
**「STEAM」理念融入大規模崩塌防災教育
教具開發**

**STEAM concept connected to the
development of teaching tools on
large-scale landslide education for disaster
prevention
(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：109年02月06日至109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 109 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)

「STEAM」理念融入大規模崩塌防災教育教具開發

摘要

為增添水土保持酷學校學習資源與創造學生全新的學習體驗，並且配合大局推動氣候變遷下大規模崩塌防災教育計畫，本計畫遵循108年課綱「以素養教育為主」的STEAM教育理念，打造出一套可觀測地滑地因降雨入滲坡體，造成地下水位上升與地層滑動發生之教具模型，並納入可自由操作的工法模組，引導學習者學習思考配置工法設施，以減緩與防治災害的發生，體驗擔任工程師的成就感。本教具亦適合做為老師進行水保防災教育之STEAM教案，藉此落實水土保持教育扎根工作，並培育教師與學生成為水土保持教育的傳遞者與未來的工程師。本教具之亮點功能包含：(1)3D列印仿真坡面、(2)透過地層模擬套組，觀察降雨入滲地層之歷程；(3)即時降雨、地下水位、土壤含水量監測系統與災害預警系統；(4)深層與淺層崩塌災害學習；(5)可自由配置之整治工法模擬套組；(6)坡地災害監測系統模型展示；與(7)STEAM教育理念融入的互動學習資源。團隊於計畫期間內，完成教具開發、編寫教具操作手冊與教案、舉辦一場以大學生為對象之教具體驗活動、配合大局參與五場教具展覽活動與建立一套創新教具學習體驗平台，已如質如期達到強化大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

STEAM concept connected to the development of teaching tools on large-scale landslide education for disaster prevention

Abstract

To increase the learning resources for the Cool School of Soil and Water Conservation (CSSWC) and create new learning experiences for students, as well as to promote the large-scale landslide disaster prevention education program in the context of climate change, this project follows the STEAM education concept of the 108-year syllabus, which focuses on literacy education, and builds a set of teaching aids that can observe the water table rising and the occurrence of landslide caused by rainfall infiltration to the slope, and incorporates interactive remediation facility modules to engage participants to perform a brainstorming activity about how to configure the engineering facilities to mitigate and prevent disasters. Participants can experience the sense of accomplishment of being an engineer. This teaching aid is also suitable for teachers to carry out STEAM teaching plans for soil and water conservation and disaster prevention education, so as to establish the foundation of soil and water conservation education, and to cultivate teachers and students to become the transmitters of soil and water conservation education and future engineers.

The key features of this teaching aid include: (1) 3D printing for a real landslide site; (2) observing the process of rainfall infiltration into the subsurface through the formation simulation suite; (3) real-time rainfall, groundwater level and moisture content monitoring system and disaster warning system; (4) demonstration of deep-seated and shallow landslide disasters; (5) interactive remediation facility modules; (6) demonstration of landslide monitoring system, and (7) interactive learning resources with the design of the STEAM education concept. During the project period, the completed works include the development of a teaching instrument, compilation of teaching aid manual and teaching plan, a teaching aid experience event for undergraduate students, cooperation with the Soil and Water Conservation Bureau to participate in five teaching aid exhibition activities, and establishment of innovative

learning experience platform for the teaching instrument. The project, with high quality and on schedule, has achieved the goal of strengthening and promoting education on large-scale landslide disaster prevention.

Keywords: STEAM, Interactive teaching aids, large-scale landslide disaster, Disaster prevention education, Soil and water conservation education

目次

摘要.....	I
Abstract	III
目次.....	V
表次.....	VIII
圖次.....	IX
第一章 緒論.....	1-1
第一節 計畫緣起目的	1-1
第二節 計畫目標.....	1-6
第三節 工作項目內容.....	1-7
第二章 工作執行與執行步驟	2-1
第一節 互動式教具外觀模型製作.....	2-3
第二節 智慧化地滑地互動式功能建置.....	2-8
第三節 互動式教具內部地層功能建置.....	2-16
第四節 互動式教具工法整治與安全監測系統建置	2-18
第五節 教材製作.....	2-20
第六節 配合水保局參加水保教育與推廣活動	2-24
第七節 辦理一場最新開發教具推廣活動	2-24
第八節 水土保持教育宣傳成效蒐集.....	2-25

第三章 工作執行成果.....	3-1
第一節 互動式教具外觀模型製作.....	3-1
第二節 智慧化地滑地互動式功能建置.....	3-10
第三節 互動式教具內部地層功能建置.....	3-24
第四節 互動式教具工法整治與安全監測系統建置	3-25
第五節 教材製作.....	3-30
第六節 配合水保局參加水保教育與推廣活動	3-31
第七節 辦理一場最新開發教具推廣活動.....	3-40
第八節 水土保持教育宣傳成效蒐集.....	3-41
第九節 執行工作檢核表	3-46
第四章 結論與建議	4-1
第一節 結論.....	4-1
第二節 建議.....	4-3
參考文獻	參-1
附錄.....	附錄-1
附錄一、期初委員審查意見	附錄-1
附錄二、教具製作工作會議紀錄	附錄-4
附錄三、期中委員審查意見	附錄-5
附錄四、兒童版教案與海報	附錄-7

附錄五、教師版教案	附錄-11
附錄六、教具操作手冊	附錄-20
附錄七、期末委員審查意見	附錄-38

表次

表 3-1 教具資源與 STEAM 各主題之關聯性.....	3-23
表 3-2 教具資源與 STEAM 五大目標之關聯性.....	3-23
表 3-3 執行工作檢核表	3-47

圖次

圖 1-1 計畫主要理念示意圖.....	1-5
圖 1-2 STEAM 五大精神示意圖	1-5
圖 2-1 工作執行步驟流程圖.....	2-2
圖 2-2 智慧化大規模崩塌互動式教具模型側視圖(右面).....	2-6
圖 2-3 智慧化大規模崩塌互動式教具模型俯視圖	2-6
圖 2-4 智慧化大規模崩塌互動式教具模型側視圖(左面).....	2-7
圖 2-5 人工坡地外形(左圖)；真實地貌搭配 3D 列印技術所製作 之仿真坡地(右圖).....	2-7
圖 2-6 108 年度教具-崩塌塊體滑落觸動裝置	2-15
圖 2-7 連續記讀式水位感測示意圖	2-15
圖 2-8 108 年度教具-手動式地中排水系統.....	2-16
圖 2-9 108 年度教具-地層模擬套組	2-17
圖 2-10 108 年度教具-工法模擬套組(由上至下分別為地錨、排樁、 與格梁護坡).....	2-19
圖 2-11 教材四大主軸說明圖	2-21
圖 2-12 108 年度教具-教材 (海報).....	2-22
圖 2-13 2020 防災校園大會師參展 DM.....	2-23

圖 3-1 上方模型主坡體與下方模型基座 (攝於 109/08/31).....	3-4
圖 3-2 教具內部水槽(攝於 109/08/31).....	3-5
圖 3-3 透過 3D 列印建置之地滑坡面(攝於(109/07/07)	3-6
圖 3-4 教具坡面增添工法套組(攝於 109/08/31).....	3-7
圖 3-5 於教具坡體建置監測設備模組(攝於 109/08/31)	3-8
圖 3-6 教具可拆卸收納設計(攝於 109/07/07)	3-9
圖 3-7 109 年度教具-降雨系統開關(攝於 109/07/07).....	3-17
圖 3-8 教具降雨灑水槽(攝於 109/07/07).....	3-17
圖 3-9 淺層崩塌(紅框)與地滑(藍框)塊體 (攝於 109/07/07).....	3-18
圖 3-10 地下水位與含水量感測器 (攝於 109/07/07).....	3-19
圖 3-11 互動科技畫面-首頁	3-19
圖 3-12 互動式科技畫面-「災害體驗區」	3-20
圖 3-13 互動式科技畫面-「問題探索」專區	3-20
圖 3-14 互動式科技畫面-「防災法寶箱」專區	3-21
圖 3-15 互動式科技畫面-「自主防災」資源	3-21
圖 3-16 互動式科技畫面-「防災警戒停看聽」資源.....	3-22
圖 3-17 互動式科技畫面-「自我評量」專區	3-22
圖 3-18 岩心模擬套組與岩心展示盒 (攝於 109/09/15)	3-25
圖 3-19 各工法模組照片(攝於 109/08/04).....	3-26

圖 3-20 雨量計模型 (攝於 109/08/14).....	3-27
圖 3-21 監測螢幕照片(攝於 109/08/14).....	3-27
圖 3-22 太陽能板模型照片(攝於 109/08/14)	3-28
圖 3-23 地下水位觀測井照片(攝於 109/08/14)	3-28
圖 3-24 地表變位計照片(攝於 109/08/14).....	3-29
圖 3-25 地中傾斜儀照片(攝於 109/08/14).....	3-29
圖 3-26 水土保持局參獎第 18 屆機關檔案管理金檔獎實地評獎 作業(攝於 109/06/30).....	3-35
圖 3-27 教育部暨跨部會環境教育行動倡議主題活動	3-35
(攝於 109/09/15).....	3-35
圖 3-28 學童於展覽活動上親手操作教具(攝於 109/09/15).....	3-36
圖 3-29 農村再生 10 載幸福活動(攝於 109/09/26).....	3-36
圖 3-30 學童透過科技輔助畫面學習大規模崩塌相關知識(攝於 109/09/26).....	3-37
圖 3-31 針對松浦國小教師進行教具解說(攝於 109/09/30).....	3-37
圖 3-32 水保種子教師針對教具進行解說 (攝於 109/10/29)....	3-38
圖 3-33 第一屆臺灣科學節(攝於 109/10/31)	3-39
圖 3-34 計畫主持人向林次長介紹本計畫教具 (攝於 109/10/31)	3-39
圖 3-32 針對國立臺灣海洋大學學生進行教具推廣活動(攝於	

109/09/14).....	3-41
圖 3-33.a 大規模崩塌防災教育教具回饋單(15 歲以下學童)	3-43
圖 3-33.b 大規模崩塌防災教育教具回饋單(教師、相關從業人員)	3-44
圖 3-33.c 大規模崩塌防災教育教具回饋單	3-45
圖 3-34 回饋單成效收集結果.....	3-46
圖 3-35 工作時程圖	3-47

第一章 緒論

第一節 計畫緣起目的

現階段水土保持局將水土保持推動工作，不僅僅侷限於災害調查、規劃與整治上面，而是走向往下扎根的教育層面著手，而水土保持酷學校招募計畫與國內各式防災教育推廣活動正扮演著重要的推手。水保局於 2015 年開始積極推動水土保持酷學校一系列嶄新的計畫，招募全臺灣有意願推動環境教育及防災教育之學校加入，截至 2019 年已歷經五屆水土保持酷學校共計 102 間小學的加入。近幾年，水土保持局更積極參與教育部、科工館、自科學博物館、臺灣科學教育館所舉辦的防災科普教育宣傳活動，透過參展往外向一般民眾進行水保教育宣導工作，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。

然而欲提升學生或一般民眾在水保教育上的學習成效，仍需仰賴適當教材或教具等資源，激起學習者的學習興趣，讓學習者能在愉快的情境下，建立水土保持維護與防災教育等觀念，並將水保知識與素養如同樹一般，擁有向下扎根、生生不息的生命力(圖 1-1)。藉此用心努力，方使大眾都能學會環境維護、永續經營，更為久遠後的世代，營造出更完善的環境。

爰此，本研究為增添水土保持學校學習資源，並創造學生與一般民眾全新的學習體驗，同時呼應民國 108 年推行 12 年基本國民教育新課綱-以『素養教育為主』為目標，將進行創新教具教材的開發，藉由創新的教具與教材所創造出全新的學習模式，冀望能夠留住參觀者的目光，提高參觀者學習效果與求知慾望，並與學校合作，推廣的知識納入課綱，創造教育推動加乘效果。

再者，2009 年八月九日清晨，大規模崩塌災害帶來的小林村滅村，為臺灣坡地環境的安全敲醒了警鐘，提醒國人對於防治此類型坡地災害發生之重要性。因此，水土保持教具的開發著重在此大規模崩塌中之崩塌災害議題上，傳遞之內容涵蓋地滑現象的觀察、成因的瞭解、監測、整治工法與自主防災等內涵。本計畫冀望構思出能夠模擬降雨引致地下水位上升導致地滑發生之互動教具模型，且教具輔以含水量變化導致淺層崩塌發生之現象闡述，讓學童及一般民眾，有機會於室內體驗到戶外崩塌災害的現象與學習防治災害發生之方法。

據此，本計畫讓野外不易觀察之大規模走山與淺層崩塌現象，可以仿真重現於教室，同時注入災害防治思維，最後融合 STEAM 五大精神-「跨領域、動手做、生活應用、解決問題、五感學習」(圖 1-2)，開發出「大規模崩塌互動式教具模型」，並編製適當教材，拓展全新的水土保持教育模式。教具所涵蓋之五點教育模式為：

一、跨領域方面：

防治大規模崩塌問題，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，試圖運用他來解決此災害問題。

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大規模崩塌發生前之徵兆與離災的概念。

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有其困難，教具提供各種抑制工法、抑止工法、降雨量變化、地層結構組成等裝置，皆能自由配置，可創造各種災害防治組合，藉由同步創造工程之力與美之挑戰，贏得解決問題所需的成就感，將可加倍學習之動機。

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。

本年度計畫遵循此理念，以 108 年度地滑地搶救大作戰互動教具研發計畫[1](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)完成之成果為基礎，持續推動深耕防災與水保知識，並依據 108 年度現場防災教育經驗與民眾需求，對教具進行更進一步改良與研發，讓所打造之互動式教具模型同時具備實踐為一般民眾設計理念與融入 STEAM 教育理念，藉此開發出更具吸引力與學習效果之教具，將水保所需要的知識除了成功轉換成大眾可吸收的資訊，同時可強化教具防災知識於教育傳播工作上，藉此培育小小水保工程師之任務。



圖 1-1 計畫主要理念示意圖

資料來源：修改自孤單的大樹圖片[2]



圖 1-2 STEAM 五大精神示意圖

資料來源：本計畫整理

第二節 計畫目標

本計畫依據 108 年度現場防災教育經驗，以及配合教育部新教育模式，針對大規模崩塌災害範疇中的深層崩塌與淺層崩塌兩災害類型（註：目前定義之大規模崩塌，係指崩塌面積超過 10 公頃或土方量達十萬立方米或崩塌深度在 10 米以上的崩塌地；而大規模崩塌災害廣義的災害類別，不單只有如小林村的深層崩塌災害類型，而是包含淺層崩塌、地滑、堰塞湖及土石流等引致的大規模災害，但最主要係以崩塌災害為主）[3]，共規劃出四項計畫目標：

- 一、以 STEAM 五大教育精神-「跨領域、動手做、生活應用、解決問題、五感學習」，開發出新一代「大規模崩塌防災教育教具模型」，同時作為新課綱的教案示範。
- 二、本計畫致力於開發大規模崩塌相關教材，以地滑災害為主軸，輔以淺層崩塌概念傳遞，進行大規模崩塌互動式教具模型之開發，並搭配觸控螢幕與互動操作平台，讓參觀學員可以更清楚觀察降雨與地下水位抬升，以致達到崩塌警戒水位之時序歷程，以及啟動地中排水後，地下水位下降增加坡地安全之時序歷程。
- 三、教具除了地滑現象觀察與整治工法配置體驗外，再納入坡地監測系統的學習內容，藉此讓參觀學員認識各式監測設備對坡地

安全維護與管理課題之重要性。

- 四、為了瞭解教具對於水土保持教育推廣之具體成效，本計畫透過現場即時行動問卷調查，不以參觀人次統計為目標，改以蒐集觀人員對推廣知識之學習成效為目標，建立教具所帶來的真正推廣效益數據。

第三節 工作項目內容

- 一、大規模崩塌互動式教具外觀模型製作-包含教具本體、可組裝式裝置，以及蓄水、收納裝置等設備建置。
- 二、智慧化大規模崩塌互動式功能建置-包含水位感測計、崩塌塊體自動滑落觸動系統、降雨系統、蜂鳴器、自動洩水系統、含水量感測、水位與警戒監測系統畫面等建置。
- 三、大規模崩塌互動式教具內部地層功能建置-包含模擬實際地層組織構造建置。
- 四、大規模崩塌互動式教具工法整治與安全監測系統建置-包含抑制(集水井、地中排水與地表排水)與抑止工法(擋土牆、格梁護坡、地錨與排樁)套組與坡地安全監測設備模型(雨量、太陽能板、地下水位觀測井、地表變位與地中變位等監測設備模型。)
- 五、教材製作-包含教具操作手冊編撰、解說海報製作、學生版學習手冊與教師版指導手冊編制、宣傳海報製作。

- 六、 配合水保局參加水保教育與教具推廣活動。
- 七、 辦理一場新開發教具推廣活動。
- 八、 水土保持教育宣傳成效蒐集-包含即時行動問卷建立與蒐集。

第二章 工作執行與執行步驟

本計畫勾勒之目標：「打造互動式教具模型，並呼應推行 12 年基本國民教育課綱『素養教育為主』之理念」，係將以往靜態水土保持教材轉化成動態的互動學習，融入 STEAM 教學理念於教具開發，藉此提升學童的專注力，冀望能夠營造出樂其所學的學習模式。本計畫以 108 年度地滑地互動式教具開發計畫內容為基礎，藉由參展與學生及一般民眾互動的經驗及未來教育趨勢之需求，針對既有教具進行功能改良、更多仿真設計、學習素材增添與智慧化功能設計等一系列調整與優化。

針對今(109)年度的工作內容，本計畫擬定八項工作實施之方法與步驟，並規劃如下圖 2-1 之工作流程圖，包括：(1) 大規模崩塌互動式教具外觀模型製作；(2) 智慧化大規模崩塌互動式功能建置；(3) 大規模崩塌互動式教具內部地層功能建置；(4) 大規模崩塌互動式教具工法整治與安全監測系統建置；(5) 教材製作；(6) 配合水保局參加水保教育與教具推廣活動；(7) 辦理一場最新開發教具推廣活動；(8) 水土保持教育宣傳成效蒐集。

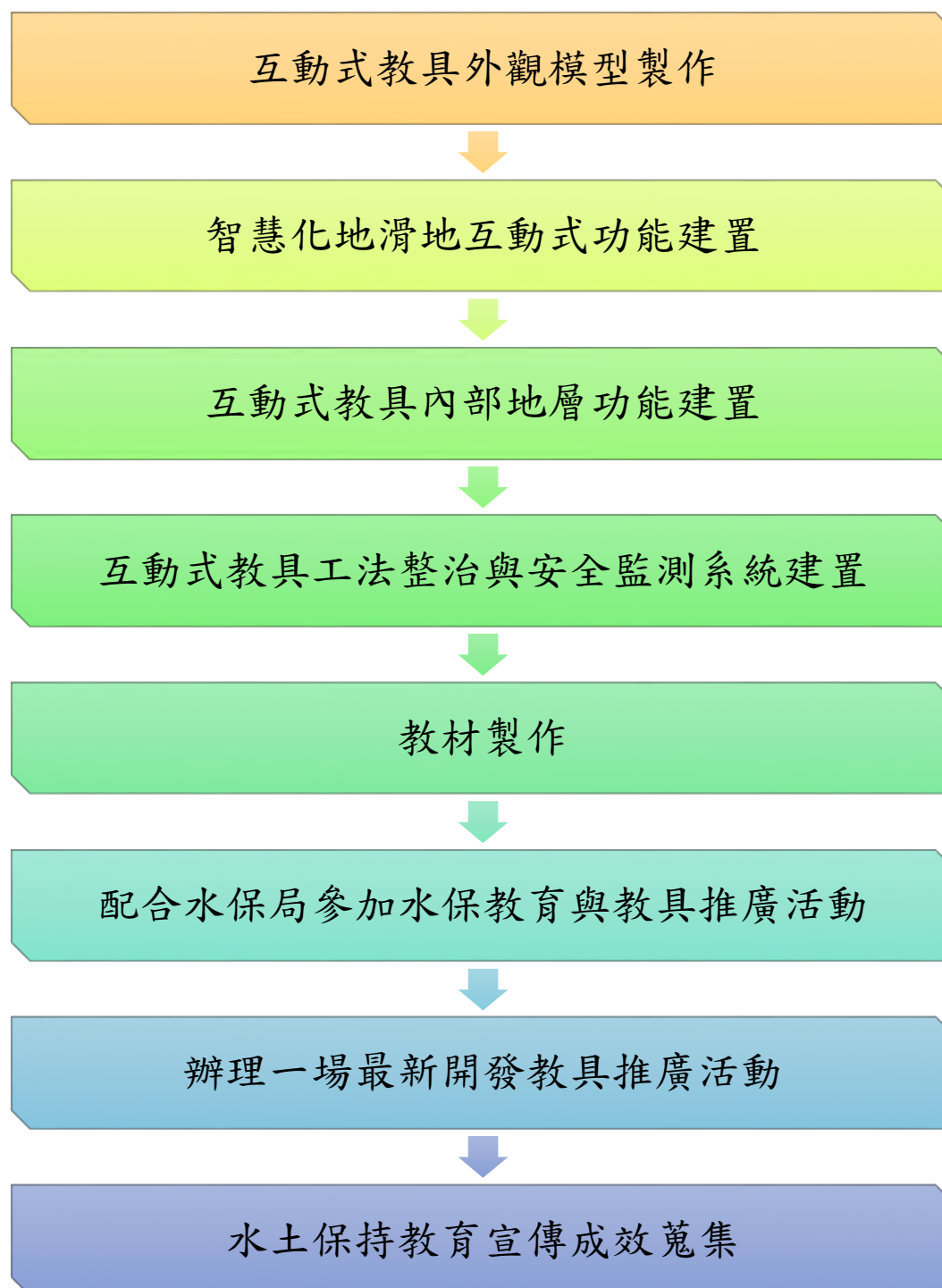


圖 2-1 工作執行步驟流程圖

資料來源：本計畫整理

第一節 互動式教具外觀模型製作

本計畫發展迄今，已經走向第三代教具的改良開發，第一代教具是為了配合參與水土保持酷學校之基隆市信義國小進行定點展示與使用所開發設計的，教具以一體成型的方式建立，只需裝水與接電即可立即進行展示。在第一代計畫執行期間為配合大局參與四次全國性的展覽活動，由於教具一體成型之設計，在教具運送方面需耗費較高的運輸成本，因此，於第二代教具開發時，將教具改良為可拆卸收納之可組裝式教具，除可降低運輸成本外，亦可提升教具本身之機動性、更能配合大局參與各項展覽活動。

本計畫以 108 年度地滑地搶救大作戰互動教具研發計畫之教育內容為基礎，並改善第二代(108 年度)教具各功能之使用性與真實性，如坡面與地層的仿真性，另增添了仿真坡面與坡地監測系統模型，冀望能給予學童更全面的防災知識。以下針對本年度教具之功能與設計進行說明。

一、 教具模型尺寸設計

為配合大局參與全臺各大科普教育展覽活動，則採納可組裝式設計且一般箱型車或 3.5 噸貨車可運載尺寸，以提升教具運輸之便利性，模型設計圖如圖 2-2、圖 2-3、圖 2-4 所示。教具共分為兩大部分，分別為上部教具坡體與下部教具檯座，其中檯座部

分採用堅硬材料製作。臺座採空箱結構設計，於拆卸組裝時將其倒置於教具坡體上方，臺座藉此成為教具坡體之保護殼，此設計能增加教具之收納便捷性與損壞耐受性，有效降低運輸成本及防止運送過程受到之損傷。此外，為降低學童與教具之距離感，教具整體高度皆依照學童身高進行設計考量。爰此，教具整體設計尺寸為：長 75cm × 寬 55cm × 高 165cm；拆除臺座並倒置於坡體上方後尺寸約為 75 cm × 55 cm ×100 cm。

二、坡地外觀設計

坡地外觀設計則採用仿真坡面的製作方式，坡面的製作方法採用實際地貌搭配 3D 列印技術所製成之仿真坡地。如圖 2-5 所示，左圖是前(108)年度計劃所製作之人工坡地外形，右圖則是以真實地貌搭配 3D 列印技術所製作之仿真坡地，冀望透過更仿真之坡面，讓參觀展覽民眾對教具所呈現之災害現象更加深刻，進而提升本教具之教育渲染力。經過資料蒐集，本計畫取得位於嘉義油車寮崩塌地之空拍之數值高程作為仿真坡地，該地區於民國 98 年莫拉克風災時，因大量豪雨造成大規模滑動破壞，滑動面明顯且坡面上具有多種大規模崩塌滑動特徵(例如：崩崖、裂縫、沖蝕溝、滑動面上半部凹陷、坡趾隆起等)，適合作為範例提供給學童進行現象觀察與學習。

三、 互動式教具模型可組裝式設計

本年度開發之互動式教具模型設計簡易的拆解組裝，三個主要設計原則為：(1) 教具上方灑水裝置為分離式設計；(2) 兼具教具坡體置放展示功能及保護功能之檯座；(3) 智慧化的設備的線路採取快拆接頭及優化線路配置，方便人員組裝。利用以上設計原則，縮小教具本體的尺寸，藉此減少運送車輛所需之空間，有效解決運輸成本問題。

四、 教具收納箱

教具本體的收納箱將由上一代木製收納箱改為較堅固可防撞的材質製作，另準備一行李箱作為液晶螢幕、抑制工法與抑止工法之收納箱，透過收納箱可收納工法模組(包含：擋土牆、地錨、格樑護坡與排樁)，藉此可便於管理及保護工法模組與螢幕，以此降低後續維護與修繕之成本。

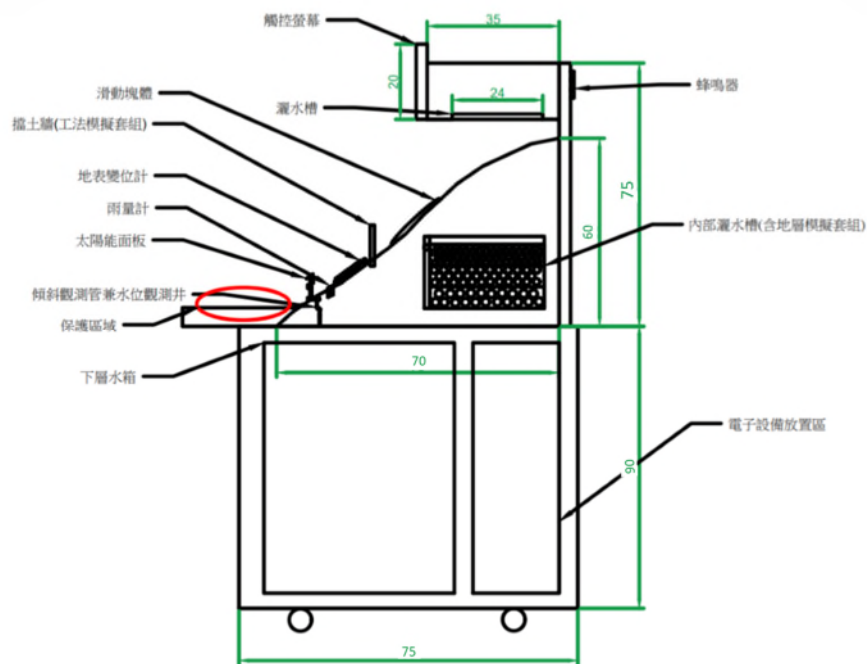


圖 2-2 智慧化大規模崩塌互動式教具模型側視圖(右面)

資料來源：本計畫整理

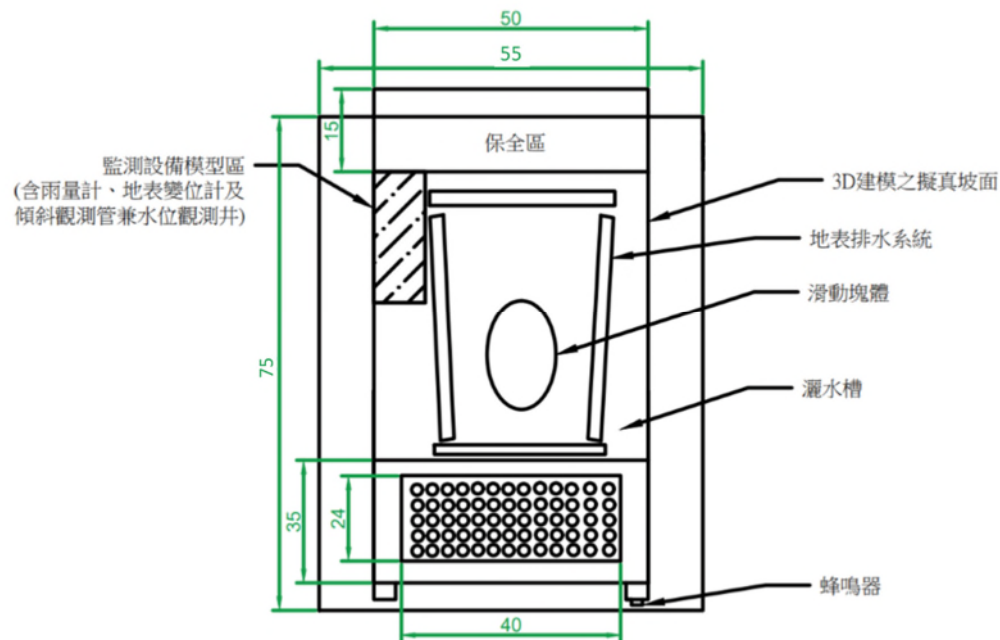


圖 2-3 智慧化大規模崩塌互動式教具模型俯視圖

資料來源：本計畫整理

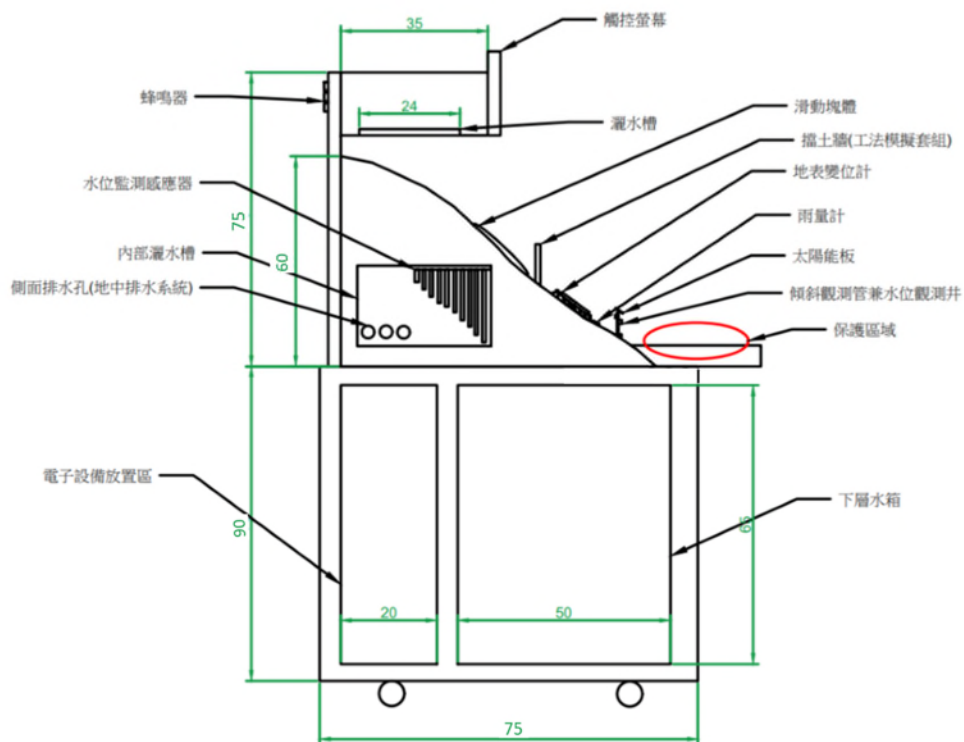


圖 2-4 智慧化大規模崩塌互動式教具模型側視圖(左面)

資料來源：本計畫整理

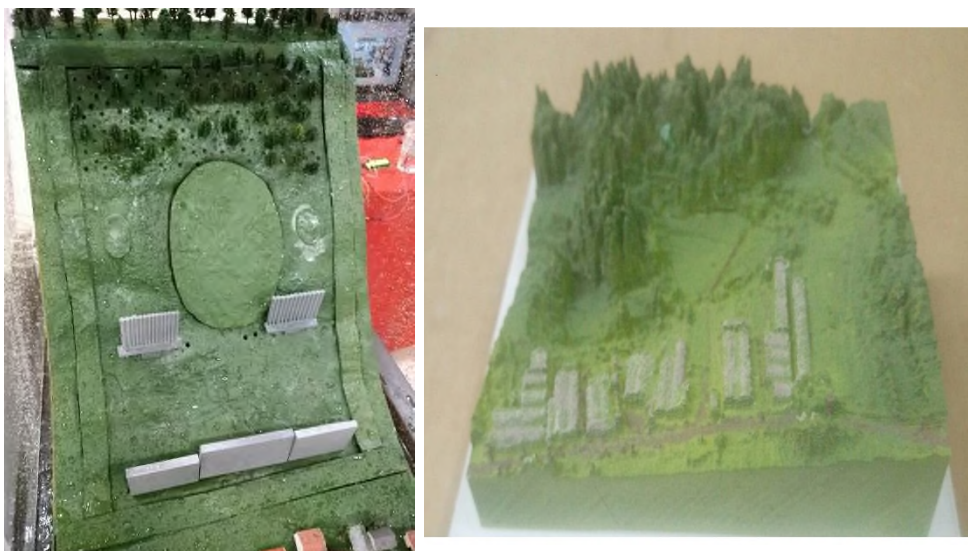


圖 2-5 人工坡地外形(左圖)；真實地貌搭配 3D 列印技術所製作之
仿真坡地(右圖)

資料來源：本計畫整理

第二節 智慧化地滑地互動式功能建置

在 STEAM 教育理念中，科技是該理念強調的重要元素之一，因此教具設計融入更多智慧化元素於教具開發，透過科技設備，除了提升學童學習的品質與內容外，更重要是培養學生的科技素養，以訓練未來職場上所需之人才。智慧化設計項目與功能詳細介紹如下：

一、 崩塌塊體自動滑落觸動系統

前(108)年度設計之塊體滑落系統採水壓機械式驅動(圖 2-6)，當坡體內水槽的水位水壓升高時，塊體連接坡面之卡榫會縮回，進而使塊體滑落，然而進行教具內部水槽安裝時，其安裝位置容錯率較低，因此擺放位置錯位或展覽會場地面的平整與否，皆會導致機關受到影響並失效，工作人員需要更多時間進行調整與測試，方能使此功能正常運作。鑑此，本年度計畫讓此滑落觸動系統改為全自動化模式，教具坡面內側安裝一個電磁閥，內部含有一根鐵棒，當水位感測器測得內部水槽水位高於崩塌警戒水位設定值時，訊號自動回饋至控制器，使電磁鐵通電，產生磁場，讓鐵棒被電磁鐵吸附，吸附過程讓鐵棒產生位移，進而推動滑動塊體，藉此讓原本安置於坡面上之滑動塊體滑落，如此預期改善原先教具在塊體滑落功能啟動不穩定的問題，大大提升教具教學品質。

二、 降雨系統與水位感測器

降雨系統則採用自動化抽水馬達調控設備與灑水裝置進行模擬。藉由調整馬達頻率獲得不同抽水量，其水量的大小將可模擬出不同的雨量強度，藉此模擬不同降雨規模。此外，本計畫計算馬達在不同功率(抽水量)下之實際抽水量，並透過經驗公式換算出模擬之降雨強度，使其顯示於科技輔助畫面上，讓參觀展覽民眾能更清楚的觀察到降雨量之時序變化。

當特定坡地之地層具高透水性(土體孔隙較大)時，地下水在此坡地地層較易流動，地下水位不易蓄積上來，倘若高透水性地層下方為不透水地層時，則降雨入滲後的水分會不斷蓄積在高透水性地層內(地下水位)。此地層環境將會導致高透水性地層地下水位高程逐漸抬升，此時不透水地層與高通透性地層交界面上的摩擦力下降，坡地進入不安定狀態，而當上方地層持續蓄積水分使其整體重量超過摩擦力可承受範圍，地層就會產生滑動。為讓民眾能更明確的瞭解地下水位高低與地層結構穩定度之關聯性，本計畫在教具坡體內裝設連續記讀式水位感測系統，此感應系統能感測不同水位下之電流變化，藉此偵測到水位面，並將感測結果顯示於互動式科技畫面上(圖 2-7)，透過螢幕上之地下水水位與時間之關係圖，解說孔隙水壓會隨水位上升而增加的概念，進而

讓師生與民眾瞭解地下水壓過高時，可能會導致大規模崩塌中之深層崩塌災害類型的發生。此外，水位感測器亦會連接一組蜂鳴器，在本教具模擬之崩塌塊體滑落現象發生前，會先達到預先設定之水位警戒值並觸發蜂鳴器，蜂鳴器的作用在於提醒民眾需做出撤離的動作，若民眾均能明確理解監測系統發出警報聲之意涵，全民自主防災之效果將能大幅提升。

三、 含水量感測裝置

大規模崩塌災害除了像地滑之深層大規模崩塌事件需要關注外，我們亦傳遞淺層崩塌所造成的危害。本教具歷年所介紹之災害種類均為深層滑動之大規模崩塌事件，據此，本計畫新增淺層崩塌元素於教具中，並利用含水量感測裝置作為淺層崩塌的監測依據，傳遞「當土壤含水量過高時將有可能導致淺層崩塌發生」一概念予參觀展覽之師生及民眾。本計畫於教具坡體內裝設含水量感測系統，藉由系統紀錄電流值，藉此偵測含水量值變化(虛擬土壤含水量)，並將此推算之含水量結果顯示於互動式螢幕上之即時監測畫面內。

四、 地中排水系統

前兩年度之地中排水系統均為手動式設計(圖 2-8)，當需要介紹此排水系統時，解說人員需移至教具側面手動操作該排水系統

之排水閥，造成解說的動線不順暢。鑑此，今(109)年度計畫教具將地中排水系統改為自動洩水型設計，當水位感測器顯示水位過高(水位高度達崩塌警戒水位)時，地中排水系統將會自動開啟並將坡體內之地下水排至教具模型下方之水箱；當水位降至設計之低水位線時，地中排水系統將會自動關閉，不再進行排水；此外，於科技輔助螢幕上之即時監測畫面中設有一地中排水系統開關按鈕，讓解說人員能隨時開啟或關閉地中排水系統，透過開啟地中排水系統可提前降低地下水位高度，使地滑現象不會發生，民眾亦可透過監測螢幕上之水位高度瞭解到水位高度與坡地穩定性之關係，以及瞭解到地中排水工法的重要性。透過此自動化設計，並搭配科技螢幕使用，可有效改善解說員操作展演教具的困難度，在解說時有更充足的時間且能更加多元的介紹坡地災害現象成因、監測系統與整治工法之防災教育理念。

五、科技輔助畫面

科技輔助畫面設置的目的是方便與參觀者進行更佳의 互動與體驗、提供更豐富且完備的學習資源，同時也可進行教學活動與學習回饋調查等工作。為融入教育部 108 年新課綱-「以素養教育為主」之概念，科技輔助畫面之內容參考 STEAM 教育之教學順序進行編排，規劃科技輔助畫面內容為：(1)災害體驗區；(2)問題

探索；(3)防災法寶箱；(4)生活應用；(5)自我評量；與(6)STEAM專區。以下針對科技螢幕預計扮演角色所設計的內容，進行說明。

(一) 災害體驗區

STEAM教育注重學童對於現象的觀察，因此本計畫設計「災害體驗區」-提供多部真實坡地災害影片與動畫，讓學童觀察真實災害現象的發生，加深學童對於災害事件的印象，並藉此引導學童思考、學習各式災害類型之差異與認識各項坡地災害因子。

(二) 問題探索

坡地災害現象觀察完後，應引導學童思考坡地災害發生之要素，據此，本計畫於互動式科技畫面中設計「問題探索」專區，該專區將提供多項坡地災害相關因子之學習資源，讓學童能透過此專區自我建構出正確的坡地災害發生可能要素。

(三) 防災法寶箱

當學童瞭解坡地災害發生的各種因子後，對於坡地災害可能的解決整治方式也需要充分理解與學習，因此本計畫設計「防災法寶箱」學習專區，該專區將介紹各種抑制與抑止工法的原理與功用，此外，本年度(109 年度)計畫吸取前兩代計畫之經驗，發現計畫中較少提及監測設備相關內容，然而坡地災害監測系統對於瞭解崩塌機制、規模與預警扮演重要角色，據此，本計畫於「防

災法寶箱」專區內設置了各種坡地監測設備的內容與介紹(如地下水位觀測井、傾斜管、地表變位儀等)，以此擴增本教具的學習資源，讓學童能從大規模崩塌發生機制到工程整治，乃至坡地安全監控均能有所理解。

(四) 生活應用

為落實 STEAM 教育之生活應用方面，學童在學習完本教具之坡地災害相關知識後要能夠將所學吸收並應用於生活，據此，本計畫提供擋土牆、排水溝等工程結構物之簡易檢查方法(以照片與示意圖方式呈現)，讓學童能在汛期前留意住家附近坡地防災工法是否出現無法發揮功效之情事；此外，為加強災害發生時離災的概念，本計畫於互動式科技畫面中設計「防災警戒停看聽」專區。學童能透過該專區觀察教具之累積降雨量、地下水位高度、與含水量等因子，並從中觀察各因子間之時序變化與地滑發生之關聯性，同時，本計畫於此專區設置蜂鳴器功能，當地下水位高度高於警戒值時，蜂鳴器將響起(危險警報)，隨後教具地滑塊體將滑落，學童可透過此情境瞭解到警報與離災的重要性，進而落實本教具欲傳遞之全民自主防災、離災等概念。

(五) 自我評量

本計畫建置「自我評量」專區，建立學習單並檢測學童經過

解說後是否能夠瞭解大規模崩塌相關知識，例如：什麼是大規模崩塌？大規模崩塌的預兆是什麼？哪些因素會造成山崩？如何減緩大規模崩塌發生？有哪些保護坡地的工法？等問題，而此學習單也可作為現場有獎徵答時重要之互動平台。

(六) STEAM 專區

STEAM 教育是一種跨學科整合的教育方式，在真實的情境下，融合科學(Science)、科技(Technology)、工程(Engineering)、數學(Mathematics)、和藝術(Arts)，透過工具與科技，運用創意設計思維，邊做邊學探究教育。本計畫設計之互動式科技畫面內容係以 STEAM 教育之基本概念為骨架，並將坡地災害相關知識做為教學內容所編製而成。「STEAM 專區」內設計以綜整式表格呈現本計畫如何讓 STEAM 概念融入本計畫教具中，對於 STEAM 教育有興趣者可透過該專區資源取得更多本計畫與 STEAM 之相關資訊。

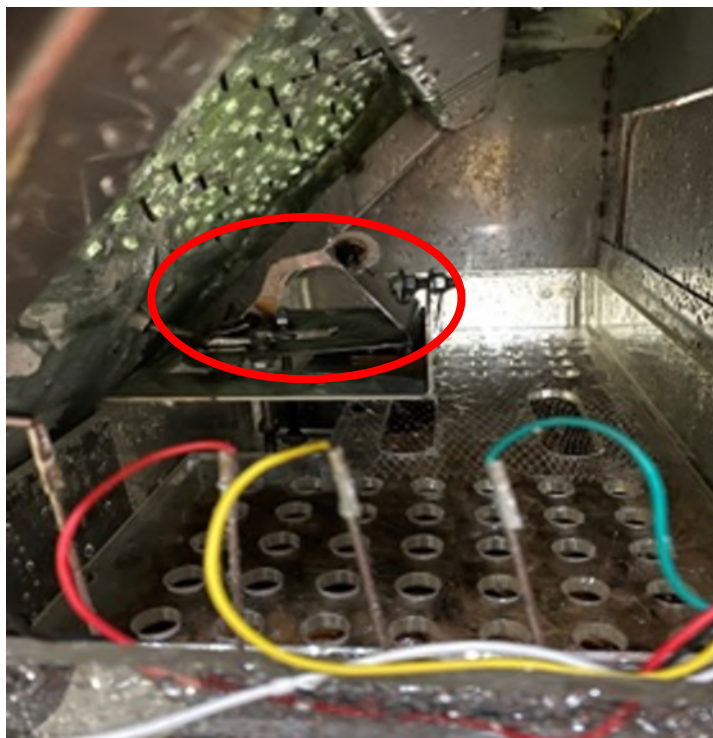


圖 2-6 108 年度教具-崩塌塊體滑落觸動裝置

資料來源：地滑地搶救大作戰互動教具研發2.0 (2019)

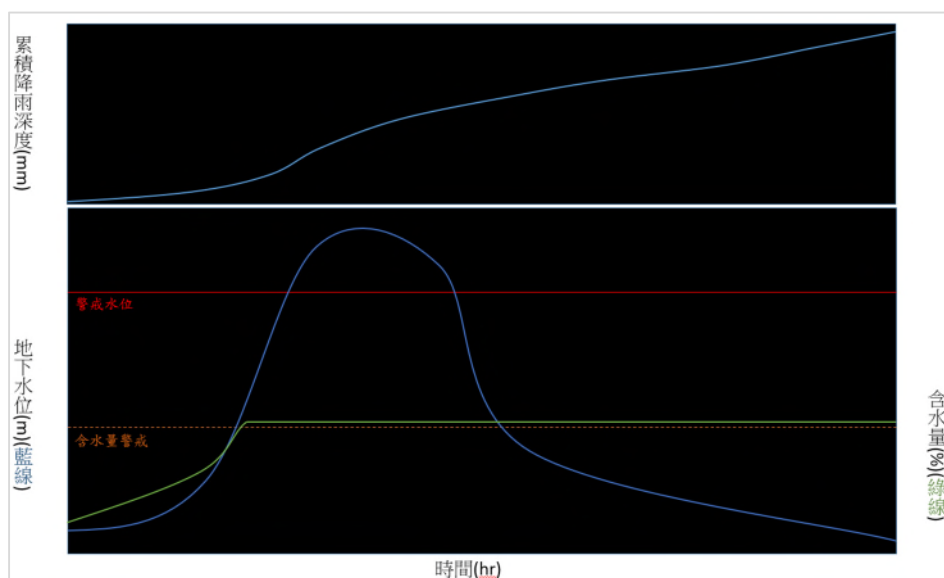


圖 2-7 連續記讀式水位感測示意圖

資料來源：本計畫整理

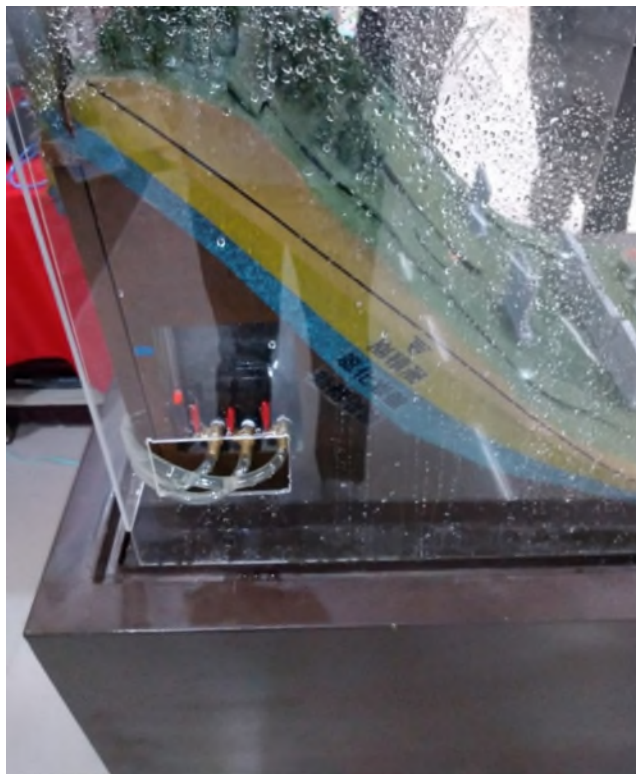


圖 2-8 108 年度教具-手動式地中排水系統

資料來源：地滑地搶救大作戰互動教具研發2.0 (2019)

第三節 互動式教具內部地層功能建置

降雨落下之水滴入滲至坡體內，水滴會由土壤、岩石間橫向或向下流動，當水不斷向下滲漏直至一堅硬或充滿泥質之不透水層時，水分會開始蓄積在該不透水層上，當該區域積累過多的地下水於崩塌滑動面上時，將可能引發塊體滑動。為了讓學童能更簡單的理解上述地層滑動發生背後的機制，本年度計畫以去年度(108 年度)設計之地層模擬套組為基礎(圖 2-9)，依據實際地層狀況進行模擬設計，透過人造礫石等材料，創造顆粒間之孔隙空間，製作實際地質狀況模擬，模

擬岩層孔隙、岩層透水狀況，以提升本教具於地層建構上之真實性。

本計畫規劃三個不同尺寸大小之人工礫石來組成三種不同孔隙的地層，礫石由大至小分別模擬崩積層、風化岩盤與新鮮岩盤等三種不同地層結構透水性，此由上至下地層剖面為一般崩塌地常見的地層剖面樣態。本計畫預計產製每種粒徑礫石各三組地層，共計九組地層，挑選任意三組地層，可任意組合地層垂直剖面，搭配降雨模擬模組，可讓學生了解不同地層剖面組合，對地下水蓄積能力之影響，進而學習此影響與崩塌發生之關係。



圖 2-9 108 年度教具-地層模擬套組

資料來源：地滑地搶救大作戰互動教具研發2.0 (2019)

第四節 互動式教具工法整治與安全監測系統建置

工法整治與安全監測系統是減緩災害發生最重要的兩件工作，也是工程師解決此災害問題重要手段，然而過去的學習資源多以災害現象觀察為主，少數會輔以工法介紹，但多以靜態方式展現，如此較無法吸引學童注意力，使水土保持防災教育宣傳效果有限。據此，本計畫教具以強化互動性與吸引力為主要目標，於整治工法部分設計出抑制(地表與地下排水)與抑止(擋土牆、排樁、地錨、格梁護坡等)工法模擬套組(如圖 2-10)，讓學生藉由手動配置不同水土保持設施組合，結合觸動螢幕輔助畫面，思考如何降低地層滑動風險，並尋找最經濟效益防治方式。安全監控系統部分則設計出一系列監測設備實體模型包含：雨量計、監測螢幕、太陽能板、地下水位觀測井、地表變位與地中變位等，透過教具提供之監測設備模型與科技輔助螢幕上之實際監測設備照片與介紹，讓學童及參展民眾能更加清楚瞭解坡地防災監測設備內容與功用，進而提升全民自主防災概念。而以上工法與監測系統模組的功能也是落實 STEAM 教育理念的動手做與解決問題能力培養的學習。



圖 2-10 108 年度教具-工法模擬套組(由上至下分別為地錨、排樁、與
格梁護坡)

資料來源：地滑地搶救大作戰互動教具研發2.0 (2019)

第五節 教材製作

依據前述互動式教具模型建置成果，本計畫在教材製作部分共規劃以下三個教材製作主軸：

一、 互動教具功能說明與使用操作手冊

手冊內容包括智慧化大規模崩塌互動式教具模型整體功能說明與操作方式，其中，功能部分包含降雨模擬系統、智慧化感測系統(系統包含地下水位感測系統、蜂鳴器、塊體觸落系統、含水量感測系統與地中排水系統)、整治工法配置模組(抑制與抑止等工法項目)與安全監測系統等，而操作手冊則著重在教具如何拆解、組裝、收納與互動教具講解操作的流程。

二、 學生版的學習手冊與教師版教學指導手冊

本計畫手冊的內容規劃四大學習主軸，包含地滑現象觀察、地層真實狀況與地下水之認識、整置工法配置遊戲與監測系統認識、地下水位觀察與自主防災觀念建立等四大主軸(圖 2-11)。

藉由四大主軸的理念規劃編輯學生板與教師版實體教材，在學生版的學習手冊係以較簡易的內容為主，主要搭配科技螢幕展示平台的內容進行編輯，而老師版的授課指導手冊，內容較深入，且納入動手作的課程內容，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、 教具海報與 DM 製作

教具海報製作主要搭配實體教具提供水保知識教學展示使用，利用海報製作進行介紹互動教具所涵蓋的水土保持及防災整治相關知識。圖 2-12 為 108 年度針對學童教育訓練所製作之海報，本計畫規劃再納入新教具之內容與功能，重製適當之推廣海報，以此增添參展民眾水保知識之學習效果。而 DM 的製作則會搭配大局的參展活動製作，例如：教育部舉辦之 2020 防災校園大會師活動，本計畫搭配主辦單位的活動手冊製作本教具的 DM，如圖 2-13。

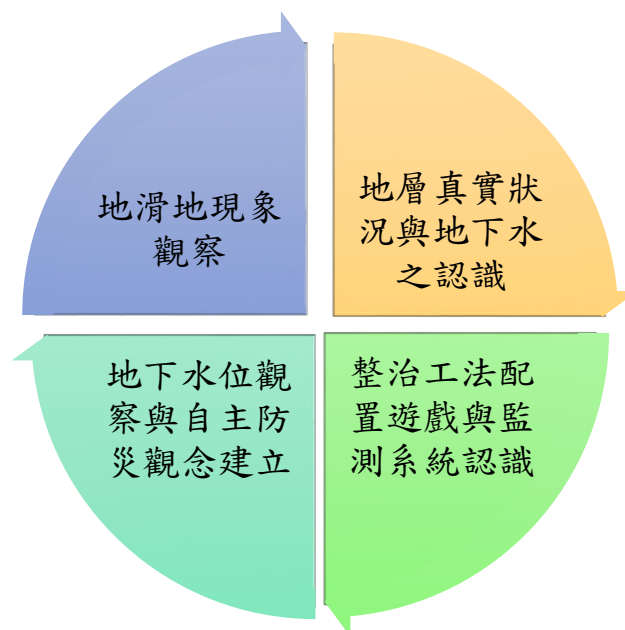


圖 2-11 教材四大主軸說明圖

資料來源：本計畫整理



圖 2-12 108 年度教具-教材 (海報)

資料來源：地滑地搶救大作戰互動教具研發2.0 (2019)

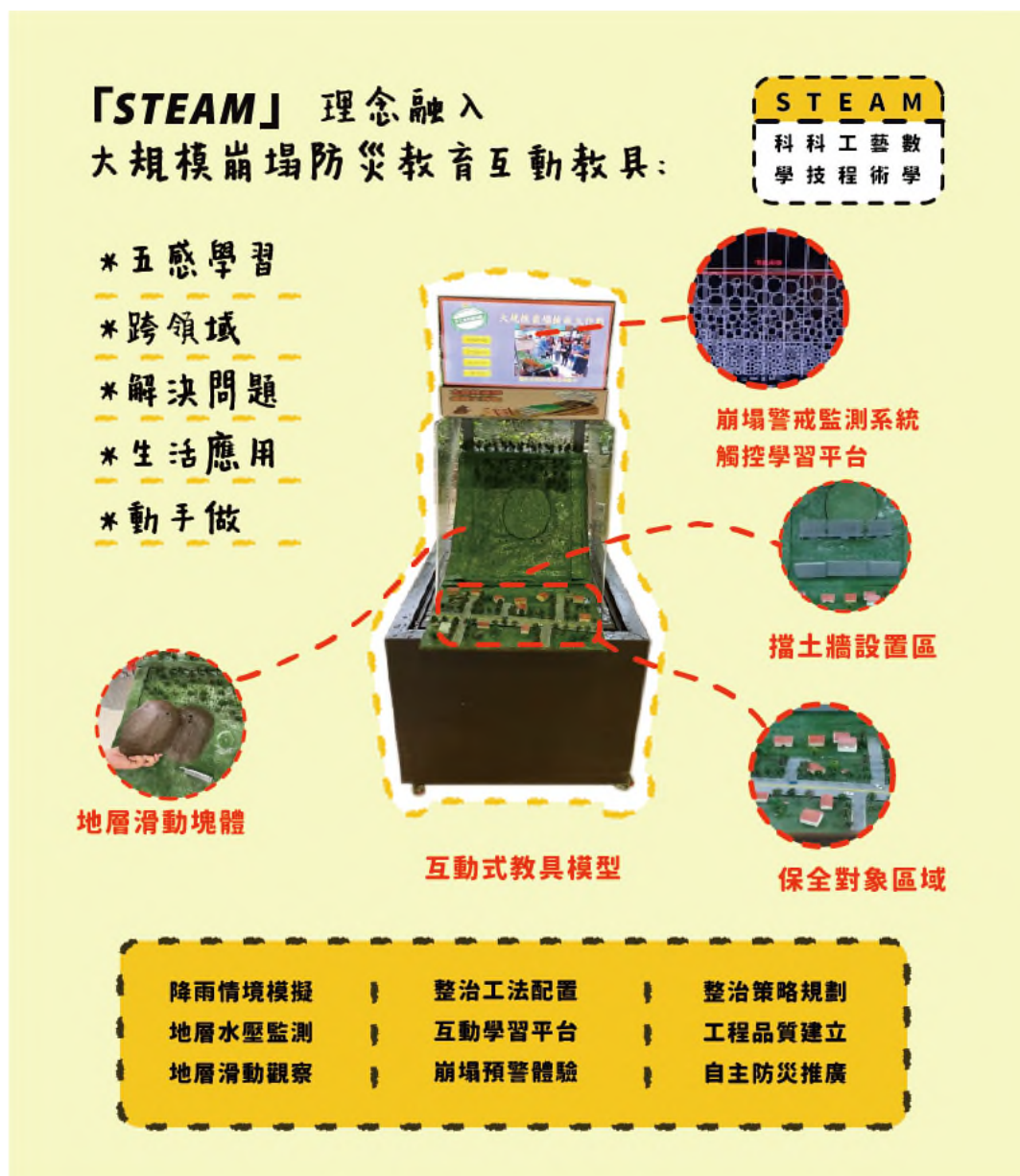


圖 2-13 2020 防災校園大會師參展 DM

資料來源：本計畫整理

第六節 配合水保局參加水保教育與推廣活動

為讓教具發揮最大知識傳遞功效與維持本教具教育擴散效益，本計畫配合大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，而參展的教具(既有教具或是最新開發之教具)將視推廣活動的時間與新教具完成時間相互安排，教具完成前的參展場次會以既有教具進行參展。本年度計畫規劃配合大局參加5場國內防災科普教育活動，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 辦理一場最新開發教具推廣活動

坡地災害的侵襲是不分年齡族群，因此防災知識的學習是各種年齡族群皆有需要，如此才能運用全民力量共同抵禦氣候變遷下的各種坡地災害。然而水保局過去參展活動主要以接觸國小學生、老師與一般家長為主，較少接觸到大學生與研究生之族群參觀，為了將水保知識傳遞至其他年齡層的族群，故本年度計畫針對此新的年齡層的學員進行推廣，針對國立臺灣海洋大學的學生為對象，整合本年度計畫所有執行成果，辦理一場教具推廣活動，讓學生有機會對本計畫製作之教具進行學習與操作，將大規模崩塌知識深耕於此族群，並藉此蒐集

這一年紀族群的學習成效。

第八節 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，包含前期計畫協助大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，可能較無法確切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，本計畫將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，規劃題目則如下所示：

- (1) 你是否已經清楚瞭解大規模崩塌的情形和發生原因？
- (2) 你是否已經清楚瞭解大規模崩塌災害可透過用各種工法降低災害的影響？
- (3) 你是否已經清楚知道自主防災，可減少災害的發生與降低災害的破壞？
- (4) 你是否贊成做好水土保持的重要性？
- (5) 你是否已經瞭解離災的重要性？

此外，調查時連同填表者年紀一併調查，且提供問券表 QR CODE，供民眾掃描直接利用手機線上回答，針對不具手機的學童，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大局辦理教具推廣活動，項目包含：(1) 大規模崩塌互動式教具外觀模型製作；(2) 智慧化大規模崩塌互動式功能建置；(3) 大規模崩塌互動式教具內部地層功能建置；(4) 大規模崩塌互動式教具工法整治與安全監測系統建置；(5) 教材製作；(6) 配合水保局參加水保教育與教具推廣活動；(7) 辦理一場最新開發教具推廣活動；(8) 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 互動式教具外觀模型製作

地滑地互動式教具模型建置工作主要分為六大項目：(1)教具基礎結構建置；(2)基礎地滑地造型建置；(3)儲水系統建置；(4)內部儲水槽建置；(5)模型外觀加工；(6)教具拆卸與收納功能版本建置。本計畫已完成教具模型建置所有工作項目，各項目詳細說明如下：

(1)教具基礎結構建置：模型整體結構包含坡面、基座(圖 3-1)、與模擬地層蓄水狀況之內部水槽(圖 3-2)。坡面模型基礎結構以不鏽鋼材質製作，可有效提升防水功能；教具檯座以木材製成，並在檯座外側上漆藉此增加教具質感。

(2) 基礎地滑地造型建置：地滑地坡體以 3D 列印進行製作，採用玻璃纖維材質，並於表面塗製防水漆，如此可降低教具模型總重量與防止教具坡面受到水流的侵蝕，進而達成運輸便利性與增加模型耐久性之能力，坡面製作成果如圖 3-3 所示。此外，本年度教具 3D 列印之崩塌地選定為嘉義油車寮崩塌地，根據嘉義縣油車寮崩塌地崩塌機制研究[4]指出，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，其崩塌地潛勢邊坡滑動範圍約 168 公頃、坡面滑移約 40 公尺，符合本計畫欲傳達之大規模崩塌定義，且該崩塌地具有如崩崖、圓弧形滑動體、坡趾隆起及沖蝕溝等深層崩塌地形特徵。綜合上述，該崩塌地經評估後適合作為深層崩塌教材供民眾學習。據此，本計畫採用該崩塌地具有較多深層崩塌特徵之滑動區塊作為本計畫之教具坡面，面積約 15 公頃，將其按比例縮小成 75 cm x 55 cm 之坡面，保留該坡面原有之崩塌特徵並在上面增添額外教學內容如抑制與抑止工法及各監測設備等。藉由更加貼近真實的模擬地滑地地貌，呈現完整崩塌災害現象於參觀展覽之民眾，進而提升本教具之教育涵養。此外，為了增添大規模崩塌中關於淺層崩塌災害類型知識，於教具坡體上設置小型崩塌塊體，來代表淺層崩塌塊體，豐富教具的防災教育元素。

- (3)儲水系統建置：本計畫儲水系統為隱藏式儲水桶，儲水桶的設計將能有效節省空間、降低教具重量與需水量。儲水桶之水將透過抽水馬達提供教具降雨模擬系統所需用水，且可回收地滑地坡體經地表逕流、入滲、與排水溝排出的水，使教具模型成為一個雨水循環系統。
- (4)內部水槽建置：在相同降雨強度下，地下水位的上升速率會因為地層結構的透水性而有差異，同時地下水位上升越快，坡地的穩定性就會隨之加速弱化坡地之穩定度。本計畫利用內部水槽模擬坡地地層狀況並呈現出上述之概念，內部水槽使用壓克力材料製作，用於收集並儲蓄模擬降雨產生之入滲水量。同時，為讓學童方便觀察，水槽內裝設地下水位與含水量感測裝置，透過感測裝置可將內部水槽模擬之地下水位與含水量資訊顯示於教具之互動式科技螢幕上，讓學童能透過螢幕上顯示之數據，觀察即時兩參數變動，且理解兩因子對於地層穩定度之關聯性。
- (5)模型外觀加工：為提升教具教育意義，本計畫於3D列印之擬真崩塌地上添加多項教育資源，其中包括：地滑塊體、淺層崩塌塊體、地表排水渠道、整治工法互動區(圖 3-4)、監測設備教育資源專區(圖 3-5)等。
- (6)教具拆卸與收納功能版本建置：本計畫為配合大局參與各式展覽

活動，教具設計為可拆卸型式(圖 3-6)，並透過整合部分拆卸元件，藉以降低教具拆裝耗時，達到運輸效益最大化。此設計除降低教具運輸成本外，亦能將教具安裝與拆卸的時間大幅縮短，有效改善 108 年度教具安裝與拆卸時間過長的問題。



圖 3-1 上方模型主坡體與下方模型基座 (攝於 109/08/31)

資料來源：本計畫整理

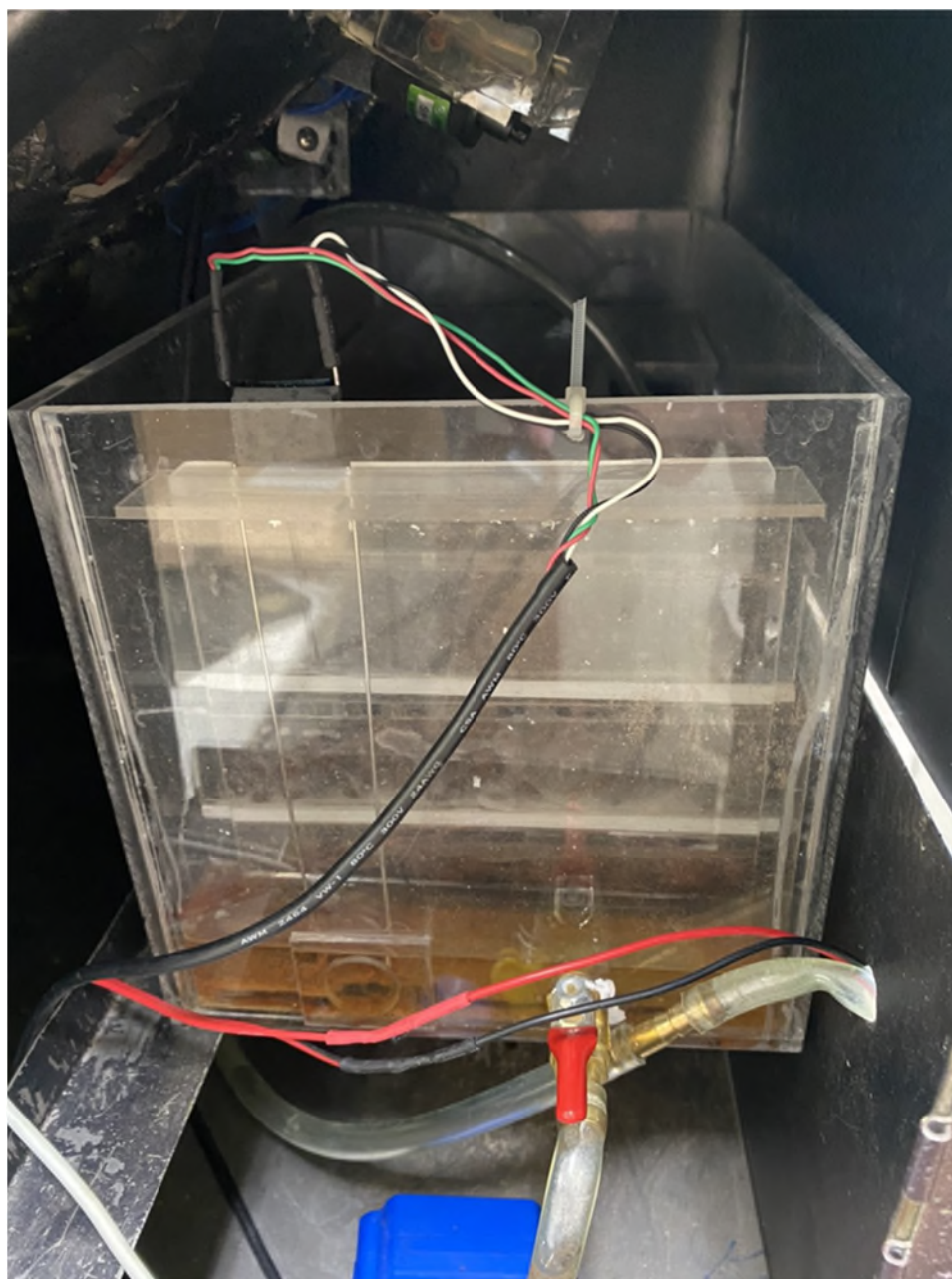


圖 3-2 教具內部水槽(攝於 109/08/31)

資料來源：本計畫整理



圖 3-3 透過 3D 列印建置之地滑坡面(攝於109/07/07)

資料來源：本計畫整理



圖 3-4 教具坡面增添工法套組(攝於 109/08/31)

資料來源：本計畫整理



圖 3-5 於教具坡體建置監測設備模組(攝於 109/08/31)

資料來源：本計畫整理



圖 3-6 教具可拆卸收納設計(攝於 109/07/07)

資料來源：本計畫

第二節 智慧化地滑地互動式功能建置

STEAM教育需提供學童現象的觀察，並誘導學童思考現象背後的問題核心，最後嘗試透過自身能力解決問題。本計畫設計之智慧化互動式系統能提供學童一連串的學習資源，從地滑現象觀察、探索地滑因子，到透過工法與坡地監測系統解決問題，將能提供學童完整且活潑的學習體驗，教具智慧化互動式系統所提供之學習資源可分為三階段，分別為(1)降雨與監測；(2)警戒與地滑發生；(3)地中排水。各項目詳細說明如下：

一、降雨與監測：

為營造大規模崩塌發生前的降雨事件，教具互動式科技畫面之「防災警戒停看聽」單元內可選擇小雨、中雨、與大雨3種降雨強度(圖3-7)，並於上方灑水槽向坡面灑水(如圖3-8)模擬降雨狀況。為讓學童能更清楚的觀察到降雨量、地下水位高度、與含水量等坡地災害相關因子之時序關係，教具內部水槽中裝設連續記讀式水位與含水量感測器，感測器所記錄之數值將呈現在互動式科技畫面之監測畫面(防災警戒停看聽)內。透過觀察累積降雨深度、地下水位高度、與含水量三項數值之時序變化，學童可以透過觀察監測畫面之數值變動趨勢，瞭解到雨量會是影響地下水位與含水量之上升速度原因之一。

二、警戒與地滑發生

降雨事件發生後，地下水位將不斷上升，當水位上升至預先設計之警戒值時，教具之蜂鳴器將會響起；當水位繼續上升至預先設計之水位值時，地滑事件將會發生。除此之外，淺層崩塌亦會對保全區域居民的生命財產造成相當嚴重的迫害，因此本計畫為提供淺層崩塌災害的相關知識，故於教具坡體建置土壤含水量提升引致淺層崩塌之境。當教具監測之含水量高於該設計值時，淺層崩塌將會發生，滑動塊體如圖3-9所示。此外，經前兩代教具經驗，地滑塊體滑落系統不論採用水壓式或機械式滑落，都偶爾會出現塊體無法在指定時間點滑落之狀況，據此，本年度改用自動式塊體滑落系統，該系統係以電磁原理進行設計，平時地滑塊體與淺層崩塌塊體放置教具坡面上，當內部水槽之地下水位與含水量高出預先之設計值時，教具內部塊體滑落系統將會通電形成一電磁場，並利用不同極相吸原理將教具內之鐵棒吸附而彈出，彈出之鐵棒將分別推動淺層崩塌與地滑塊體，並使之從地層上滑出，形成塊體滑落之現象，藉此改善前兩代教具塊體滑落之缺失。自動式塊體滑落系統需配合教具內部水槽中之地下水位與含水量感測器(圖3-10)，當感測器所監測到之地下水位與含水量高過原先設計之數值時，將會分別發生地滑災害與淺層崩塌兩現象，透過此一設計，於教具展示時將能更加精確的呈現出本教具欲傳達之現象以供

民眾與學童觀察。

三、地中排水

當學童觀察完教具展演之地滑與淺層崩塌兩種災害情境後，可以瞭解地下水位與坡地災害發生的關聯性，並體會到坡地排水的重要性。

因此，本計畫於教具建置地中排水系統功能，排水系統係利用科技輔助畫面進行控制，可自由選擇開啟或關閉排水系統。當開啟排水系統時，可以有效降低地下水位高度，減緩地滑現象的發生。民眾亦可透過監測螢幕上地下水位的高度變化，瞭解到地下水位高度與坡地穩定性之關係以及地中排水工法的重要性。

四、科技輔助畫面

為配合教育部 108 年新課綱「以素養教育為主」之概念，本計畫建置一套科技輔助畫面，該互動式科技畫面之內容設計、編排均以 STEAM 教育理念之教學順序與重點進行[5] (如圖 3-11)。此外，為提供學童更佳的互動體驗與更豐富且完備的學習資源，科技輔助畫面增添多部坡地災害真實影片、坡地災害形成因子、整治工法與監測設備介紹等。科技輔助畫面建置成果如下：

(一) 災害體驗區

STEAM 教育內涵第一步為「現象的觀察」，於科技輔助畫面

中規劃「災害體驗」專區(圖 3-12)，提供崩塌、地滑、土石流三種災害之實際影片，讓一般學生與民眾不知何種類型災害下點擊觀看並體驗真實坡地災害現象。此外，專區內有崩塌、地滑、土石流三種災害之動畫短片資源，透過動畫呈現災害的方式，讓學童能以較容易理解的方式進行學習。透過現象的觀察，學童對於災害事件能有深刻的印象，而後針對各災害類型進行基本介紹，讓學童能建立各類坡地災害之基本知識，並學習大規模崩塌之判斷依據。

(二) 問題探索

坡地災害現象觀察完畢後，STEAM 教育鼓勵學童運用自身所學之知識找尋問題之所在，據此，本計畫於科技輔助畫面設計「問題探索」專區(圖 3-13)，藉此提供多項坡地災害發生之正確與錯誤因子，提供學童建構災害發生成因的機會。本計畫設計之正確因子有：(1)地質、(2)土壤透水性、(3)土壤含水量、(4)地下水位、(5)降雨；錯誤因子有：(1)乾旱、(2)大聲講話、(3)強風、(4)火災。且各正確之坡地災害發生因子均有提供學習資源，學童在找到正確因子後便能學習並瞭解該因子與坡地災害之關聯性。

(三) 防災法寶箱

當學童瞭解坡地災害發生的各種因子後，需加深學習如何解

決坡地災害，因此本計畫設計「防災法寶箱」學習專區(圖 3-14)區涵蓋整治工法與監測系統兩大項目，分別介紹了 7 種整治工法(分別為擋土牆、地錨、隔樑護坡、排樁工法、集水井、地中排水系統、地表排水系統)與 5 種監測設備(分別為雨量筒、傾斜管、太陽能板、地下水位觀測井、與地表變位儀)，其中整治工法又可分成 3 種抑制工法(地表、集水井、地中排水系統)與 4 種抑止工法(擋土牆、地錨、隔樑護坡、與排樁工法)。將抑制與抑止等兩大類型工法，透過簡易的圖示與實際工法照片輔助，引導學童思考、學習如何透過適當工法解決此地滑災害，藉此落實 STEAM 教育理念的問題解決能力之素養培育。此外，坡地災害監測系統對於瞭解崩塌機制、規模與預警扮演重要角色，納入坡地監測系統的逐項說明，以此擴增參觀者的學習資源，讓學童能從大規模崩塌發生機制到工程整治，乃至坡地安全監控均能有所理解。

(四) 生活應用

除了瞭解坡地災害防治與監控方法外，將災害防治的觀念應用於生活中亦非常重要，據此，本計畫提供擋土牆、排水溝等坡地整治工法簡易檢查方法之照片(圖 3-15)讓學童能將所學應用於自身環境週遭；此外，為加強災害發生時離災的概念，本計畫於互動式科技畫面設計「防災警戒停看聽」專區(圖 3-16)，該專區

記錄教具之即時累積降雨量、地下水位高度、與含水量，當地下水位高度高於預先設定之警戒值時，蜂鳴器將響起並隨後觸發地滑塊體滑落，藉此模擬真實地滑預警系統之情境。透過嶄新的智慧化功能，可以即時觀測與地滑現象相關地物理量，藉此讓學童更直覺瞭解災害發生原因與災害管理之重要性，進而落實本教具欲傳遞之全民自主防災概念。

（五）自我評量

經一連串地滑相關知識學習與瞭解全民自主防災概念後，參展民眾與學童皆能透過「自我評量」專區所提供之簡易問答題，針對先前學習到的坡地災害知識進行複習，以此鞏固本教具知識傳遞、紮根能力。此外，該專區亦可作為現場有獎徵答時之互動平台使用。設計之成果如圖 3-17 示。

（六）STEAM 專區

STEAM 專區主要傳遞本教具如何融入 STEAM 教育理念，STEAM 教育是一種跨學科整合的教育方式，在真實的情境下，融合科學 (Science)、科技 (Technology)、工程 (Engineering)、數學 (Mathematics)、和藝術 (Arts)，透過工具與科技，運用創意設計思維，邊做邊學探究教育。民國 108 年推行的 12 年基本國民教育新課綱-以『素養教育為主』為目標，欲利用 STEAM 教育理念激發學生的邏輯

思維、問題解決、創新、合作等能力，培養學生成為未來社會需要的人才。據此，本計畫所設計之教學內容以「STEAM」作為核心概念，學童可透過本教具觀察地滑現象，並透過教具的螢幕教學資源與人員的介紹後，讓學童思考應如何解決地滑問題，冀望透過一連串循序漸進的學習資源讓學童從中學習到發現問題並解決問題的能力。本計畫綜整出兩張表，描述教具內資源所對應之STEAM元素，教具與STEAM各主題之關聯性為：(1)S科學：學習大規模崩塌發生的成因與機制；(2)T科技：學習監測設備的操作與訊號的判讀；(3)E工程：學習整治工法的功用與原理；(4)A藝術：美感融入工程，創造出更好的價值；(5)M數學：計算不同降雨強度與地下水位上升至警戒水位所需時間之相對關係(表3-1)。教具資源與STEAM五大目標之關聯性為：(1)跨領域：防治大規模崩塌問題，須結合水文、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；(2)動手做：各式防災工法組裝、地下水警戒水位觀察等功能，均可由學童自行操作；(3)生活應用：「生活應用」專區提供自主防災與監測等概念，可透過此學習如何辨識住家附近崩塌發生前之徵兆與離災的概念；(4)解決問題：教具提供工法操作模組，可提供多種崩塌災害防治之解決方案；(5)五感學習：教具備有地滑情境觀察、整治工法操作、與水位警報等學習資源，提供學童仿真的學習體驗(表3-2)。

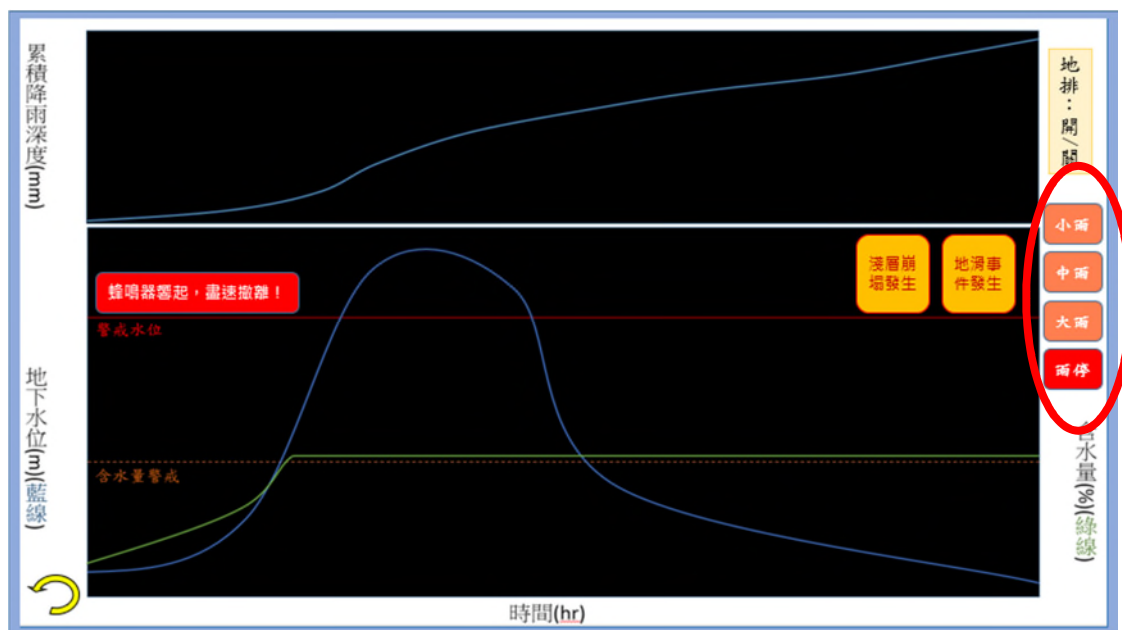


圖 3-7 109 年度教具-降雨系統開關(攝於 109/07/07)

資料來源：本計畫整理



圖 3-8 教具降雨灑水槽(攝於 109/07/07)

資料來源：本計畫整理



圖 3-9 淺層崩塌(紅框)與地滑(藍框)塊體 (攝於 109/07/07)

資料來源：本計畫整理

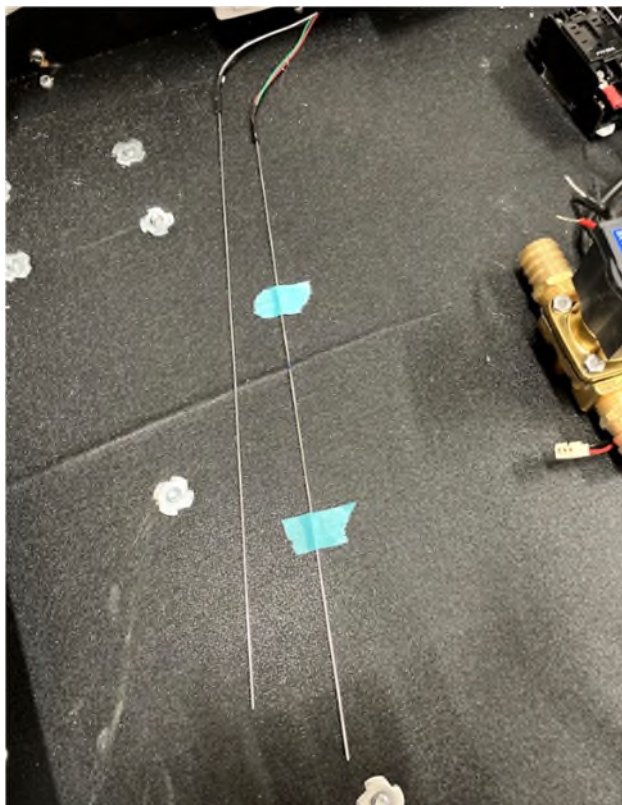


圖 3-10 地下水位與含水量感測器 (攝於 109/07/07)

資料來源：本計畫整理



圖 3-11 互動科技畫面-首頁

資料來源：本計畫整理



圖 3-12 互動式科技畫面-「災害體驗區」

資料來源：本計畫整理



圖 3-13 互動式科技畫面-「問題探索」專區

資料來源：本計畫整理

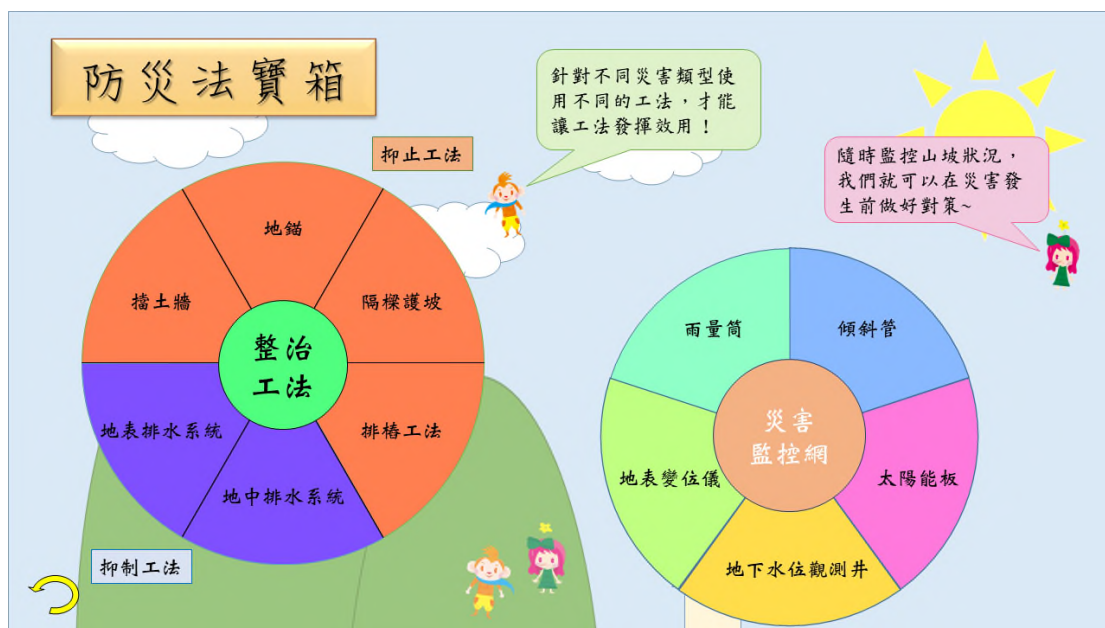


圖 3-14 互動式科技畫面-「防災法寶箱」專區

資料來源：本計畫整理



圖 3-15 互動式科技畫面-「自主防災」資源

資料來源：本計畫整理

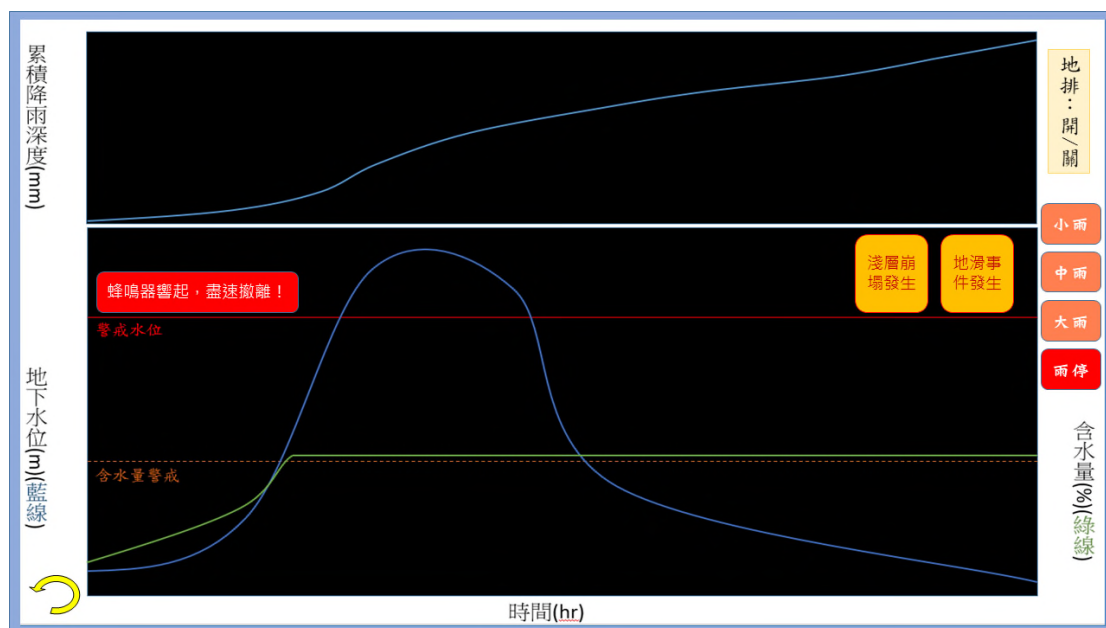


圖 3-16 互動式科技畫面-「防災警戒停看聽」資源

資料來源：本計畫整理



圖 3-17 互動式科技畫面-「自我評量」專區

資料來源：本計畫整理

表 3-1 教具資源與 STEAM 各主題之關聯性

技巧學習	
S 科學	學習大規模崩塌發生的成因與機制。
T 科技	學習監測設備的操作與訊號的判讀。
E 工程	學習整治工法的功用與原理。
A 藝術	美感融入工程，創造出更好的價值。
M 數學	計算不同降雨強度與地下水位上升至警戒水位所需時間之相對關係。

資料來源：本計畫整理

表 3-2 教具資源與 STEAM 五大目標之關聯性

技巧學習	
跨領域	防治大規模崩塌問題，須結合水文、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。
動手做	各式防災工法組裝、地下水警戒水位觀察等功能，均可由學童自行操作。
生活應用	「生活應用」專區提供自主防災與監測等概念，可透過此學習如何辨識住家附近崩塌發生前之徵兆與離災的概念。

解決問題	教具提供工法操作模組，可提供多種崩塌災害防治之解決方案。
五感學習	教具備有地滑情境觀察、整治工法操作、與水位警報等學習資源，提供學童仿真的學習體驗。

資料來源：本計畫整理

第三節 互動式教具內部地層功能建置

地下水位上升速率快慢與該區地層之孔隙大小有關，在相同降雨強度下，地層孔隙率越小地下水位積蓄速度越快，孔隙越大則地下水位積蓄速度較慢。為將此一概念呈現於民眾眼中，本計畫製作3種不同孔隙大小之地層模擬套組各3個(圖3-18)，該地層模擬套組需裝設於教具內部水槽中，且可自行選擇不同孔隙之地層組合出欲模擬之地層狀況。該地層模擬套組外殼採壓克力板設計，藉由壓克力板防水與透明之特性，讓學童可以觀察不同孔隙組合下對於地下水位上升之影響，將水土保持小小工程師的「觀察與思考」理念進一步帶入，提升學生感受度與知識吸收效果。此外，為達到虛實連結的教育成效，本計畫取用107年度鑽孔取得之岩心樣本，裁切並製作岩心展示盒(圖3-18)，讓學生有機會觸摸地下岩芯，藉此提供學生了解真實地質情形與模樣，達成本計畫虛實合一的目標。



圖 3-18 岩心模擬套組與岩心展示盒 (攝於 109/09/15)

資料來源：本計畫整理

第四節 互動式教具工法整治與安全監測系統建置

本計畫已於互動式教具製作兩套輔助教學模組，第一套為工法整治模組，該工法整治模組包含崩塌地整治之抑止工法及抑制工法，其中抑止工法以擋土牆、地錨、格梁護坡及排樁工法四種工法(圖 3-19)為代表，而抑制工法則為地表排水工法及地中排水工法，讓學童藉由手動配置不同水土保持設施組合，結合觸動螢幕輔助畫面，思考如何降低地層滑動風險，藉此尋找最有效的坡地整治方式。第二套為安全

監控系統模組，此模組為一系列監測設備實體模型包含：(1)雨量計(圖 3-20)、(2)監測螢幕(圖 3-21)、(3)太陽能板(圖 3-22)、(4)地下水位觀測井(圖 3-23)、(5)地表變位計(圖 3-24)與(6)地中傾斜儀(圖 3-25)，透過教具提供之監測設備模型，以及科技輔助螢幕所呈現的實際監測設備照片與介紹，讓學童及參展民眾能更加清楚瞭解坡地防災監測設備內容與功用，進而提升全民自主防災概念。上述整治工法與監測系統兩大模組的功能主要係落實 STEAM 教育理念中「培養帶得走的能力」，藉此模組讓學童自主操作學習，建立解決問題的能力。



圖 3-19 各工法模組照片(攝於 109/08/04)

資料來源：本計畫整理



圖 3-20 雨量計模型 (攝於 109/08/14)

資料來源：本計畫整理

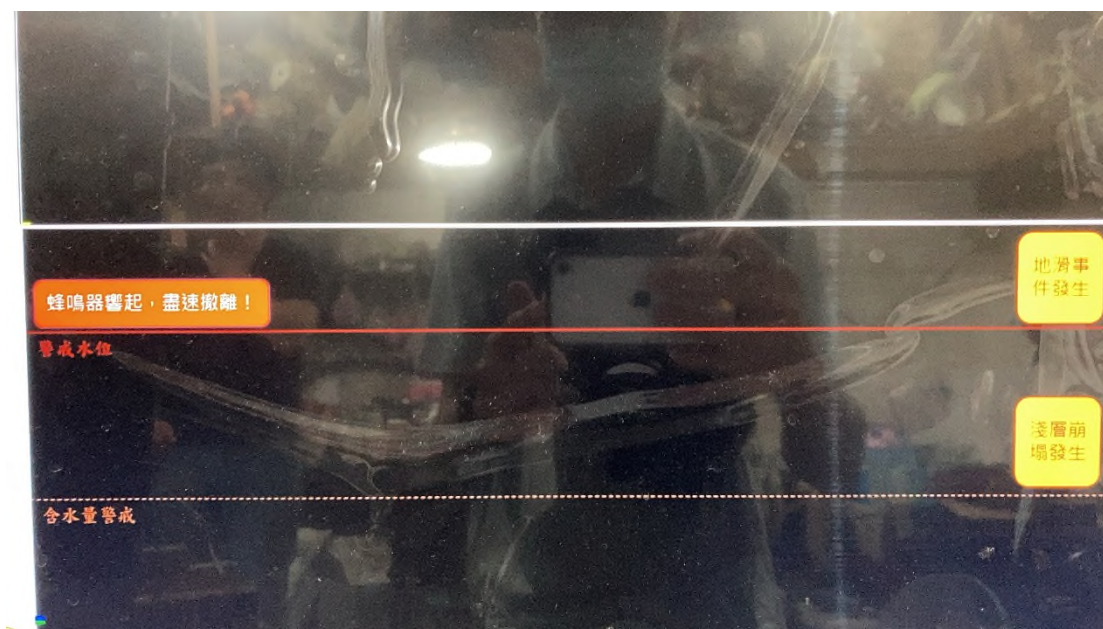


圖 3-21 監測螢幕照片(攝於 109/08/14)

資料來源：本計畫整理



圖 3-22 太陽能板模型照片(攝於 109/08/14)

資料來源：本計畫整理



圖 3-23 地下水位觀測井照片(攝於 109/08/14)

資料來源：本計畫整理



圖 3-24 地表變位計照片(攝於 109/08/14)

資料來源：本計畫整理



圖 3-25 地中傾斜儀照片(攝於 109/08/14)

資料來源：本計畫整理

第五節 教材製作

為了讓教師在操作互動式教具時能擁有完整且豐富的教學效果，本計畫蒐集前期計畫教材製作成果、配合大局參展之經驗、與 108 年度課綱推廣之 STEAM 素養教育理念，作為本計畫製作推廣教材之參考資料。教材設計四大方向，以提供教師與參展團隊教學輔助使用，教材四大方向包含：(1)現象觀察、(2)問題探索、(3)監測設備與整治工法學習、與(4)自主防災技巧學習。透過教材資源配合互動式教具操作學習，能夠提升學生的感受度，讓互動式教具的教學活動更加完整且深植人心。

據此，本計畫教材製作以四大方向為基礎，並依據教育訓練的對象不同，分別為學童與教師設計兩套學習教材及一套教具操作圖文說明。學童教材設計之目的是為了讓學生在操作互動式教具時，能在輕鬆愉快的學習環境下吸收水土保持相關知識。

第一套教材為學童教材，此教材以講述大規模崩塌實際災害案例為開端，並讓學生觀察實際災害影片，透過熟悉的災害案例與實際影片吸引學生注意，並從災害情境中引導學生學習教具所欲傳達之大規模崩塌知識，包括災害發生成因與機制、坡地整治與監測方法、以及自主防災等相關知識。此外，為了方便檢測學生學習成效，本計畫亦有製作學生學習單，教師能透過此學習單量化學生學習成果。兒童版

教材內容請詳見附錄四。第二套教材係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理念共規劃掛號出五個單元，分別是：

(1)災害體驗區、(2)問題探索、(3)防災法寶箱、(4)生活防災、與(5)自我評量。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。詳細教師版教案內容，請參閱附錄五。另外，為了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，包含教具拆裝工作、功能說明、與注意事項等，以圖文並列方式呈現，詳見附錄六。

第六節 配合水保局參加水保教育與推廣活動

為推廣水土保持防災教育知識，本計畫配合大局參與5場教具展覽活動，以本年度開發之教具為參展主軸，並以前(108)年度教具作為計畫期間本年度教具未完成前之代替教材，藉以確保於各梯次展覽活動皆能配合大局推廣水土保持防災教育，達到宣導效益最大化。以下詳述各場次參展經驗與推廣收益：

一、水土保持局參獎第18屆機關檔案管理金檔獎實地評獎作業：

於 109 年 7 月 1 日至 109 年 7 月 15 日配合大局參與活動(圖 3-26)，該評獎作業活動展示了行政院農業委員會水土保持局局史館歷年教具，因本年度教具於 7 月尚未完工，故此次活動使用 108 年度開發之教具協助大局進行定點展覽。

二、教育部暨跨部會環境教育行動倡議主題活動：

於 109 年 9 月 15 日至 109 年 9 月 16 日配合大局參與教育部舉行之展覽活動(圖 3-27、3-28)，期間透過本年度計畫教具之導覽介紹，以蒐集參展民眾、各界人士及學童的參觀心得與回饋。此外，為量化評估本次參展之教育效益，本計畫估計此次參展人數約為 500 人次。

三、農村再生 10 載幸福活動：

大局於 109 年 9 月 26 日至 109 年 9 月 27 日舉辦行政院農業委員會水土保持局成果展，為展示農村再生條例實行 10 年來的耕耘與努力，於台北文創園區舉行成果展覽及攤位活動，藉此讓各界人士、民眾及學童參與，更進一步瞭解農村及水土保持教育。據此，本計畫透過互動式教具配合大局進行本次展覽活動(圖 3-29、3-30)，估計約有一般民眾及學童共 100 餘人次參與。

四、花蓮松浦國小教育宣導活動：

本計畫於 109 年 9 月 29 日至 109 年 9 月 30 日於花蓮縣玉里

鎮松浦國民小學(水土保持示範基地)進行本教具之教育宣導活動，本次活動主要係針對松浦國小教師宣導水保防災教育知識涵養，並以前(108)年度之教具進行解說(圖 3-31)，訓練示範基地的國小教師作為水土保持教育宣傳原點，橫向擴散至周遭社區以及縱向紮根於國小學童心中，活動完後將前(108)年度之教具留在當地，作為水保知識擴散之工具。

此外，本計畫於 109 年 10 月 29 日受水土保持局花蓮分局邀請至花蓮慈濟科技大學參與「109 年度防減災創新思維與教育深耕研討會」，指導花蓮松浦國小之水保種子教師(圖 3-32)運用教具推廣大估模崩塌知識。該種子教師吸收本教具之教學內容並融入自身教學經驗，於活動會場進行教具解說時提升了與學生的互動性，讓學生能更融入於教學現場中，並適時誘導學生自主思考出解決大規模崩塌的方法，學生在此教學模式下可學習到水保防災教育相關知識，亦可從中獲得自主思考解答時的成就感。此教學活動充分展現種子教師之培訓成果，亦可同時應證培訓種子教師的重要性。本次活動估計約有 100 人次之師生參與學習。

五、第一屆臺灣科學節

本計畫於 109 年 10 月 31 日至 109 年 11 月 1 日配合大局至國立臺灣科學教育館參與教育部辦理之第一屆臺灣科學節，進行

本教具之教育宣導活動(圖 3-33、3-34)，臺灣科學節倡導以更貼近生活、輕鬆愉快的方式讓民眾體驗科學活動，進而讓人們更願意接近科學。本教具亦以 STEAM 教育理念詮釋大規模崩塌災害，藉此激起學生與民眾想學習瞭解地滑災害與自主防災的學習熱忱。本次活動估計約有 1000 人次之民眾參與。

此外，本計畫藉配合大局參展期間，蒐集參與展覽之學童與一般民眾之心得與回饋，藉此完整呈現本計畫教具教育推廣效益。



圖 3-26 水土保持局參獎第 18 屆機關檔案管理金檔獎實地評獎作業
(攝於 109/06/30)

資料來源：本計畫整理



圖 3-27 教育部暨跨部會環境教育行動倡議主題活動
(攝於 109/09/15)

資料來源：本計畫整理



圖 3-28 學童於展覽活動上親手操作教具(攝於 109/09/15)

資料來源：本計畫整理



圖 3-29 農村再生 10 載幸福活動(攝於 109/09/26)

資料來源：本計畫整理



圖 3-30 學童透過科技輔助畫面學習大規模崩塌相關知識

(攝於 109/09/26)

資料來源：本計畫整理



圖 3-31 針對松浦國小教師進行教具解說(攝於 109/09/30)

資料來源：本計畫整理



圖 3-32 水保種子教師(左)針對教具進行解說 (攝於 109/10/29)

資料來源：本計畫整理



圖 3-33 第一屆臺灣科學節(攝於 109/10/31)

資料來源：本計畫整理



圖 3-34 計畫主持人向林次長介紹本計畫教具 (攝於 109/10/31)

資料來源：本計畫整理

第七節 辦理一場最新開發教具推廣活動

本計畫為提高互動式教具推廣成效之代表性，將不僅僅以過去針對一般民眾及學童的展覽活動，而是推廣至本計畫較少接觸的大學生與研究生等族群，透過向不同年齡層的族群進行推廣，可以收穫更多元的回饋意見及傳遞效益。鑑此，本計畫於 109 年 9 月 14 日於基隆市中正區國立臺灣海洋大學進行教具推廣活動(圖 3-32)，將互動式教具所提供之教學資源置入大學生及研究生課堂中，藉以獲取該年齡層學生之反饋。本次活動共計 35 位學生參與，藉由互動式推廣活動完畢之問卷填寫，本計畫可以此獲得本次防災教育推廣活動之量化成效，並推演互動式教具的教育宣導能力，提供未來水土保持教具建立之參考依據。



圖 3-32 針對國立臺灣海洋大學學生進行教具推廣活動

(攝於 109/09/14)

資料來源：本計畫整理

第八節 水土保持教育宣傳成效蒐集

為確實掌握參觀人員對推廣知識之學習成效，本計畫透過問卷方式瞭解參觀本教具之一般民眾與學童之學習成效，將這些推廣效益數據進行蒐集與建立。本計畫針對不同年齡層與教育程度共設計了三種不同難易度之回饋單，民眾僅需拿起手機掃描 QR code 即可填寫，考量民眾對於填答問卷之耐心問題，該問卷之設計以 15 至 30 秒內回答完畢為原則，透過 GOOGLE 表單製作之問卷調查如圖 3-33.a、3-33.b、

3-33.c 所示。計畫期間內蒐集之問卷成效主要來自於配合大局參展時前來之民眾，由於參觀展覽之民眾年齡層分布較廣且無法得知各民眾之年齡，本教具於展覽期間內僅以難度適中之「展覽現場回饋單」(圖 3-33.c)作為現場調查問卷，問卷問題如下：(1) 你是否已經清楚瞭解大規模崩塌的情形和發生原因？(2) 你是否已經清楚瞭解大規模崩塌災害可透過用各種工法降低災害的影響？(3) 你是否已經清楚知道自主防災，可減少災害的發生與降低災害的破壞？(4) 你是否贊成做好水土保持的重要性？(5) 你是否已經瞭解離災的重要性？。如未來參加特定年齡層之教具推廣展覽活動，則可針對該年齡層選用不同難易度之問卷(如圖 3-33.a、3-33.b)。截至 109 年 11 月 01 日止，「展覽現場回饋單」填答人數共計 144 人，答題年齡層分佈與調查成果如下圖 3-34 所示，答題狀況經統計後發現 9 成以上民眾經本教具介紹後，已更加瞭解水保防災相關知識，其中更有 95%以上民眾瞭解到大規模崩塌發生機制與水土保持及自主防災之重要性。該成果統計顯示大規模教育知識已擴散至不同年齡層且參觀者之整體學習成效頗佳。

大規模崩塌防災大作戰

表單說明

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加安全？ *

☐ 是

☐ 否



圖 3-33.a 大規模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

「STEAM」理念融入大規模崩塌防災教育教具-回饋單

hard

你是否知道小林村滅村是因為大規模崩塌災害所致?

☐ 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

你是否瞭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



圖 3-33.b 大規模崩塌防災教育教具回饋單(教師、相關從業人員)

資料來源：本計畫整理

大規模崩塌搶救大作戰現場回饋單

請參觀民眾協助我們填寫本回饋單，謝謝您的配合!!

填寫者年齡 *

請寫文字

你是否已經清楚瞭解大規模崩塌現象與發生原因? *

☐ 是

☐ 否

你是否已清楚瞭解大規模崩塌災害可透過適當工法配置減緩災害發生與衝擊? *

☐ 是

☐ 否

你是否已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

你是否已經了解防災的重要性? *

☐ 是

☐ 否



圖 3-33.c 大規模崩塌防災教育教具展覽現場回饋單

資料來源：本計畫整理

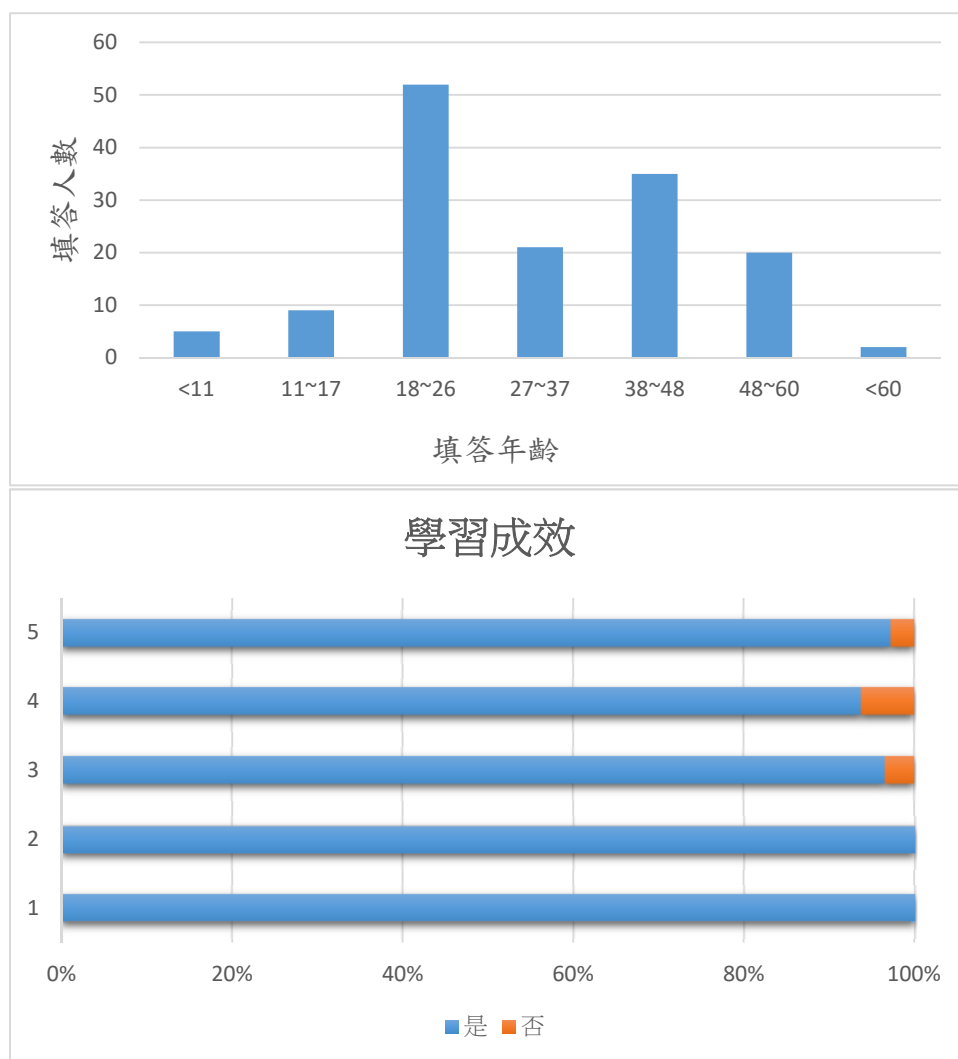


圖 3-34 回饋單-學習成效調查結果

資料來源：本計畫整理

第九節 執行工作檢核表

依據本計畫契約內容，應於期末階段完成所有工作項目，工作時程如下圖 3-35 所示。此外，為確保本計畫工作項目、內容、數量期程等符合契約規定，本計畫增列執行工作檢核表(如下表 3-3 所示)，藉以提供檢核與審查各項目內容。

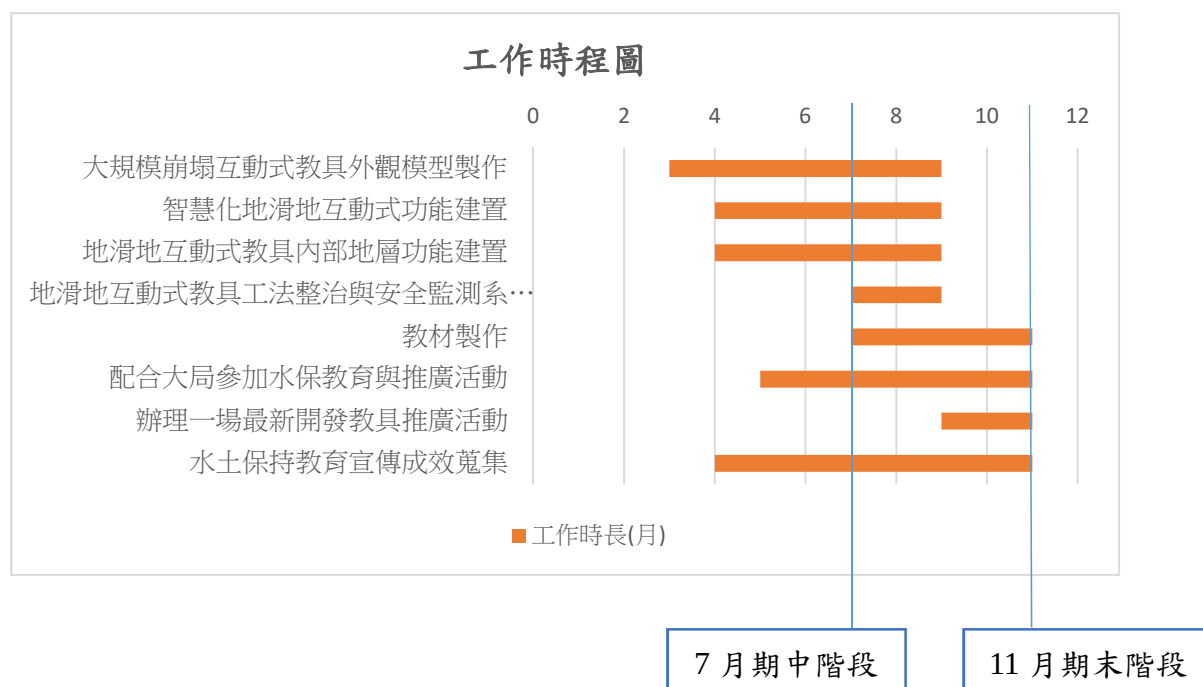


圖 3-35 工作時程圖

表 3-3 執行工作檢核表

契約 規定項目	工作內容	期末預定 達成比例	是否達成
大規模崩塌互動式教具外觀模型製作	(1)教具基礎結構建置;(2)基礎地滑地造型建置;(3)儲水系統建置;(4)內部儲水槽建置;(5)模型外觀加工;(6)教具拆卸與收納功能版本建置。	100%	✓
智慧化地	(1)降雨系統建置;(2)地下水位	100%	✓

滑地互動式功能建置	與含水量監測系統建製；(3)地滑功能；(4)地中排水系統；(5)互動式科技畫面建製。		
地滑地互動式教具內部地層功能建置	小、中、大 3 種孔隙率地層模擬套組各 3 組。	100%	✓
地滑地互動式教具工法整治與安全監測系統建置	(1)擋土牆工法 1 組；(2)地錨工法 1 組；(3)隔樑護坡工法 1 組；(4)排樁工法 1 組；(5)地表排水系統 1 組；(6)智慧化地中排水系統建置；(7)安全監測系統模型建置，包含傾斜管、雨量筒、地表變位儀、地下水位觀測井與太陽能板。	100%	✓
教材製作	(1)操作手冊建立；(2)海報製作；(3)製作教師與兒童版教案。	100%	✓
配合大局	(1)水土保持局參獎第 18 屆機	100%	✓

參加水保 教育推廣 活動	關檔案管理金檔獎實地評獎 作業；(2)教育部暨跨部會環境 教育行動倡議主題活動；(3) 農村再生 10 載幸福活動；(4) 花蓮松浦國小教育宣導活 動；(5)第一屆台灣科學節		
辦理一場 最新開發 教具推廣 活動	針對國立臺灣海洋大學之學 生辦理一場教具體驗活動。	100%	✓
水土保持 教育宣傳 成效蒐集	(1)製作線上教具調查問卷；(2) 蒐集水土保持教育宣傳成效。	100%	✓

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、 本計畫吸收去年度教具設計之經驗，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，藉由體驗與探索的深入學習歷程，提升水保防災知識、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、 為提升教具所欲呈現之坡地災害真實性，本計畫建置之互動式教育教具使用 3D 列印技術複製了嘉義太和的油車寮崩塌地地形，並於縮小尺度之擬真坡面上增添更多學習資源，提供教師與參展人員使用。教具模型具備之學習資源包含：(1)降雨情境模擬、(2)地下水位與含水量感測系統、(3)塊體滑落系統、(4)地層模擬套組、(5)地表與地中排水系統、(6)各式整治工法與監測設備模擬套組。透過各式實體學習資源，可讓學生在實際觀看與操作中加深學習印象，進而將水保與自主防災知識深植

於心中。

三、為讓學生享有更充分的學習資源，本計畫設計一互動式科技輔助畫面，該畫面之教學資源編排同時參考了 STEAM 素養教育之教育內涵，主要可分為「災害體驗區」、「問題探索」、「防災法寶箱」、「生活應用」、「自我評量」、與「STEAM 專區」，畫面之內容補足並整理了互動式教育教具上之教學資源，教師可透過此互動式教具、科技輔助畫面，並搭配本計畫撰寫之教案(附件五)建議教學順序來進行課堂解說，進而提供學生豐富且有趣的學習體驗。

四、本計畫完成一場針對大學生之教具體驗活動，並配合大局參與五場推廣活動。其中，教具體驗活動部分，於 109 年 9 月 14 日於基隆市中正區國立臺灣海洋大學完成教具推廣活動，共計 42 位學生參與體驗。教具推廣的部分，教具配合大局參與各式全國性與自辦性活動，包括：(1) 水土保持局參獎第 18 屆機關檔案管理金檔獎實地評獎作業、(2) 教育部暨跨部會環境教育行動倡議主題活動、(3) 農村再生 10 載幸福活動、(4) 花蓮松浦國小教育宣導活動、與(5) 第一屆臺灣科學節。並且，本計畫蒐集並統計民眾所作之線上問卷，所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、 本計畫為闡述大規模崩塌相關知識，設計教具時結合了多項與大規模崩塌相關之內容，如地層地形地貌觀察、地滑等坡地災害之現象觀察、降雨與地下水位及含水量之監測、抑制與抑止工法的學習等。教具於計畫期間內配合大局參與各式展覽與種子教師培育工作，計畫人員於展覽期間所接觸到之國中小學教師會詢問教具之授權相關事宜，經深入討論過後發現本教具教學資源過多，許多教師無法於有限時間內妥善安排課程，此外，教具採購費用對於國中小學來說較為昂貴，如欲將水保防災教育透過本教具擴散至校園內，未來可以規劃將教具化整為零，依據教具教學主題拆分為多個模組，經拆分之教學模組可將教學資源聚焦於單一主題上，藉此提升教學品質、並降低單一模組之造價，進而提升教具之擴散能力。

二、 為豐富教具教育資源，本計畫於教具上設計多項坡地監測設備模組，如地表變位儀、傾斜管、雨量筒、地下水位觀測井等，並搭配科技輔助畫面之監測設備教學資源，讓學生能透過本教具瞭解各監測設備用途並學會訊號的判讀。目前教具上呈現之監測設備展示模組，仍屬於傳統靜態的展示方式，如欲提升監

測模組之展示效果，未來可針對此主題增加互動性元素，藉此吸引參觀者學習監測方面的知識，同時深化學習內容與品質。

參考文獻

- [1] 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。
- [2] 六一兒童網，(2017)，孤單的大樹，取自：
<http://www.61ertong.com/wenxue/yuyangushi/20170118/265712.html>。
- [3] 科技部災害管理資訊研發應用平台-大規模崩塌災害特徵說明，相關連結：
<http://dmip.tw/Lone/document/qa.aspx#:~:text=%E7%9B%AE%E5%89%8D%E5%AE%9A%E7%BE%A9%E4%B9%8B%E5%A4%A7%E8%A6%8F%E6%A8%A1,%E7%81%BD%E5%AE%B3%E3%80%8D%E4%B9%8B%E8%99%95%E7%82%BA%E5%B0%8D%E8%B1%A1%E3%80%82>
- [4] 中興大學水土保持學系，嘉義縣油車寮崩塌地崩塌機制研究(張世松,2012)，相關連結：
<http://hdl.handle.net/11455/33092>。
- [5] 國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系，STEM 轉化能力的評量(林坤誼，2020)，取自：
<https://steam.ntpc.edu.tw/p/406-1009-5067,r58.php>。

附錄

附錄一、期初委員審查意見

項次	審查意見	回覆辦理情形
一、	P2-8 在崩塌塊體自動滑落，可增加一些地質不透水層的概念，讓學生多元理解水保、崩塌、地質等知識。	謝謝委員建議。本年度已於教具互動式螢幕之教學平台增添多項學習資源。在「問題探索」專區內列舉多項地層滑動因子，包括地層分布、滑動面、地下水位、透水性、剪裂泥、土壤含水量等因子，讓學生能更加多元理解災害發生機制之知識。
二、	P2-11 先備知識教學平台，建議多用影片動畫及實際發生影片等來展示以利吸引觀看者有深刻印象和理解。	謝謝委員建議。影片對學童與一般民眾確實如委員建議更具吸引力；有鑒於此，教具教學平台內已提供多部坡地災害與災害發生因子之介紹短片，藉此加深參展民眾印象並適時提供民眾防災與離災等知識，進而達到本計畫之科普傳播目標。
三、	P2-12 於學習單中建議加入疏散避難的觀念，因模型的崩塌處有社區，藉此提醒民眾在達紅黃色警戒時，必需要疏散。	謝謝委員建議。委員所提到的紅黃色警戒為土石流專用之警戒系統，與大規模崩塌破壞類型有所不同，但提出災害警告並提醒民眾撤離乃防災教育之最終目標；因此，教具提供地下水位即時動態監測，並結合蜂鳴器，當蜂鳴器發出警告時，表示民眾應盡快疏散，本計畫將透過此設備帶出災害撤離之相關知識。
四、	P2-6，2-7 互動式教具搬運不易，宜採固定式展出。	謝謝委員建議。本教具為配合大局進行各式展覽活動，設計上考量教具運移的便捷性，而採可拆式處理，同時達到節省搬移教具

		之人力成本；教具本身如安裝完畢，也可適合採固定式展出；因此，本計畫所開發之教具兼備固定與移動之展出方式。
五、	P.2-18 宜以抑制與抑止工法模擬套組，整合當地土砂環境，落實 STEAM 教育理念的動手做與解決問題能力培養的學習。	謝謝委員建議。本教具所開發之工法模擬套組係坡地整治常見之工法，本計畫會依委員所建議的意見，將融合活動解說地點之地質條件，進行解說內容上的調整。
六、	宜區隔大規模崩塌和一般崩塌之差異性。	謝謝委員建議。大規模崩塌種類繁多，只要符合特定條件之山崩或地滑皆屬於大規模崩塌。本計畫提到的大規模崩塌指：「崩塌面積超過 10 公頃或土方量達 10 萬立方米或深度在 10 米以上之崩塌地」，經委員建議後已於期中報告書中明確界定本計畫所涉及之大規模崩塌範疇。
七、	可研擬辦理全國學生擋土工法競賽。	謝謝委員建議。舉辦全國學生擋土工法競賽將能有效提升學生對擋土工法之熟悉性與創意性，同時有助於水保教育推廣，但由於本年度計畫提案內容係以開發教具為主要目標，會將委員所建議之好構想建議大局另案辦理，本計畫之教具可以配合大局進行示範展出。
八、	P2-8 崩塌塊體滑落模擬似乎是屬於淺層崩塌，並非大規模崩塌，請考量。	謝謝委員建議。本計畫係以 3D 列印之方式，將嘉義太和區油車寮深層崩塌作為教具之教學坡面，坡面具有深層崩塌地形特徵，再將此 3D 列印坡體，挖製深度較深之崩塌滑落塊體，藉此模擬深層崩塌，另挖製深度較淺的崩塌塊體，模擬淺層崩塌。
九、	P2-9 補充說明含水量感測裝置方式？	實務上感測土壤含水量方法主要有感測土壤張力數值或利用含水量土壤之電阻推算含水量這兩種。

		但本計畫是採用虛擬含水量的方式來傳遞淺層崩塌可能的破壞機制之一，其作法為在坡體內部安裝兩根金屬探棒，之間有一個 5V 的電位差，通電後，量測系統的電流量變化，地下水浸潤金屬棒的水體比例多寡，會獲得不同之電流量，藉此感測浸水狀況，同時模擬滲入坡體的水量多寡，從而判斷含水量；探棒接觸水體比例越多，含水量則愈大，然後本計畫會設定一個警戒值，作為推動淺層塊體滑落的機制。
十、	地下水位昇降速率和地層結構之關聯性和穩定宜敘明。	謝謝委員建議。在相同降雨強度下，地下水位的上升速率會因為地層結構的透水性而有差異，同時地下水位上升越快，坡地的穩定性就會隨之加速弱化坡地之穩定度。此部分的觀念將於報告中敘明，同時此概念亦於教具互動式螢幕之「問題探索」專區內呈現。
十一、	P2-10 崩塌地地下排水系統建議採用集水井及橫向排水，而非由直接排放至教具下方之水箱。	謝謝委員建議。本計畫教具所採用之地下排水系統僅有模擬橫向排水管之設計，會再依據委員建議納入集水井的工法進行展示。
十二、	依定義大規模崩塌不等同於地滑，惟報告中多處混用此兩名詞，建議統一。	謝謝委員建議。大規模崩塌種類繁多，只要符合特定條件之山崩或地滑皆屬於大規模崩塌。本計畫提到的大規模崩塌指：「崩塌面積超過 10 公頃或土方量達 10 萬立方米或深度在 10 米以上之崩塌地」，經委員建議後已於期中計畫書中明確界定本計畫所涉及之大規模崩塌範疇。

附錄二、教具製作工作會議紀錄

壹、開會地點：國立臺灣海洋大學河海工程學系二館 506 室

貳、開會時間：109 年 03 月 30 日(星期一)上午 10 時 30 分

參、主持人：許世孟 教授

肆、出席人員：如簽到單

伍、主席致詞：無

陸、報告事項：

案由：「STEAM」理念融入大規模崩塌防災教育教具開發」案教具具體細部規劃事項討論。

柒、臨時動議：無

捌、散會：下午 1 時

國立臺灣海洋大學				
「STEAM」理念融入大規模崩塌防災教育教具開發計畫				
第一次工作會議簽到單				
壹、會議日期：109 年 03 月 30 日(星期一) 上午 10 時 30 分				
貳、開會議地點：國立臺灣海洋大學河海工程學系二館 506 室				
參、主持人：許世孟 教授			紀錄：董名家	
肆、出(列)席單位及人員：				
出(列)席單位	簽名處			
	職稱	姓名	職稱	姓名
國立臺灣海洋大學河海工程學系	助理教授	許世孟	研究生	董名家
			研究生	廖逸凡
貝易實業有限公司		李宋宋		

伍、散會：下午 1 時

附錄三、期中委員審查意見

編號	委員審查意見	意見回復
一、	P2-4 教具整體尺寸和圖 2-1.2.3.4 不符。	謝謝委員意見，教具在製作過程中發現仍有部分設計可進行改良與修正，為了讓教具可更完備地呈現水保教育理念，本教具與廠商討論協調後將尺寸進行修正。修正後之模型確切尺寸示意圖已於期末報告書中修正，如圖 2-1.2、3、4 所示。
二、	P2-8 地面平整與否？宜在教具裝置水平氣泡和調整腳座，可改善啟動不穩定的問題。	謝謝委員建議，前代教具會受會因地面平整與否而導致崩塌塊體啟動不穩定的問題，為改善該狀況，本年度改採用全電子控制之設計，當水位到達指定高度時，電磁閥可以感應推動崩塌塊體，不再受場地因素干擾。
三、	P1-2 宜先敘明 STEAM。	謝謝委員建議，本計畫於期中報告書 p.1-2 提到之 STEAM 五大精神為：跨領域、動手做、生活應用、解決問題、及五感學習，上述五大精神於本教具上所對應之教育模式於報告書 p.1-3、1-4 中均有描述。本年度計畫依循該理念製成新一代教具，學生可透過本教具強化水保防災知識並提升自身學習素養。
四、	P3-29 表 3-6 執行工作檢核表表頭，宜向 P3-30 移動。	謝謝委員建議，已於期末報告書中調整執行工作檢核表表頭位置。
五、	P3-2 現地災害資訊，可使用 QR Code 和教具結合。	謝謝委員建議，依據委員指導於教具參展時採用。
六、	設計教具，以模組化為主，好拆裝設是很大的概念。	謝謝委員肯定，本年度教具吸收上代教具經驗發展設計出方便拆裝之模型，透過此設計提升教具在各大展覽活動時之進退場速度，大幅節省時間。
七、	大規模崩塌介紹給民眾知曉，以不同形態影片，做為引導介紹，以利讓其產生深刻印象，此想法很好。	謝謝委員肯定，本計畫於期初審查意見中吸收委員建議，增添多項大規模崩塌相關之影片，學生與民眾能透過較為輕鬆活潑之影片瞭解大規模崩塌災害現象與發生成因。

八、	有關問卷調查設計，宜分難易或低、中、高年級問卷以達循序漸次增加問題的難易程度。	謝謝委員建議，原先考量到參觀展覽民眾之耐心問題，故將問卷設計得較為簡單直觀，讓民眾能輕鬆的填答問題，同時亦能滿足本計畫所欲收集之成效蒐集。經委員建議後，已另外設計兩份問卷，預計讓不同年齡層之參觀民眾填寫不同難易度之問卷。
----	---	--

附錄四、兒童版教案與海報

主題：防災知識我最行-大規模崩塌防治

1. 搭配教具解說流程：

在民國 98 年的 8 月 8 號當天，遇到了一個很恐怖的災害-莫拉克颱風侵襲了台灣。有人知道那次莫拉克颱風來時發生了什麼災害嗎？想知道當時到底發生什麼事，就讓我們透過教材一起來瞭解吧！

-----觀看「災害體驗區」三部短片-----

請問有人知道三部災害影片的差別在哪裡嗎？他們分別是哪些災害呢？(互動時間)

待互動結束點選『看答案』按鈕並介紹各類坡地災害，並著重介紹大規模崩塌災害。

-----點選「問題探索」專區-----

你們覺得哪些因素可能會導致剛剛說的大規模崩塌發生呢？(讓學生選擇專區內的各選項，選對因子則進行該因子的教學)

-----點選「防災法寶箱」專區-----

剛剛瞭解了災害的類型、也瞭解了什麼原因可能導致大規模崩塌發生，現在我們該來學學怎麼保護坡地讓大規模崩塌不要發生。

保護坡地可以使用各式坡地整治工法，整治工法又分為抑制工法與抑止工法，抑制工法指我們透過工法盡量控制住坡地災害，讓坡地

穩定一點，前面單元我們有提到過，坡地有太多水可能會導致坡地不安全，因此我們可以用地表與地中排水工法將水排掉，抑止坡地災害發生(介紹抑止工法);抑制工法指我們可以制止災害，使其不再發生，因為工程師在設計工法時會在計算坡地的危險程度後決定要用多強的工法保護坡地，只要不要發生特殊狀況(像是大地震)，抑制工法就可以讓災害不再發生(介紹抑制工法)。

其實還有一種狀況可能會導致抑制工法失效，那就是工法老化或施工品質不佳(偷工減料)。為了讓我們能在工法過度老化或施工品質問題導致危險發生前把問題處理掉，我們需要定期監控並檢查工法有無異狀。另外，我們也可以透過各式監測設備隨時監控坡地狀況(介紹監測設備)。只要我們有在監控坡地，我們就可以在災害發生前爭取到更多的撤離時間，保障更多人的的人身安全。

-----點選「生活應用」專區-----

從前一個單元我們可以知道坡地監測是很重要的，我們這邊也有一個教具的坡地監測設備可以觀看(點擊『防災警戒停看聽』按鈕、介紹監測畫面並演示教具地滑現象)。

-----體驗活動-----

利用碼表計算不同降雨大小下地滑現象發生所需之時間，引導學生使用碼表並記錄，並讓學生得出降雨量越大地下水位速度上升越快，

最終引致地滑現象發生之結論。

從剛剛的現象我們可以觀察到幾個點，第一個是當雨量越大，三條曲線上升的越快；第二個是當水位達警戒線時，蜂鳴器將響起，隨後發生地滑。從這裡我們可以再一次的瞭解到監測設備的重要性，因為它可以提供我們逃生的時間。

今天學了這麼多東西，最重要的就是要能實際應用在生活當中（點擊『防災小幫手』按鈕），這邊有很多工程缺失的圖，當工法出現問題時，工法可能就沒辦法好好保護居民的安全，因此我們需要通知鄉鎮公所，請他們趕快來協助處理！我們也可以一起檢查住家周遭的防災工法並看看這些公法有沒有缺失（使用投影片等讓小朋友一起討論住家、學校周遭的工法是否有問題）。

-----發問時間-----

-----「自我評量」回答時間-----

-----學生問卷回饋單填寫-----



附錄五、教師版教案

「STEAM」理念融入大規模崩塌防災教育教具開發



「STEAM」理念融入大規模崩塌防災教育教具

教具背景：

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」。教具所涵蓋之五點教育模式為：

1. **跨領域方面**：防治大規模崩塌問題，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，試圖運用他來解決此災害問題。
2. **動手做方面**：教具提供互動式功能，其中內容包含各式防災工法組裝、地層模擬套組組合、與地下水警戒水位觀察等功能，學童可自行操作，培養從做中學之能力。
3. **生活應用方面**：坡地災害與居住在坡地居民息息相關，教具科技輔助畫面內之「生活應用」專區提供自主防災與監測等概念，學生可透過此專區學習如何辨識住家附近崩塌發生前之徵兆並建立罹災概念。
4. **解決問題方面**：教具提供工法操作模組，讓學生體會「阻止地下水蓄積，可以降低大規模崩塌的發生」、「擋土工法的安裝，可以抑止崩塌塊體滑落」等解決方案，使學生學習做有意義的決定，感覺自己所做的決定具影響力，驅使學童學習。
5. **五感學習方面**：本教具備有擬真坡地地滑情境觀察、整治工法操作、地層結構組成、降雨量變化、與水位警戒警報等學習資源，提供學生一個仿真的學習體驗，透過創造各種災害防治組合可讓學生取得解決問題的成就感，加倍學生學習之動機。

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。

本教具所涵蓋之教育資源相當豐富且整合多項領域，教師在初次使用本教具時可能會不知道該如何利用本教具進行教學，爰此，本計畫設計一教案作為教具使用範例，供教具使用者參考，亦可當成老師教授素養學習的示範教材。

教學科目	自然		教學年級	國小四~六年級		
教學項目	大規模崩塌防災教育		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大規模崩塌災害發生機制，並培養自主防災觀念。					
	二、教學聯繫：					
	1. 本教材係基於 STEAM 理念，並結合大規模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。					
教學內容	2. 教材涵蓋之 STEAM 概念：					
	(1)科學/Science：學習大規模崩塌發生的成因與機制。					
	(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。					
教學目標	(5)數學/Mathematics：透過簡單計算理解降雨強度與地下水位上升速度之相對關係。					
	三、教學難點：					
	1. 此為互動式教具，需要學生主動參與，才能凸顯教案學習成效。					
	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、孔隙率等，在教學時需放慢速度並注意學生是否能理解各種名詞之意義。					
	時長		單元	各單元時長	各節重點	
教學內容	100 分鐘		一、災害體驗區	20 分鐘	一、學會分辨不同類型坡地災害。	
			二、問題探索	20 分鐘	二、瞭解大規模崩塌發生機制。	
			三、防災法寶箱	20 分鐘	三、認識各種坡地災害整治工法與	
			四、生活防災	35 分鐘	監測設備。	
			五、自我評量	5 分鐘	四、學習判讀監測儀器顯示之資	
				料，建立自主防災知識。		
				五、回顧課程重點。		
教學目標			單元目標	具體目標		
	災害體驗區	1. 學會分辨不同類型坡地的災害。		1-1能透過觀察思考自然災害之差異，並表達出來。		
		2. 理解大規模崩塌基本概念。		1-2瞭解常見坡地災害類型、特徵與發生要件。		
	問題探索	3. 透過各坡地災害因子瞭解大規模崩塌發生機制。		2-1 瞭解大規模崩塌基本定義。		
				3-1學習並理解土壤透水性(孔隙率)與坡地穩定度之關係。		
		3-2學習並理解土壤含水量與坡地穩定度之關係。				
				3-3學習並理解地下水位高低與坡地穩定度之關係。		
				3-4學習並理解地質條件對坡地穩定度之影響。		
				3-5認識臺灣豪大雨分級制度，並瞭解各雨量可能造成之災害種類。		

	2. 拍攝住家週遭擋土牆，可於「生活防災」單元進行討論。 貳、發展活動 單元一、災害體驗區 1. 引起動機： 詢問學生知道幾種臺灣常見之坡地災害，分別是哪种災害、在臺灣的哪邊發生過，讓學生進行分享。 2. 現象觀察： 點擊災害體驗區內之三部坡地災害短片，讓學生觀察後討論各現象差異。 3. 坡地災害介紹： 點擊『災害分類』按鈕觀看三部災害影片所對應之災害名稱與基本介紹。 4. 延伸-動畫短片： 點擊坡各地災害圖片，可觀看對應之坡地災害動畫，透過動畫短片能讓學生較容易理解各災害樣貌。 5. 大規模崩塌基本定義學習： 點擊『看更多』按鈕瞭解大規模崩塌基本定義，並透過科技輔助畫面上之大規模崩塌特徵圖，讓學生瞭解大規模崩塌地區之地形特徵。 單元二、問題探索 1. 專區內呈現多項正確與錯誤因子，讓學生猜(思考)哪些因子會導致大規模崩塌發生，當學生找到正確因子時，點擊因子學習該項因子與坡地穩定之關係。 2. 因子-土壤透水性： 讓學生觀察兩段岩心照片之差異，孔隙較大之岩心(地	科技輔助 畫面-「災害體驗區」專區	5 分鐘 5 分鐘 5 分鐘 3 分鐘 2 分鐘	
1-1				
1-2				
2-1				
3-1		科技輔助 畫面-「問題探索」專區	5 分鐘 3 分鐘	

3-2	層)透水性比較高，並且透水性低之岩層較容易導致坡地災害發生。 3. 因子-土壤含水量： 讓學生觀看該因子之短片，當土壤含水量越高時，地層越不安定。		3 分鐘	
3-3、6-1	4. 因子-地下水位： 讓學生觀看該因子之短片，當土壤地下水位越高時，地層越不安定。		3 分鐘	
3-4、6-1	5. 因子-降雨： 讓學生觀看該因子之短片，影片內介紹了中央氣象局定義之豪大雨分級量表。		3 分鐘	
3-5	6. 因子-地質： 讓學生觀察岩心照片，簡單介紹剪裂泥，並讓學生瞭解剪裂泥可能會形成崩塌時的滑動面。 單元三、防災法寶箱		3 分鐘	
4-1、4-2、4-3、4-4、4-5、4-6	1. 點擊科技輔助畫面進入「防災法寶箱」專區，寶箱內將會跳出多項整治工法與監測設備，並告訴學生若想穩定坡地可以有各式各樣的選擇。	科技輔助畫面-「防災法寶箱」專區	2 分鐘	
	2. 整治工法介紹： 介紹 4 種抑止工法與 2 種抑制工法，讓學生觀看實際工法照片，並解釋工法之用途與使用時機。	工程破壞案例照片	10 分鐘	
	3. 議題討論： 整治工法並非萬能，詢問學生是否有想到其他什麼方法可以輔助整治工法，讓人可以住的更安全，並進行討論。		3 分鐘	可搭配工法失敗之實際案例解釋。
	4. 監測設備介紹： 介紹 4 種坡地監測設備與提		5	監測設備可用於輔助監控坡

5-1、 5-2、 5-3、 5-4、5-5	供監測設備電力之太陽能板，讓學生觀看實際設備照片並解說各設備之功能。			
6-2	單元四、生活防災 1. 點擊「生活應用」專區內『防災警戒停看聽』按鈕，進入即時監測畫面。 2. 現象觀察： 點擊畫面右側之降雨按鈕，簡單介紹監測畫面上 3 條曲線所代表之意義，並讓學生觀察降雨中的教具與三條監測曲線的走向。 3. 現象觀察： 當含水量曲線高於『含水量警戒值』線段時，蜂鳴器將響起(5 秒)，隨後教具上之淺層崩塌塊體將滑落。讓學生觀察監測畫面與教具所發生之災害現象。	科技輔助 畫面-「生活應用」 專區	10 分鐘	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。
6-1、6-2	4. 現象觀察： 當地下水位曲線高於『警戒水位』時，蜂鳴器將再度響起，隨後地滑塊體將滑落，讓學生觀察監測畫面與教具所發生之災害現象。 5. 現象觀察： 若要降低地下水位高度，可以點擊『地排』按鈕開啟地中排水系統，開啟後學生可以從即時監測畫面觀察到地下水位正在下降。			含水量警戒時，蜂鳴器響 5 秒。
4-6	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可以保護下方村莊。	教具-整 治工法模 擬套組	4 分鐘	蜂鳴器持續啟動直至地下水位降至警戒水位以下，若要提前關閉蜂鳴器可點選畫面右下方之紅色方框，點擊後蜂鳴器將斷電。
4-1、 4-2、 4-3、 4-4、	7. 延伸-議題討論	實際山地 違建照片		

4-5、4-6	觀看完教具之地滑災害後，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。	(如齊柏林-看見台灣電影片段)	4 分鐘	
6-1	8. 延伸-動手計算 讓學生運用碼表等計時器量測不同雨量大小下，坡地發生地滑災害所需要的時間，並且讓學生瞭解監測面板上三個因子曲線的斜率均與雨量大小成正相關。	碼表	5 分鐘	
7-1	9. 生活防災應用： 讓學生觀看「防災小幫手」內之案例圖片，透過圖片學習如何判工法是否有缺漏、住家周遭是否有地滑發生的可能等。	住家周遭 工法照片	3 分鐘	
7-1	10. 生活防災討論： 請學生們分享住家周遭的整治工法照片，讓大家一同討論是否有哪些工法有缺漏。		4 分鐘	
8-1	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。	科技輔助 畫面-「自我評量」 專區	5 分鐘	依照學生狀況，可以有獎徵答形式進行。

附錄六、教具操作手冊

「STEAM」理念融入大規模崩塌防災教育 教具開發

教具操作手冊



一、 教具說明

(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，本教具開發設計出科技輔助畫面，

該輔助畫面架設於教具模型上方，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。

（三） 操作前準備與善後工作

本教具為可拆卸式設計，教具進展場時須將其組裝完畢，退場時亦須將教具拆卸收納。本教具可分為(1)教具坡面模型、(2)教具檯座、(3)教具上方灑水槽、(4)保全區模型、及(5)科技輔助畫面面板。教具組裝與拆卸流程如下所述：

1. 教具組裝：

- a. 將教具臺座垂直向上抬起，並將臺座放置於欲展出之位置上。
- b. 教具下方儲水槽注水約七分滿。
- c. 將教具坡面模型放置於臺座上方。
- d. 將灑水槽放置於教具坡面上方。
- e. 將科技輔助畫面面板架設於灑水槽上方，並將電源線接上。
- f. 將保全區模型、各監測設備模型、地滑與淺層崩塌塊體安裝於指定區域，詳細安裝位置圖示將於後續(三、教具操作流程)章節中呈現。
- g. 接上總電源，開始操作教具。

2. 教具拆卸收納：

- a. 關閉總電源，並拆下科技輔助畫面面板。
- b. 將保全區模型、各監測設備模型、地滑與淺層崩塌塊體等拆卸並妥善收存。
- c. 拆卸灑水槽及支撐構件。
- d. 將教具內部水槽的水排洩至下方儲水槽。
- e. 將坡面模型從臺座上移除並放置於地面上。

f. 將教具下方儲水槽內的水妥善排出。

g. 將教具檯座垂直放置於坡面模型上，完成收納。

二、 模組說明

(一) 降雨模擬

本教具運用一顆變頻抽水馬達，模擬不同降雨強度之降雨情境，將降雨強度分成小、中、大三種等級，藉以模擬中央氣象局豪雨、大豪雨、與超大豪雨三種不同等級之降雨量。降雨模擬的開關位於科技輔助畫面「生活應用」專區之「防災警戒停看聽」內(附圖 2-1)，畫面上有「小雨」、「中雨」、「大雨」、及「雨停」，四個按鈕，可依教具使用者解說需求隨時調整降雨量或停止降雨。

(二) 地層與水位觀測模組

為清楚明白地下水位與地層間之交互關係，學生可從教具側面觀察教具設計之地層模擬套組(如圖 2-2)，地層模擬套組由三種不同粒徑組合而成，用以模擬實際地層之粒徑差異，學生可透過觀察地下水在不同粒徑與孔隙下的水位上升速度，瞭解到地下水位與地層材料粒徑孔隙大小間之相互關係。為增添地層組合的變化性，本教具提供三組地層模擬套組(每組均含小、中、大粒徑地層各一式)，教具使用者可自

行排列組合地層套組，讓學生觀察不同粒徑組合下地下水位上升速度之變化。

(三) 地層滑動模擬

本教具共有兩個滑動塊體(附圖 2-3)，小塊體滑落代表淺層崩塌事件，大塊體滑落則代表深層崩塌(地滑)事件。當教具內部水槽所測得之含水量高於臨界含水量時，塊體滑落系統將會啟動，並導致淺層崩塌塊體滑落；而當教具內部水槽水位逐漸提高，當高於警戒水位時，塊體滑落系統將會啟動，並導致地滑塊體滑落。

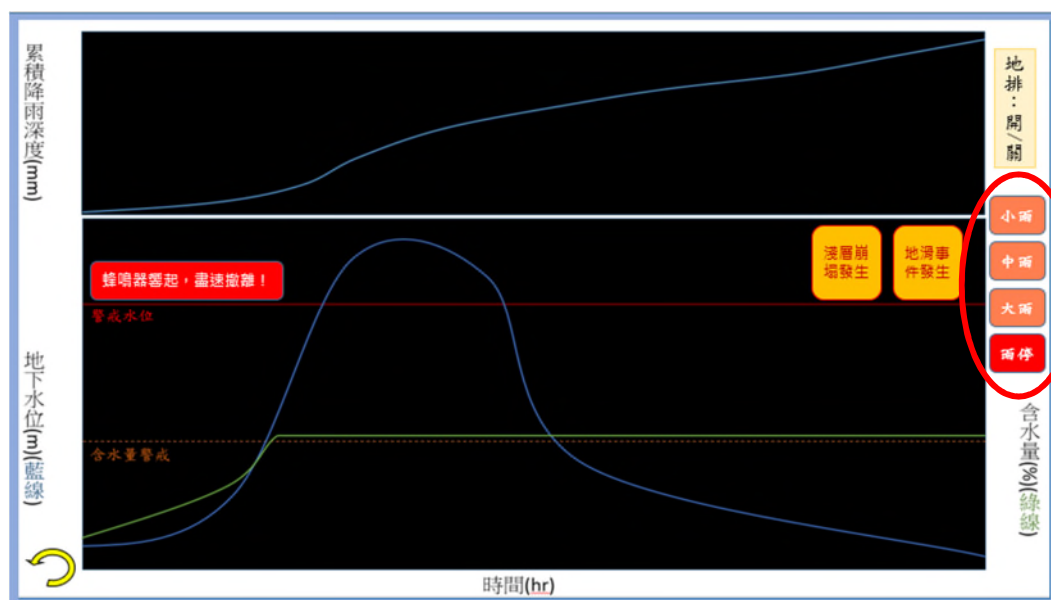
(四) 防災模擬套組

本教具提供多項工程整治工法與監測設備模型，整治工法包括地表排水工法、地中排水工法、擋土牆、地錨、隔樑護坡、及排樁工法；監測設備有傾斜管、地下水位觀測井、地表變位儀器、雨量筒、及提供監測設備電力之太陽能板。教具使用者可透過上述模型並搭配科技輔助畫面之各工法與監測設備教學資源，讓學生瞭解各工法與設備對坡地災害防治的重要性。

(五) 科技輔助畫面系統

本教具設計一科技輔助畫面，如附圖 2-4 所示，透過該

科技輔助畫面可讓學生觀賞並體驗：(1)災害體驗區、(2)問題探索、(3)防災法寶箱、(4)生活應用、(5)自我評量，透過上述五項學習資源，可讓學生取得更加豐富且完備的大規模崩塌防災教育學習體驗。如果學生想更進一步瞭解本教具與STEAM 教育的結合，可自「STEAM 專區」深入瞭解。



附圖 2-1 「防災警戒停看聽」內之雨量開關



附圖 2-2 教具坡面內之地層模擬套組



附圖 2-3 地層滑動塊體



附圖 2-4 科技輔助畫面面板

三、 教具操作流程

本教具主要以科技輔助畫面進行操作及講解，並利用科技輔助畫面內部程式進行教具模型機關之控制，科技輔助畫面各區域操作流程如下：

(一) 災害體驗區

點擊科技輔助畫面上之「災害體驗區」，觀看專區內的三部坡地災害影片，並讓學生觀察三種坡地災害(崩塌、地滑及土石流)的差別，隨後點至下一層觀看並學習三部坡地災害影片對應之災害類型與其基本概述，如遇參觀展覽之學童年齡層較低，點擊各坡地災害之圖片，可觀看對應災害之動畫短片。此外，本教具所描述之大規模崩塌災害著重在地滑災害上，點擊地滑災害之「看更多」圖示，可瞭解大規模崩塌之定義。

(二) 問題探索

點擊科技輔助畫面上之「問題探索」專區，專區內提供多項正確與錯誤的地層滑動相關因子，學生可先思考哪些因子可能會導致大規模崩塌的發生，當學生答出正確的滑動因子後可點擊放大鏡觀看該因子之相關資訊。本教具規劃之正確大規模崩塌相關因子有：(1)土壤透水性、(2)土壤含水量、(3)地下水位、(4)降雨與(5)地質。

(三) 防災法寶箱

點擊科技輔助畫面上之「防災法寶箱」專區，專區內介紹了六種整治工法(擋土牆、地錨、隔樑護坡、排樁工法、地中排水系統、地表排水系統)與五項防災監控設備(雨量筒、傾斜管、地下水位觀測井、地表變位儀與供電用太陽能板)，學生可由此專區理解各工法與監測設備之實際功用。此外，教具提供監測設備與各工法之模型，學生可將模型組裝在教具坡面上，透過實際安裝模型的過程，能讓學生體驗擔任小小工程師，增加學生的學習印象。各工法與監測設備安裝說明如下，不需安裝之工法與設備則不在此多加贅述：

1. 擋土牆與排樁工法：可安裝在如附圖 3-1 標示之位置，用以阻擋地滑與淺層崩塌塊體破壞下方保護區。
2. 隔樑護坡與地錨：可安裝在如附圖 3-2 標示之位置，用以阻擋地滑與淺層崩塌塊體破壞下方保護區。
3. 地表排水工法(附圖 3-3)：可將地表縱橫向排水道上方之長條型覆蓋條移除，形成排水渠道，藉此蒐集並引導地表水直接排放至下方水槽，進而減少進入教具內部水槽之雨量。
4. 雨量筒(附圖 3-4)：用於紀錄降雨量大小，雨量筒模型裝

設於教具前方保全區上，可將雨量筒之外筒拿起，觀看雨量筒內部樣貌。

5. 地表變位儀：用於監測邊坡滑動狀況，雨量筒安裝位置，如附圖 3-5 所示。

6. 太陽能板：用於提供各監測設備平時所需之電力，太陽能板安裝位置如附圖 3-6 所示。

（四） 生活應用

點擊科技輔助畫面上之「生活應用」專區，教具使用者可點擊「防災警戒停看聽」進入即時監測畫面，畫面右側有「小雨」、「中雨」、「大雨」、「雨停」及「地排開關」共五個開關，使用者可自行調整雨量大小及雨停、地中排水開啟/關閉的時機。學生可從此即時監測畫面觀察累積降雨深度斜率變化與地下水位積蓄速度之交互關係，當水位達警戒水位時，蜂鳴器將會自動響起，此在告訴民眾應即時進行撤離動作，隨後塊體將自動滑落。學生可從畫面上之降雨量、地下水位數值與畫面上之警示跑馬燈，理解到監測與離災的重要性。此外，「防災小幫手」區塊內提供六項較為常見之工法受損照片，藉此教育學生如在住家周遭發現類似狀況時，應保持警戒並通知當地區公所協助處理，進而提升學生自主防災能力。

(五) 自我評量

當教具解說結束後，可以點擊「自我評量」專區，專區內提供六道與本教具教學內容相關之簡答題，可做為學生學習成效之判斷依據。

(六) STEAM 專區

如參觀教具之民眾對於本教具與 STEAM 教育之關聯性有興趣，可點擊科技輔助畫面上之「STEAM 專區」深入瞭解，該專區結合本教具教育內涵與 STEAM 教育理念，將大規模崩塌災害導入「現象觀察、情境解構及解決問題」之 STEAM 教育核心思想，讓大規模崩塌災害知識傳遞能力得到顯著的提升。



附圖 3-1 擋土牆與排樁工法安裝位置



附圖 3-2 地錨與隔樑護坡工法安裝位置



附圖 3-3 地表排水工法



附圖 3-4 雨量筒模型



附圖 3-5 地表變位儀模型安裝位置



附圖 3-6 太陽能板安裝位置

四、 操作注意事項

- (一) 本教具水循環系統係運用沉水式馬達進行降雨模擬，該馬達如暴露於空氣中將造成空轉，導致抽水馬達燒壞，故操作前需先確認教具下方儲水槽之水量是否足夠。
- (二) 本教具係在模擬山坡降雨引致地滑發生之過程，降雨過程中，雨水可能會噴濺至教具外導致教具前方地面濕滑，如遇此狀況，宜準備抹布或拖把，當教具濺水時應即時處理，以免造成參觀民眾滑倒受傷。

附錄七、期末委員審查意見

編號	委員審查意見	意見回復
一、	大規模崩塌教具比較偏重受雨水、地下水之影響，地震亦為其中趨動因子，是否納入解說！	謝謝委員建議，本年度開發之地滑教具著重在水文與地質之交互作用，此外，計畫亦有開發一組以地震與坡度為因子之坡地災害教育教具，可使用該模組進行地震相關之解說。
二、	STEAM 理念重要，納入教具開發具意義，且做出示範實體並做評估以利調整，實用性高。	謝謝委員的肯定與支持！
三、	建議未來持續觀察各類教具的使用成效，並透過持續觀察小朋友的學習效果，以回饋整體成效及未來精進方向。	謝謝委員建議，計畫人員於教具參展過程中亦有觀察參展學生及民眾學習意願及成效(如第一代教具無展示地層孔隙概念，經現場展覽發現民眾對此概念有所不解，故於第二三代教具增添地層模擬套組)，並綜合回饋單調查之結果，作為未來計畫規畫及修正之重要參考依據。
四、	教具之解說內容可再生動，讓小朋友更能接受及瞭解，達宣導目的。	謝謝委員建議，教具設計與解說內容將會持續精進。
五、	已設計學習單，若未來可正式推動，宜規劃種子師資的培訓方式。	謝謝委員建議，歷年教具開發計畫均有辦理種子教師培訓活動，由計畫主持人進行教具理念及功能解說，計畫人員針對校園學童進行教具實際操作，並提供教具相關操作手冊及示範教案，透過此方式進行種子教師培訓工作。
六、	計畫成果豐碩，利用 STEAM 教育理念設計教材，建議可將相關理念之教材數化於線上供民眾學習，並將互動式平台與本局水土保持及農村再生教育網結合，以擴大相關成果之應用性。	謝謝委員建議，本計畫願意授權提供互動式平台之相關內容，讓大局將平台內容與水土保持及農村再生教育網結合，進而提升相關成果之應用性。
七、	具體落實於防災科普教育。	謝謝委員的肯定與支持！
八、	運用 STEAM 理念協助本局防災教具開放，有其一定的效益。	謝謝委員的肯定與支持！

九、	此計畫以 STEAM 理念去開發水上防災教育教具具體可行，且教材生動，可增加學生之學習力。	謝謝委員的肯定與支持！
----	---	-------------