，再次按下開關按鈕，即可關閉。

2. 地中排水工法：

- a. 地中排水工法啟動，開啟如圖 30 下方所示之「地中排水工法」按鈕。
- b. 開啟功能後，集水井(圖 41)、地中垂向及橫向排水管(圖 42)之燈光將會開啟並持續發光，代表地中排水工法已生效並持續排水。
- c. 此外，集水井中結構設計為螺旋狀，並建置數個橫向水管，模擬真實集水井之設計。
- d. 關閉地中排水工法，再次按下開關按鈕，即可關閉。

3. 淺層整治工法：

- a. 啟動淺層崩塌，開啟如圖 30 下方所示之「淺層整治工法」按鈕，將觸發淺層崩塌塊體滑落。
- b. 除透過機關使淺層崩塌塊體滑落外，本模組亦設計坡趾開挖之情境模擬，如圖 43 所示之下方紅色方框，可移除坡趾模型，並導致淺層崩塌塊體滑落。
- c. 可透過淺層整治工法阻止淺層崩塌塊體之滑落，工法為格梁護坡及擋土牆。透過工法安裝能有效阻止淺層崩塌之發生。

d. 其中，格梁護坡工法為直接安裝於淺層崩塌塊體上，阻止崩塌塊體滑落(安裝位置如圖 45 所示)；而擋土牆則安裝於坡趾移除之位置，亦能有效阻止崩塌塊體滑落(安裝位置如圖 47 所示)。

4. 深層整治工法：

a. 啟動深層崩塌，開啟如圖 30 下方所示之「深層整治工法」按鈕，將觸發深層崩塌塊體滑落。

b. 除透過機關使深層崩塌塊體滑落外，本模組亦設計坡趾開挖之情境模擬，如圖 43 所示之上方紅色方框，可移除坡趾模型，並導致深層崩塌塊體滑落。

c. 可透過深層整治工法阻止深層崩塌塊體之滑落，工法包含：擋土牆、地錨工法、排樁工法。透過工法安裝能有效阻止淺層崩塌之發生。

d. 其中，地錨工法可直接安裝於深層崩塌塊體上，阻止崩塌塊體滑落(安裝位置如圖 44 所示)；而排樁工法與擋土牆工法則安裝於坡趾移除之位置，亦能有效阻止崩塌塊體滑落(安裝位置如圖 46、圖 47 所示)。

五、 操作注意事項

1. 現象與災害成因觀察模組之抽水馬達抽水口需完全沒入水中，並隨時注意水箱之水量是否充足(至少需達一半高度)。
2. 現象與災害成因觀察模組和監測系統互動模組皆有電子設備(坡體上方架設之面板)，操作教具時請注意不要碰撞到面板，且使用完畢後，於收納時務必將水分擦拭乾淨。
3. 本教具共有四套模組及四座輔助影片撥放器，電源線及延長線較多，請多加注意用電安全。



圖 31 左側圓圈：降雨模擬功能(聲光效果與地下水位計)之啟動開

關；右側圓圈：降雨模擬功能(灑水)功能開關。

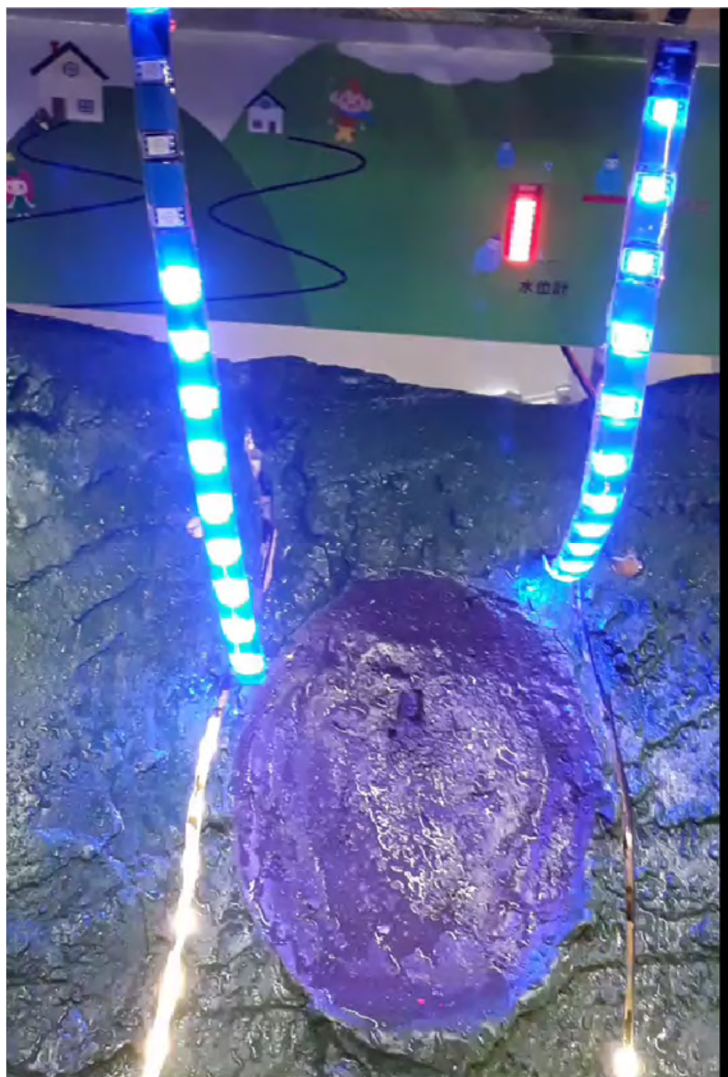


圖 32 降雨及地表逕流模擬(LED 燈光效果)



圖 33 監測系統互動模組功能啟動按鈕(圖中紅色方框)



圖 34 監測面板啟動



圖 35 累積雨量達到 200mm(大雨警報)時將觸發地表變為儀及傾斜管



圖 36 傾斜管自主量測互動模型



圖 37 傾斜管十字滑軌與滑輪樣貌模型



圖 38 地表變位儀互動模型



圖 39 地表排水工法啟動(LED 燈條發光)



圖 40 地表排水工法移除地表覆蓋板(可清楚看見水流流動方式)

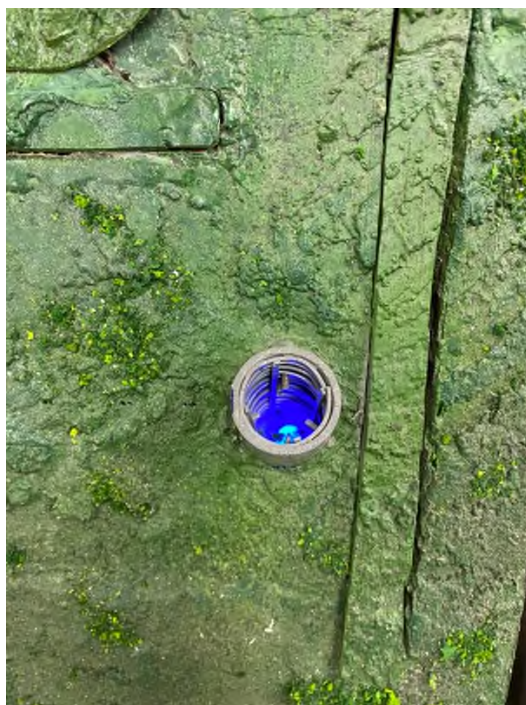


圖 41 地中排水工法啟動(集水井)

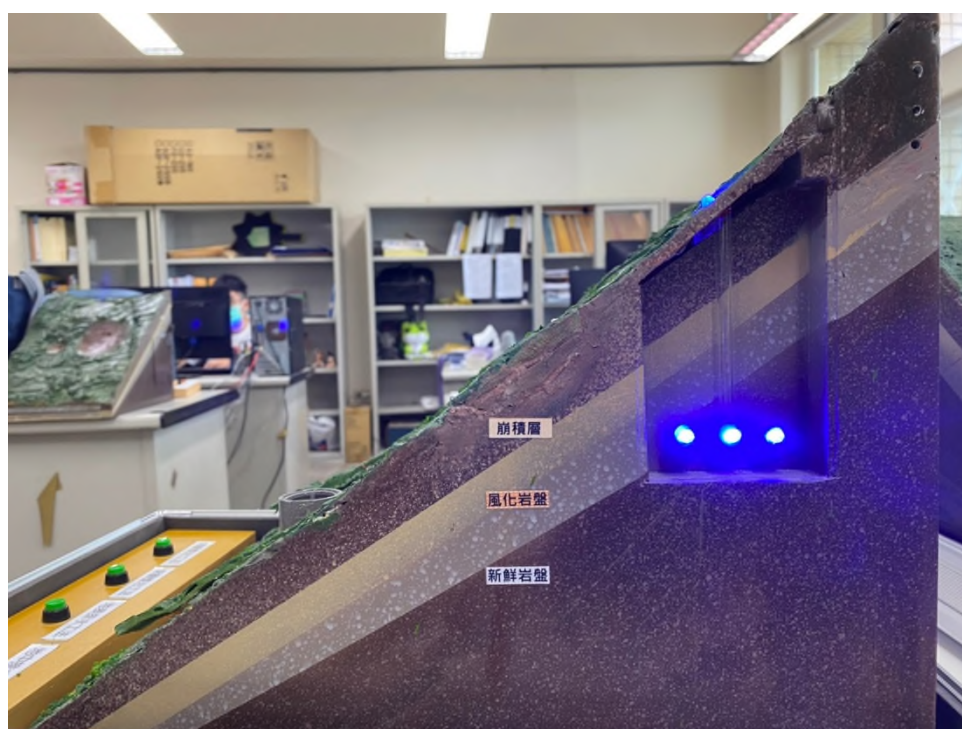


圖 42 地中排水工法啟動(橫向排水管持續排水)



圖 43 深、淺層崩塌之坡趾開挖位置(上方紅色方框為深層崩塌坡趾位置；下方紅色方框為淺層崩塌坡趾位置)



圖 44 地錨整治工法安裝圖(紅框為整治深層崩塌之地錨工法)



圖 45 格梁護坡工法安裝圖(紅框為整治淺層崩塌之格梁護坡工法)



圖 46 排樁工法安裝圖(紅框為整治深層崩塌之排樁工法)



圖 47 擋土牆工法安裝圖(上方紅框為整治深層崩塌之擋土牆工法；
下方紅框為整治淺層崩塌之擋土牆工法)

附錄五、教育推廣教案

深層崩塌防災教育教具研發：從認識崩塌微地形、現象、成因、監測至工程治理

教育推廣教案



深層崩塌防災教育教具研發：

從認識崩塌微地形、現象、成因、監測至工程治理

教具背景：

面對氣候變遷導致天然災害頻繁之課題，水土保持局針對大規模崩塌災害防災減災計畫正如火如荼地推動中，水土保持局設立之三大目標分別為：「建構科技、創新、智慧的坡地防災」、「維護安全、生態、多樣的水土環境」、「營造保育、利用、永續的國土資源」，欲達成上述三大目標，除了災害調查、規劃與治理方面外，亦有必要從教育方面著手，藉由實體化教具進行教育宣導與推廣，建構並普及學生與民眾的大規模崩塌防災意識，進而提升水土保持局減災成果，而國內102間水土保持學校與各式防災教育推廣活動正扮演重要的推手。

本年度計畫為強化教具擴散的效益與學習主題更具彈性，擬依大規模崩塌防災教育所需之知識，針對不同主題對大規模崩塌教具之知識、內容和教育方式拆分為四大模組，讓各模組均能在不同空間與時間個別介紹與使用，將學習重點聚焦於單一主題。再透過主題性的介紹可協助民眾與學生釐清各主題之內容與重點，提升學習成效。而拆分後的單一主題模組造價也相對便宜，學校可針對所需要之主題進行個別選購，藉此增加採購之彈性，有效解決學校在經費考量、採購方式限制等困難，打破阻礙防災知識傳遞的藩籬。

如將四大模組教具一併展示時，可充分讓民眾從現象觀察、情境解構(理解災害成因)、解決問題之流程，完整地理解大規模崩塌與坡地防災之相關知識，營造出嶄新的學習體驗。透過這類型的學習進程，並融合 STEAM 五大精神-「跨領域、動手做、生活應用、解決問題、五感學習」，開發出「深層崩塌防災教育教具」以拓展全新的水土保持教育模式。教具各項設計所對應 STEAM 五大精神如下：

一、 跨領域方面：

防治深層崩塌災害問題，需結合水文、地質、水文地質、土壤力學、岩石力學與防災工法等不同學科領域知識，教具提供功能，讓學生體會不同領域間交互在同一實體教具上，試圖運用它來解決此災害問題。

二、 動手做方面：

教具提供互動式功能，其中內容包含各式監測設備模組、防災工法組裝、地下水警戒水位觀察等功能，參觀者可自行操作，並可嘗試組合最經濟有效之解決方案。

三、 生活應用方面：

坡地災害與居住在坡地居民息息相關，透過教具建立崩塌發生機制、基本自主防災、監測等知識，讓參觀者學會應用如何辨識住家附近崩塌發生前之徵兆。

四、 解決問題方面：

教具提供工法操作模組，讓參觀者體會「阻止地下水蓄積，可以降低大規模崩塌發生的機率」、「擋土工法的安裝，可以抑止崩塌塊體滑落」等解決方案，使參觀者學習做有意義的決定，感覺自己所做的決定具影響力，驅使參觀者學習。

五、五感學習方面：

由於地質條件複雜，欲瞭解大規模崩塌發生機制，對於一般民眾與學生有其困難，教具各式模組提供視覺、聲效、手動、用腦與對話等多元感官學習，將艱澀化為簡單易懂的知識，達到學習力的開發。

透過此理念開發出宣揚水土保持教育之互動教具模型成果可以落實水土保持酷學校理念，將水土保持知識向下紮根、水平擴散，打造創新學習環境，將「用心栽培下一代，打造水保新世代」一理念塑造成為全計畫的核心思想。

本教具所涵蓋之教育資源相當豐富且整合多項領域，因此教師於講解、演示與操作時可參考本計畫設計之教案作為參考，藉以增進深層崩塌防災教育傳遞之效益。

教學科目		自然	教學年級	國小四~六年級
教學項目		深層崩塌防災教育	教材來源	行政院農業委員會水土保持局
教學研究	一、教材分析： 1. 類型：互動式教具。 2. 主題：透過教具讓學童理解深層崩塌災害樣貌、成因、機制、監測與治理作為，並培養自主防災觀念。 3. 設備：5 套 A3 尺寸教具模型；4 座教學輔助展示機；4 張教具 DM(含說明立板)。 二、教學聯繫： 1. 本教材係基於 STEAM 理念，並結合深層崩塌相關知識所製作而成，為跨領域整合且能培養實務能力之教具。 2. 教材涵蓋之 STEAM 概念： (1) 科學/Science：學習深層崩塌樣貌、成因與機制。 (2) 科技/Technology：認識臺灣常見之坡地監測設備，並學習判讀設備之訊號。 (3) 工程/Engineering：認識臺灣常見之坡地整治工法，並學習各工法的功用與原理。 (4) 藝術/Arts：理解將美感融入工程，可創造工程全新價值。 (5) 數學/Mathematics：透過監測系統模組學習降雨量與地下水位上升關係，並連結監測崩塌地的地表變形與地中變形之脈絡。 三、教學難點： 1. 此為互動式教具，需要學生主動參與，否則教案失去應有之教學效果。 2. 教學內容牽涉較多專有名詞，如地錨、隔樑護坡、排樁、傾斜管、地表變位儀等，在教學時需放慢速度並注意學生是否能理解各個名詞之意義。			
	時長	單元	各單元時長	各節重點
教學內容	100 分鐘	一、崩塌地形觀察 二、現象與災害成因觀察 三、崩塌地監測系統 四、崩塌地治理工法 五、自我評量	20 分鐘 20 分鐘 20 分鐘 20 分鐘 5 分鐘	一、觀察與學習深層崩塌發生前後的地表特徵。 二、瞭解深層崩塌災害成因與機制。 三、學習判讀監測儀器顯示之資料，建立自主防災知識 四、認識各種坡地災害整治工法與治理方式。 五、回顧課程重點。
		單元目標	具體目標	
教學目標	崩塌地微地形觀察	1. 觀察與學習深層崩塌發生前後的地表特徵。	1-1 透過教學影片學習真實的深層崩塌案例。 1-2 完成崩塌地立體拼圖並觀察崩塌災害發生前後的差異，理解崩塌地的地表特徵。	
	現象與災害成因	2. 透過教具模型瞭解深層崩塌成因與機制。 3. 透過教學影片學會分辨不	2-1 理解降雨會導致地下水位升高。 2-2 學習並理解地下水位高低與坡地穩定度之關係。	

	因觀察	同類型坡地的災害。	2-3 學習並理解警戒水位與警報聲響和深層崩塌之關係。 3-1 學習並理解坡地災害之種類、差異與影響。		
	崩塌地監測系統	4. 透過教學影片認識臺灣常見之坡地監控設備，並瞭解各設備之功用。 5. 透過教具操作以理解監測設備測量方式，並學會判讀監測面板上之數值。	4-1 瞭解雨量筒之用途。 4-2 瞭解傾斜管之用途。 4-3 瞭解地下水位觀測井之用途。 4-4 瞭解地表變位儀之用途。 4-5 瞭解太陽能板之用途。 5-1 瞭解雨量筒測量記錄監測資訊的方式。 5-2 瞭解傾斜管測量與紀錄監測資訊的方式。 5-3 瞭解地表變位儀測量與紀錄監測資訊的方式。 5-4 瞭解地下水位觀測井記錄監測資訊的方式。 5-5 瞭解太陽能板提供監測設備工作用電。		
	崩塌地治理工法	6. 透過教學影片與操作互動模型認識臺灣常見之坡地整治工法，瞭解其功用與防災原理。	6-1 瞭解擋土牆之功用與防災原理。 6-2 瞭解隔樑護坡之功用與防災原理。 6-3 瞭解地錨之功用與防災原理。 6-4 瞭解排樁工法之功用與防災原理。 6-5 瞭解地表排水工法之功用與防災原理。 6-6 瞭解地中排水工法之功用與防災原理。		
	自我評量	7. 回顧本教具欲傳遞之重點知識。	7-1 透過學習單的問題，複習重點知識記憶。		
教學目標		教學活動	教學資源	時間分配	備註
		壹、準備活動 一、教師部分 1. 閱讀教具操作手冊，預先理解本教具操作方法與並瞭解教學輔助影片中教學資源。 2. 查詢當地坡地相關資料與是否有無相關整治工法、監測設備，並將其整理成簡報檔案。 3. 準備教學學習單(學習單列於教案後)，蒐集學生學習成效。	教具操作手冊、深層崩塌防災教育教具4套(含4座教學輔助影片撥放器與4張教具DM)	課前	教具需要使用到水與電，在操作上需注意勿將線路泡在

	4. 課前需先將教具裝設完畢。 二、學生部分 1. 預先查詢臺灣常見坡地災害種類。 2. 拍攝住家週遭擋土牆，可於「治理工法」單元進行討論。		課前	水中。
1-1	貳、發展活動 單元一、崩塌地微地形觀察 1. 引起動機： 詢問學生是否知道什麼是深層崩塌災害？在臺灣的哪邊發生過？讓學生進行討論並分享。	崩塌地微地形觀察模組2套、教學輔助影片1座、教具 DM	3 分鐘	
1-2	2. 教學輔助影片： 播放教學輔助影片，讓學生觀看真實發生過的深層崩塌，體會災害的可怕性。 3. 互動遊戲： 讓學生自行組裝崩塌地立體拼圖，並從中觀察崩塌地的樣貌。 4. 崩塌前後比一比： 請學生比較拼圖完成的崩塌地模組和崩塌前模組，學習與理解崩塌災害前後的差異。 5. 崩塌地表特徵學習： 學生觀察崩塌地地表特徵，並找尋崩塌地上有哪些地貌(如崩崖、裂縫、堆積等)，再搭配教具 DM，瞭解真實崩塌地地表上的各種特徵。	1 張。	3 分鐘	
			8 分鐘	
			3 分鐘	
			3 分鐘	
2-1	單元二、現象與災害成因觀察 1. 引起動機： 開啟「現象與災害成因觀察」	現象與災害成因觀	3 分鐘	

2-2、2-3	模組，透過模型聲光效果引起學生關注，並讓學生觀察模型上的降雨、地表水流、地下水位計、警報(蜂鳴器)與深層崩塌等現象。	察模組 1 套、教學輔助影片 1 座、教具 DM 1 張。	5 分鐘	
3-1	2. 致災原因思考與討論： 讓學生思考降雨為何會引發深層滑動？為何地下水位上升到一個高度後，警報聲就會響起？請學生討論並回饋教師。 3. 教師解說： 致災原因：雨水會經由地表入滲到山坡中，並導致地下水位逐漸上升，當地下水位上升到警戒水位時，積累的過量雨水會讓深層崩塌發生。此外，可利用教具 DM 說明其他會造成深層崩塌災害發生的因子。		4 分鐘	
	4. 延伸學習-坡地災害： 說明深層崩塌屬於坡地災害的一種，並詢問學生除了深層崩塌外，還有哪些坡地災害？又是如何造成這些坡地災害的呢？		5 分鐘	
	5. 坡地災害種類： 播放教學輔助影片，讓學生學習坡地災害的分類、樣貌與發生原因。		3 分鐘	
			2 分鐘	

5-1、5-2 5-3、5-4 5-5	播放教學輔助影片，讓學生學習監測設備的種類、功能與實際樣貌。 3. 監測設備設置： 透過崩塌地監測系統互動模組介紹各個監測設備在山上安裝時的位置，並讓學生自行操作傾斜管、十字滑軌、地表變位儀和雨量筒等各個監測設備縮小模型，並介紹監測設備量測的方法。 4. 監測資料記錄方式： 啟動監測系統互動模組開關，讓學生觀察監測面板上的數字，觀察降雨量、地表變位、地中變位、太陽能及地下水位等監測數字與圖像的變化，再學習監測情境：隨降雨量提升，其他監測數據也會增加，並導致警報聲響起等實務上崩塌地的監測方法。	DM 1 張。 教具 DM	10 分鐘 5 分鐘	監測設備可用於輔助監控坡地穩定度，當坡面不穩定時，監測設備將會提出警戒，提供民眾撤離的時間。 監測系統將會於降雨量達 400(mm)時啟動蜂鳴器(警報)。
6-1、6-2 6-3、6-4 6-5、6-6	單元四、崩塌地治理工法 1. 引起動機： 詢問學生要如何保護山坡地，不讓深層崩塌發生？在台灣的山坡上會有哪些人造的結構物？ 2. 深層崩塌治理工法介紹： 透過播放教學輔助影片，讓學生學習各種整治工法的真實樣貌與功用，包含擋土牆、格梁護坡、地錨、排樁工法、地表排水工法及地中排水工法。 3. 操作深、淺層崩塌： 使用模組上的「深層崩塌整治工法」及「淺層崩塌整治工法」，分別觸動深、淺層崩塌	治理工法 互動模組 1 套、教學輔助影片 1 座、教具 DM 1 張。	3 分鐘 2 分鐘 1 分鐘	

	塊體滑落，讓學生思考要如何防治塊體的滑落。 4. 坡腳開挖的影響： 深、淺層崩塌塊體下方皆有坡腳開挖機關，教師可將坡腳手動移除。移除坡腳後，深、淺層崩塌塊體皆無法放回山坡上，代表坡腳開挖會嚴重影響邊坡的穩定度。 5. 剛性治理工法： 教師先行操作任一個工法互動模型，將其安置後再次按下崩塌塊體滑落的按鈕，讓學生發現安裝工法後，塊體將不再滑落，代表治理成功。其中，格梁護坡可安裝於深、淺層崩塌塊體上；地錨工法則可安裝於深層崩塌塊體上；擋土牆與排樁需安裝於坡腳開挖後的位置。 6. 操作時間： 教具提供各式整治工法模擬套組，讓學生安裝各模擬套組於坡面上，並且再次模擬塊體滑落，讓學生瞭解工法確實能夠阻止深、淺層崩塌的發生。 7. 柔性治理工法： 除上述可互動的工法外，教具下方亦設有兩個開關(地表排水及地中排水工法)，開啟後模型上對應的位置將會發光。學生可以尋找這些工法的位置，並思考排水與地下水位的關係。 8. 延伸-議題討論 觀看完教具之地滑災害後，	實際山地 違建照片	1 分鐘 1 分鐘 10 分鐘 2 分鐘	依照學生狀況，可以有獎徵答形式進行。
--	---	----------------------	--	---------------------------

7-1	詢問學生蓋房子應該蓋在哪裡是相對安全的，並可藉此讓學生知道臺灣山地違建可能不安全一事。 單元五、自我評量 1. 讓學生回答「自我評量」專區的題目，透過回答問題加深學生對於本教具重點知識之記憶。	(如齊柏林-看見台灣電影片段) 學習單		
-----	---	-----------------------------------	--	--

深層崩塌防災教育教具學習單

Q1：造成深層崩塌發生的主要原因是什麼？

Q2：我們可以用什麼方法保護坡地？

Q3：要如何提早知道深層崩塌的發生呢？

Q4：我們的住家周圍有哪些整治工法？

深層崩塌防災教育教具學習單

參考解答_可依學生年齡與作答情形修改

Q1：造成深層崩塌發生的主要原因是什麼？

降雨，雨水滲入山坡導致地下水位上升，當地層具有過多的雨水後，就會因為摩擦力減小和重量變重而滑落。

Q2：我們可以用什麼方法保護坡地？

整治工法：擋土牆、格梁護坡、排樁工法、地錨工法、地表排水工法、地中排水工法。

Q3：要如何提早知道深層崩塌的發生呢？

監測系統：太陽能板、雨量筒、傾斜管、地表變位儀、地下水位計。

Q4：我們的住家周圍有哪些整治工法？

自由回答。

附錄六、期末聯合審查暨成果發表會委員審查意見

編號	委員審查意見	回覆辦理情形
一、	老師在經費有限的情況下，仍能逐代精進教具的攜帶便利性、教育性、維護成本、製作成本等，令人欽佩。	謝謝委員肯定。
二、	教具可教學及宣導用，原則可行。	謝謝委員肯定。