

計畫編號：111 保發-8.1-保-01-06-001(2)

大規模崩塌防災教育教具包研發
Development of teaching aid packages for
large scale-landslide disaster prevention

(成果報告)

執行單位：國立臺灣海洋大學河海工程學系

執行期間：111 年 01 月 18 日至 111 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 111 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)

大規模崩塌防災教育教具包研發

摘要

為增添大規模崩塌防災教育學習資源，與創造學生及一般民眾全新的學習體驗，本計畫以大規模崩塌中的順向坡災害為主題，同時融入 STEAM 教育理念，開發出一套具備「現象與災害成因觀察」、「監測系統互動」、「與「整治工法互動」等三大主題模組之順向坡防災教具包，以及兩種地層結構破壞機制學習模組。所有教具模組均具備單一推廣之能力，教學時可依據課程需求選用單一模組進行使用。教具也可以串聯所有模組進行完整教學，如此可依循 STEAM 教學步驟之現象觀察、情境解構到解決問題的流程，將大規模崩塌與坡地防災知識以素養教育方式呈現。此外，為提升教具的擴散能力，教具包以輕巧好組立為設計重點，老師可引導學童依照說明書指示自行組裝教具，讓學童在豐富的手做體驗下，使教具的學習更有感觸。最後，本計畫共進行了四場教具包推廣與展示活動，經教具體驗回饋問卷統計顯示，98%以上人員均對大規模崩塌災害及坡地防災知識有所理解，且學習到土石流與深層崩塌災害之差異，教具推廣成效良好，顯示本計畫已如期如質達到推廣大規模崩塌防災教育之目標。

關鍵字：防災教育、大規模崩塌、順向坡、互動式教具、STEAM

Development of teaching aid packages for large-scale landslide disaster prevention

Abstract

To increase the learning resources for large-scale landslide disaster prevention education and create a new learning experience for students and the general public, this project is based on the theme of large-scale landslide disasters, which incorporates the STEAM education concept, to develop a teaching aid package with three thematic modules (observation module for phenomenon and disaster causes, the interactive module of the landslide monitoring system, and interactive module of engineering remediation) and two small modules for observing landslide failure process of stratum structure. All teaching modules have the ability to be used as a single module, so teachers can select a single module to use according to the need of the course. The teaching aids can also be connected in series with all modules for a full set of teaching. In this way, the knowledge of large-scale landslide disaster prevention can be presented in the form of literacy education according to the process of phenomenon observation, situation interpretation, and problem-solving in the STEAM teaching steps. In addition, to enhance the ability to disseminate teaching aids, the teaching aids package is designed to be lightweight and easy to assemble. Teachers can guide the students to assemble the teaching aids by themselves according to the instructions so that the students can learn the teaching aids more sensitively with hands-on experience. Finally, the project conducted four demonstration and promotion activities of the toolkits, and the feedback questionnaire showed that more than 98% of the participants understood the knowledge of large-scale landslide disaster and slope disaster prevention and learned the difference between debris flow and deep-seated landslide disaster, which shows that the project has achieved the goal of promoting large-scale landslide disaster prevention education as scheduled.

Keywords: Disaster prevention education, large-scale landslide, dip slope, interactive educational aids, STEAM

目次

摘要.....	I
Abstract.....	II
目次.....	III
表次.....	VI
圖次.....	VII
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 前期計畫成果	1-7
第二章 工作執行方法與步驟	2-1
第一節 順向坡基底模組製作	2-4
第二節 現象與災害成因觀察模組製作	2-5
第三節 監測系統互動模組製作	2-6
第四節 整治工法互動模組製作	2-9
第五節 地層結構破壞機制學習模組	2-10

第六節	教學輔助資源製作	2-13
第七節	配合水保局參加水保教育與教具推廣活動	2-15
第八節	水土保持教育宣傳成效蒐集	2-15
第三章	工作執行成果	3-1
第一節	順向坡基底模組製作	3-1
第二節	現象與災害成因觀察模組製作	3-5
第三節	監測系統互動模組製作	3-10
第四節	整治工法互動模組製作	3-20
第五節	地層結構破壞機制學習模組	3-30
第六節	教學輔助資源製作	3-32
第七節	配合水保局參加水保教育與教具推廣活動	3-44
第八節	水土保持教育宣傳成效蒐集	3-50
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-1

附錄一、期初委員審查意見	附-1
附錄二、期中委員審查意見	附-5
附錄三、教具操作手冊	附-7
附錄四、教育推廣教案	附-22
附錄五、期末聯合審查暨成果發表會委員審查意見	附-31

表次

表 1-1 107 至 110 年度教具功能比較表	1-12
表 3-1 教具宣導成效問卷(一般民眾及水保教育相關人員)	3-51
表 3-2 教具宣傳成效問卷(學生)	3-51

圖次

圖 1-1 STEAM 五大精神	1-5
圖 2-1 工作執行步驟流程圖	2-3
圖 2-2 順向坡基底模組設計圖	2-4
圖 2-3 現象與災害成因觀察模組設計圖	2-6
圖 2-4 監測系統互動模組設計圖	2-8
圖 2-5 整治工法互動模組設計圖	2-10
圖 2-6 地層結構破壞機制學習模組(模組一)設計圖	2-11
圖 2-7 地層結構破壞機制學習模組(模組二)：設計圖(使用中)	2-12
圖 2-8 地層結構破壞機制學習模組(模組二)：設計圖(使用完畢回 復教具示意)	2-12
圖 2-9 STEAM 教學教育步驟	2-14
圖 3-1 順向坡基底模組雷射切割零件	3-2
圖 3-2 順向坡基底模組組立完畢樣貌	3-3
圖 3-3 人機介面播放內容示意圖 (主頁)	3-4
圖 3-4 人機介面正面照	3-4
圖 3-5 人機介面背面照	3-5
圖 3-6 現象與災害成因觀察模組	3-7
圖 3-7 電磁鐵機關	3-8

圖 3-8 抽水馬達照片	3-8
圖 3-9 人機介面上方之灑水器	3-9
圖 3-10 現象觀察專區動畫示意圖	3-9
圖 3-11 監測設備互動模組樣貌(正面).....	3-13
圖 3-12 監測設備互動模組擺放後樣貌	3-14
圖 3-13 地表變位儀零件	3-15
圖 3-14 雨量筒零件	3-15
圖 3-15 太陽能板零件	3-16
圖 3-16 地下水位觀測井及傾斜管	3-17
圖 3-17 監測設備情境初始階段	3-18
圖 3-18 監測設備情境第二階段 (降雨量達豪雨標準)	3-18
圖 3-19 監測設備情境第三階段 (降雨量達大豪雨標準)	3-19
圖 3-20 監測設備情境第四階段 (降雨量達超大豪雨標準)	3-19
圖 3-21 整治工法互動模組樣貌	3-22
圖 3-22 排樁工法模型	3-23
圖 3-23 擋土牆模型	3-23
圖 3-24 地錨模型	3-24
圖 3-25 格梁護坡模型	3-24
圖 3-26 地表排水	3-25

圖 3-27 地中排水模型(集水井)	3-25
圖 3-28 災害整治專區首頁(人機介面)	3-26
圖 3-29 地中排水工法介紹 (人機介面)	3-26
圖 3-30 地表排水工法介紹 (人機介面)	3-27
圖 3-31 排樁工法介紹 (人機介面)	3-27
圖 3-32 擋土牆工法介紹 (人機介面)	3-28
圖 3-33 地錨工法介紹 (人機介面)	3-28
圖 3-34 格樑護坡介紹 (人機介面)	3-29
圖 3-35 地層結構破壞機制模組-模組一	3-31
圖 3-36 地層結構破壞機制模組-模組二	3-31
圖 3-37 教具推廣海報 DM	3-34
圖 3-38 知識加油站(人機介面播放)	3-35
圖 3-39 大規模崩塌定義	3-35
圖 3-40 大規模崩塌懶人包	3-36
圖 3-41 坡地災害類型	3-36
圖 3-42 崩塌發生機制	3-37
圖 3-43 崩塌發生機制(發生因子：降雨)	3-37
圖 3-44 崩塌發生機制(發生因子：地質)	3-38
圖 3-45 崩塌發生機制(發生因子：地下水位)	3-38

圖 3-46 崩塌發生機制(發生因子：土壤含水量)	3-39
圖 3-47 崩塌發生機制(發生因子：透水性)	3-39
圖 3-48 大規模崩塌懶人包-答案一	3-40
圖 3-49 大規模崩塌懶人包-答案二	3-40
圖 3-50 大規模崩塌懶人包-答案三	3-41
圖 3-51 大規模崩塌懶人包-答案四	3-41
圖 3-52 大規模崩塌懶人包-答案五	3-42
圖 3-53 大規模崩塌懶人包-答案六	3-42
圖 3-54 大規模崩塌懶人包-答案七	3-43
圖 3-55 北大國小教具內容與防災知識介紹	3-46
圖 3-56 計畫主持人示範教具使用方法	3-47
圖 3-57 防減災策略與教育深耕研討會-教具展覽活動	3-47
圖 3-58 水土保持酷學校、示範基地授證儀式及教育論壇-教具展 覽活動	3-48
圖 3-59 基隆西定國小教具體驗活動	3-48
圖 3-60 計畫主持人簡報教具製作過程及教具內涵	3-49
圖 3-61 水保教育相關人員問卷製作成果	3-52
圖 3-62 GOOGLE 表單問卷製作成果(國、高中學生)	3-53
圖 3-63 GOOGLE 表單問卷製作成果(國小學童)	3-54

圖 3-64 一般民眾及水保教育相關人員問卷製作成果(前測).....	3-55
圖 3-65 教具體驗前問卷調查結果.....	3-56
圖 3-66 教具體驗後問卷調查結果.....	3-56

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，水保局正如火如荼地推動大規模崩塌災害防災減災計畫，計畫之主要三大目標分別為：「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、規劃與整治方面外，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，進而提升水保局減災成果，而國內 142 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，本計畫於 107 至 110 年度期間內已成功透過創新之大規模崩塌教具營造全新的教學與教育模式，成功將水土保持環境教育與防災教育深植於學童心中，明確達到水保與防災教育縱向扎根之目的。

由於既有開發的教具體積較大，較適合於大型展覽活動中，直接向民眾與學童展示與互動，如果要進入水土保持酷學校教室進行擴散

則會有空間上的阻礙，且採購經費相對昂貴，對於學校自行採購進行擴散也會受到影響。因此，本年度為使大規模崩塌防災教育知識可直接在酷學校教室擴散，本計畫擬發展大規模崩塌教具包，朝體積收納方便與學生可自行簡單組裝方式設計，讓大規模崩塌防災教育知識在各教室真正能發生。

再者，大規模崩塌現象關於岩體滑動的災害可分為幾種類型：(1)平面型；(2)圓弧型；(3)楔型；(4)複合型。其中，107 至 110 年度計畫均係採用圓弧型岩體滑動作為大規模崩塌之教具主題，故今(111)年度計畫提出以平面型滑動(順向坡)為主題之大規模崩塌防災教育教具，藉此增添大規模崩塌防災教育知識之廣度。

此外，大規模崩塌教具包涵蓋順向坡滑動、災害成因與防減災策略等知識，並建置可自行組裝之高互動性設計，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，以此呼應 108 年十二年國民教育新課綱中提及之素養導向教育模式，營造出嶄新的學習體驗，藉以提升學生自主學習、思考與創造的能力。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「大規模崩塌防災教育教具包」

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：

防治大規模崩塌災害問題，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，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：

大規模防災教具包採拼裝式設計，在拼裝教具的過程中可同時觀察教具上所提供的地層、坡地樣貌，以及監測設備、整治工法的種類，藉此加深後續教具體驗時的學習印象。此外，本年度計畫另有規劃地層結構破壞機制學習模組，該模組可讓體驗者自行堆疊教具所提供之粒料、手動注水模擬地下水上升過程等，讓體驗者在自行操作的過程中學習地層內顆粒與水之間的交互關係。

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，建立自主防災觀念。

四、 解決問題方面：

教具提供工法整治與災害監測等知識，讓參觀者體會「防止地下水蓄積，可以降低孔隙水壓上升」、「擋土工法的設置，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。教具各式模組提供觀察、動手、用腦與對話等多元感官學習，將艱澀的大規模崩塌相關知識轉化為輕鬆易懂的情境學習，達到學習力的開發。

透過前述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，並將「用心栽培下一代，打造水保新世代」塑造為全計畫的核心思想，將水土保持知識向下紮根、水平擴散，打造創新學習環境。

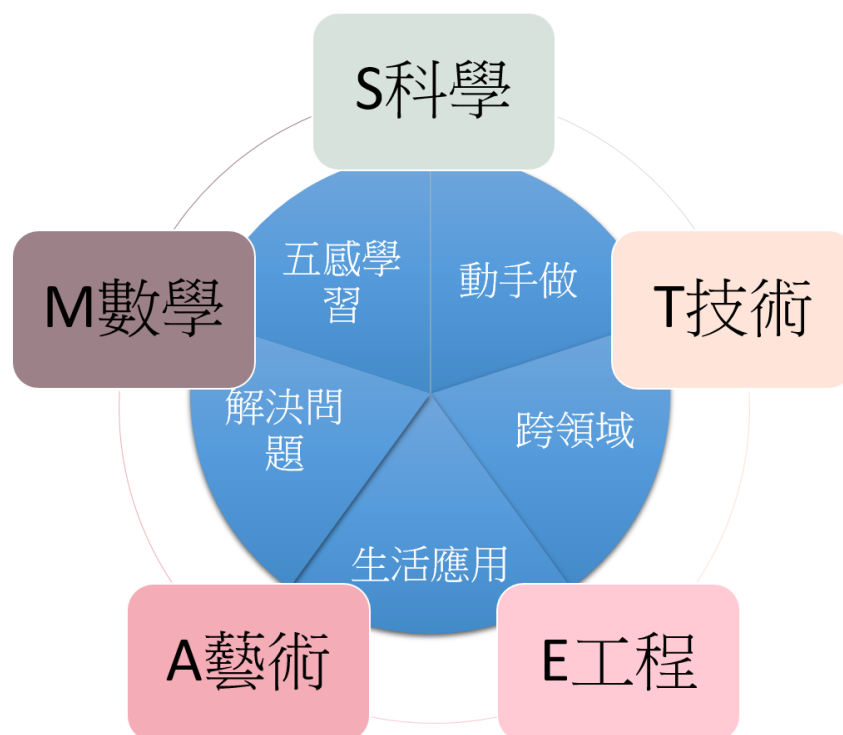


圖 1-1 STEAM 五大精神

資料來源：本計畫整理

第二節 計畫目標

依據擬解決之問題，共規劃三項主要工作目標：

- 一、打造大規模崩塌防災教育教具包—將教具化成可組裝的材料，製作前體積大幅縮小到一個工具箱，學生可自行組裝出不同的學習模組。教具模組由一個共用的「順向坡基底模組」結合不同學習主題的三套子模組搭配使用，三套子模組分別為「現象與災害成因觀察模組」、「監測系統互動模組」、與「整治工法互動模組」。

二、強化崩塌發生機制觀念—打造可強化崩塌發生機制觀念的輔助

教具，期可模擬地下水位上升導致邊坡發生崩塌之機制，如有效應力消失、土體重量增加、內摩擦力減小等現象的觀察。

三、增加水保教育在教室擴散的機會—由於教具體積縮小成教具包，

且教育知識也分割至各模組中，學校可針對單一模組進行採購，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。

第三節 工作項目內容

一、順向坡基底模組製作-以順向坡崩塌災害為主題之互動組合式模型。

二、現象與災害成因觀察模組製作-附加於順向坡基底模組上之獨立模組，提供降雨與地表逕流等真實水流模擬，並納入警戒水位、蜂鳴器與崩塌塊體滑落等設計，營造順向坡滑動之情境。

三、監測系統互動模組製作-附加於順向坡基底模組上之獨立模組，包含崩塌地模型、地表變位儀、地中傾斜管、水位計、雨量筒與太陽能板等監測設備互動模型，並製作人機介面以模擬真實監測情境。

- 四、 整治工法互動模組製作-附加於順向坡基底模組上之獨立模組，
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)工法設施模型，並設計為組裝式模型。
- 五、 地層結構破壞機制學習模組-包含土壤飽和土粒被水填充分離現
象、土體重量增加、內摩擦力減小等觀念與現象。
- 六、 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 DM。
- 七、 配合水保局參加水保教育與教具推廣活動-配合水保局參與四場
國內防災科普教育活動。
- 八、 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 前期計畫成果

本計畫團隊於 107 年度「地滑地搶救大作戰互動教具研發」計畫(國立臺灣海洋大學，2018)[2]開始積極參與國內各項展覽活動及校園推廣活動，並於各項教具推廣活動中發現，如果進行全台巡迴，將會有運送成本過高和便利性不足的問題，因此於 108 年度「地滑地搶救大作戰互動教具研發 2.0」計畫(國立臺灣海洋大學，2019)[3]中著重

在開發組裝式的教具，以提高運輸便利性，且增加防災教育知識的豐富度與改善模擬崩塌塊體滑動之機制，並於 109 年度計畫增加科技輔助畫面、智慧化控制系統及監測設備等功能藉以豐富整體教具的教學資源(國立臺灣海洋大學，2020)[4]。最後於 110 年度計畫將大規模崩塌教具化整為零，將尺寸縮減並分割各主題單元為四大主題教具模型，除了將教具採購價格大幅降低外，亦使各主題單元更能夠凝聚與獨立推廣，大幅度提升教具推廣能力(國立臺灣海洋大學，2021)[5]。各年度計畫互動式教具功能之比較如表 1-1 所示，並針對各年度計畫已完成之重要成果說明如下：

一、107 年度：

107 年度開發出國內第一套以地滑災害為主題之互動教具，教具採一體成型設計，較適合於定點展示推廣。教具特色在實際觀察到降雨情形，並縮小地滑災害尺度，於教室及參展空間展示使用，以此開啟大規模崩塌於校園與一般民眾之紮根工作。同時，教具亦開始向民眾與學生釐清土石流與地滑發生機制之差異。此外，為協助學童理解教具中地層分布與地下水位，在現實世界之樣貌，於校園實際進行地層探勘工作，獲取鑽探岩芯資料與地層柱狀，並建置地下水位觀測井

與開發簡易地下量測水位計，引導學生與教具模型作虛實連結，作為加深孩子對教具學習內容之理解。

二、108 年度：

為降低教具於全國各地參展所需之運費，108 年度開發出一套可組裝式地滑地互動式教具模型，且教具再融入地層組織構造模擬套組、採用浮力的原理觸動崩塌塊體滑動與增設輔助解說螢幕設備(先備知識建置與學習單)，讓民眾更清楚瞭解教具預計傳達的知識，並提升民眾學習成效。

三、109 年度：

109 年度開發之教具更提升了教具教學資源豐富度，包含(1)教具坡面採實際崩塌地地形，以 3D 列印方式製作出可直接觀察真實崩塌特徵之微地形；(2)增設一淺層崩塌滑動塊體，並以此帶出淺層崩塌之坡地災害類型知識；(3)增加崩塌地監測設備系統之展示；(4)增設智慧化的電子感測元件。此外，科技輔助畫面整體展示內容的設計均以 108 年課綱「以素養教育為主」的 STEAM 教育理念進行編排，並增加智慧化元素於科技輔助畫面中，教具從降雨、地下水位上升、蜂鳴器響起，到淺層與深層崩塌發生等，均可由科技輔助畫面進行手動與自動

的監控。學生能透過教具，依循現象觀察、情境解構、解決問題等一連串學習歷程來理解水保教育與自主防災之概念。

四、110 年度：

110 年度開發之教具係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，提升學習吸收率。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。該年度計畫亮點包括：(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。

上述四個年度計畫開發之教具已進行多次推廣活動並獲得具體成效，成果包含：(1)指導國立科學工藝博物館依循 107 年度計畫之設計概念，製作出大型之地滑展示設備，並將其安置於科工館莫拉克風災紀念館內提供民眾參觀與學習；(2)108 年度開發之教具模型授權科工館進行複製，複製後的成品進行全國防災教育特展使用；109 年度開發之教具模型授權水保局花蓮分局進行複製，複製後的成品於花蓮

當地舉辦之防災教育活動使用；(3)107 與 108 年度計畫開發之教具與學習手冊，已分別移交至基隆信義國小與花蓮松浦國小兩間水土保持酷學校中，而 110 年度所開發教具則移交至水土保持總局，作為水保教育之擴散工具使用，並授權新北市三峽區北大國小進行複製，且計畫發展至今已協助培育 130 位國小高年級種子學生與 90 位國小種子老師。後續可藉由這些種子，在校園與社區將水保知識進行擴散；(4)計畫於 107 至 110 年度期間內共參加 19 場教具展覽活動，吸引超過 15000 人次的民眾參觀，達到宣揚水土保持教育之目的。

表 1-1 107 至 110 年度教具功能比較表

項目	系統名稱	107 年度教具	108 年度教具	109 年度教具	110 年度教具
1	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
2	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
3	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
4	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
5	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
6	監測系統模型	X	X	✓	獨立功能模組建立
7	抑止工法模組	✓	✓	✓	
8	地表排水工法	✓	✓	✓	
9	地中排水工法	手動控制	手動控制	智慧化控制	
10	拆裝便捷性	無	低	中	高
11	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：「打破知識傳遞的藩籬-大規模崩塌防災知識教育推廣隨時隨地不受限」，係將以往一體成型的大規模崩塌教具製作為組裝式教具，提升推廣能力的同時也增添豐富的動手做元素，並融入 STEAM 教學理念進行開發，藉此強化學童的專注力、防災知識吸收度和鏈結思考能力，冀望藉此營造出動手做、思考與探究的嶄新學習模式。本計畫以 107 至 110 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強化、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順向坡滑動防災教育知識建置為防災教育教具包，內容涵蓋：「順向坡基底模組」、「現象與災害成因觀察模組」、「崩塌監測系統互動模組」、「整治工法互動模組」，共一式基底與三式主題單元模組，以及兩款「地層結構破壞機制學習模組」之補充學習模組。藉由主題單元劃分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，同時深化防災知識內容。

再者，為增添教具互動性，順向坡模組皆採用組合式設計，讓學生藉由自行組裝與思考配置的過程，營造五感學習的教育模式，不僅

能夠加深順向坡構造之瞭解，也能夠學習解決問題之素養能力。另教具尺寸設計為 A3 左右的大小，此組合式設計同時具備低造價、低運費與節省空間等高效推廣能力，使教具推廣不侷限於展場與推廣活動，也能加入自然、理化與地球科學等國民教育課程中，讓大規模崩塌教育推廣不受時間、空間限制。

針對今(111)年度的工作內容，本計畫擬定八項工作實施之方法與步驟，規劃出本年度之工作流程圖(圖 2-1)。

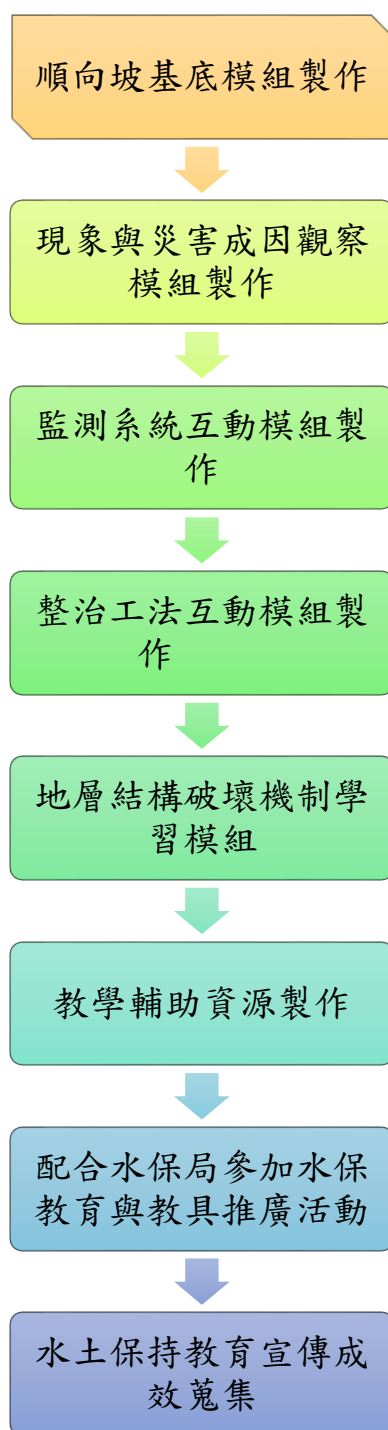


圖 2-1 工作執行步驟流程圖

資料來源：本計畫整理

第一節 順向坡基底模組製作

基底模組設計為組合式模型，該模組為順向坡樣式之山坡地模型(圖 2-2)，且各單元間彼此可以進行堆疊組裝，形成可進行演示、解說之教具。藉由本模組之高度互動性教程，教師於課程中講授防災教育知識前，可讓學生先行組裝順向坡基底模型，激發學生學習慾望，並讓學生藉此觀察與探索山坡地的順向坡之結構特徵。

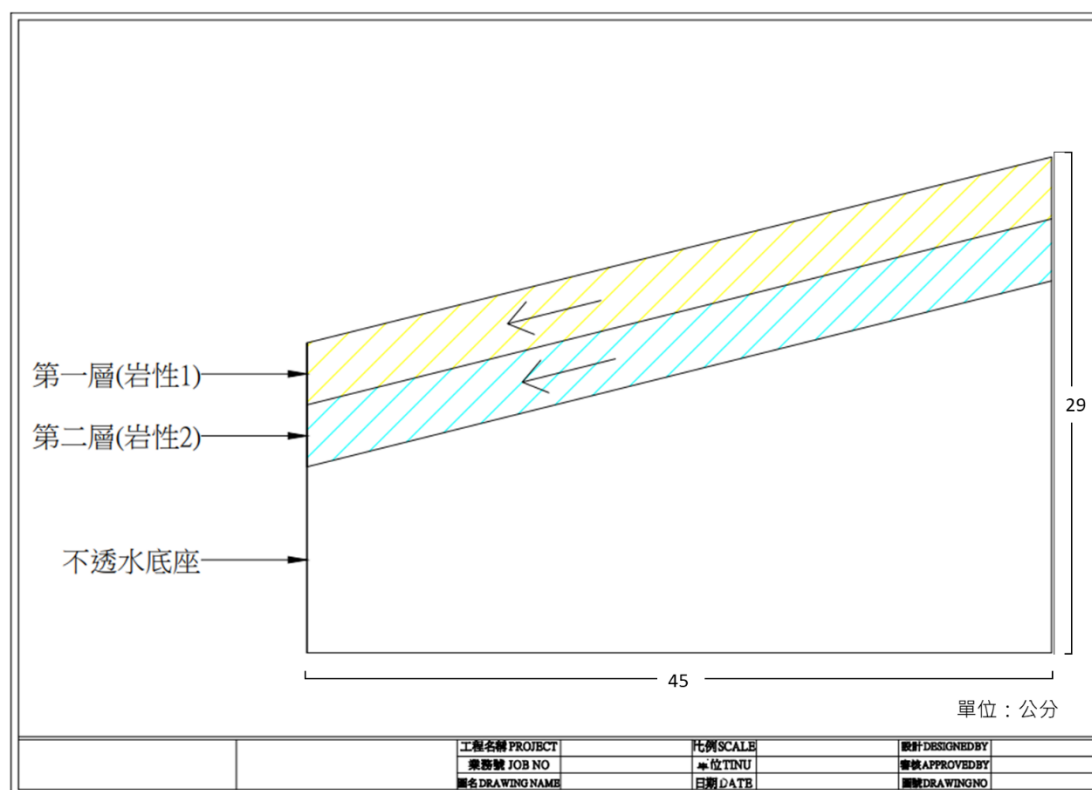


圖 2-2 順向坡基底模組設計圖

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

為創造符合素養教育之學習情境與脈絡，本計畫以大規模崩塌災害之現象觀察、情境解構作為主軸獨立劃分為一個主題模組，設計模組可在「順向坡基底模組」上進行疊加，並增加滑動功能以模擬岩層崩滑現象(圖 2-3)。另製作灑水器模組與選擇適當之抽水馬達，放置於基底模組的水槽內，藉以傳遞降雨、地表逕流及地下水累積現象，而為了防止雨水噴濺，製作可放置在模型左右兩側之壓克力檔水板。

透過降雨功能模擬地層內部之地下水位上升，當地下水位達警戒水位時，系統觸發地滑災害之警報，隨後引發地滑事件。其中，地下水位觀測以人機介面呈現，當啟動開關後，除開啟降雨功能外，亦同時於人機介面顯示地下水位上升之情境，當地下水位上升至設定之警戒水位時，先觸發蜂鳴器(災害警報)再啟動地層滑動機關(災害發生)。藉此教學主題模塊之情境脈絡，可讓學生進行地滑災害現象的觀察、災害成因與機制的探索、地滑災害與警戒水位關係的學習等，也能夠從組裝教具的過程中啟發獨立思考、如何解決問題的能力，達到讓學習產生意義之成效。

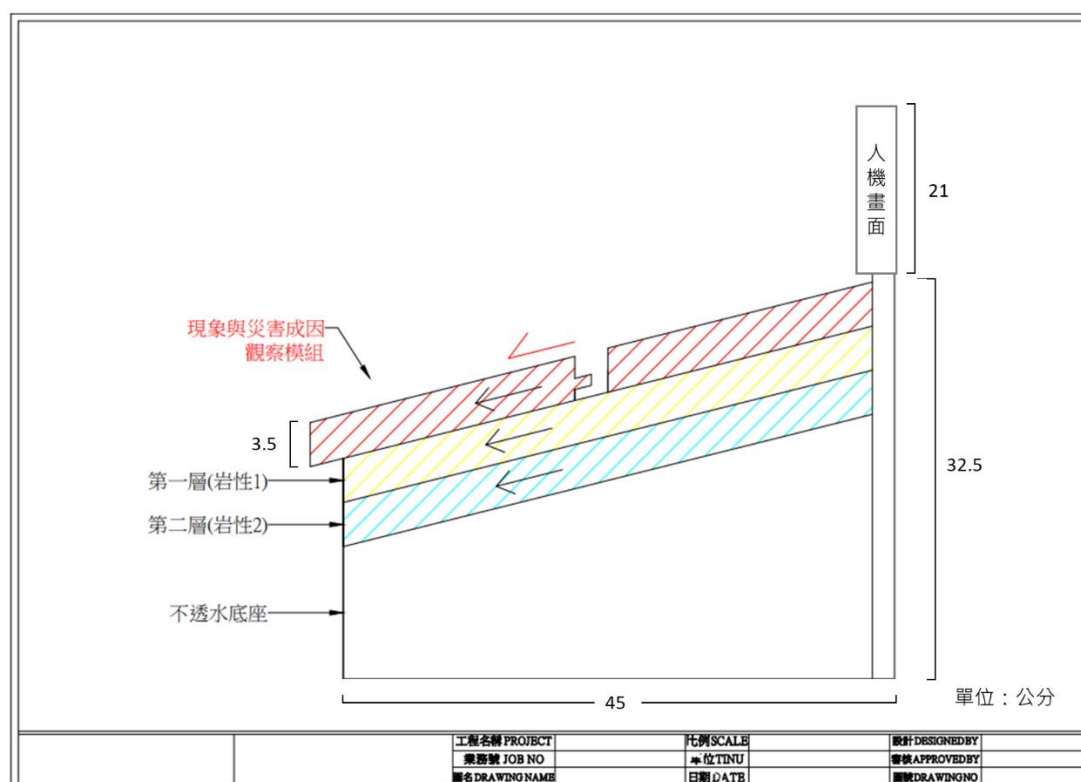


圖 2-3 現象與災害成因觀察模組設計圖

資料來源：本計畫整理

第三節 監測系統互動模組製作

本模組教學目的係透過監測設備模型呈現實地崩塌地監測之情境，因此本計畫將前(110)年度計畫教具之崩塌監測系統模組進行改良並設計為一可組裝式模組，可自行組裝並堆疊於「順向坡基底模組」上，因前年度計畫採用一體成型之崩塌監測設備模組及電子面版展示監測情境，除互動性可再進行加強外，電子面版的監測情境展示亦可改用更加清晰之人機介面進行展示。

鑑此，本年度監測系統模組(圖 2-4)設計為可自行組裝或一體成型之監測設備，包含：地表變位儀、傾斜管設備、太陽能板系統、水位計與雨量筒。另於模組坡面上設計模型擺放空間，可將組建完畢之監測設備擺放於對應之位置上。經由本模組動手拼湊、思考與探索之特性，可激發學生自主學習，藉此探索與學習各式坡地監測設備之樣貌與功能。此外，本計畫設計一式監測面板以播放各監測設備隨時間變化之數據資料與圖像，將模組上所有監測設備在實務上量測數據之形式呈現於面板上，並設定一固定之監測設備情境。監測設備情境如下：

- 一、 Step0：開啟開關，太陽能板將持續顯示 12v (工作用電)，同時啟動降雨音效。
- 二、 Step1：自開關啟動後，雨量筒每兩秒增加 100 mm，地下水位計每兩秒增加 1 單位，而傾斜管則顯示一直線之圖像(地層未滑動)，地表變位儀尚未啟動。
- 三、 Step2：當降雨量累積至 200 mm (豪雨)時，傾斜管則顯示第一次變形，而地表變位儀則開始增加位移量(每 2 秒增加 5cm)。
- 四、 Step3：當降雨量累積至 350 mm (大豪雨)時，傾斜管則顯示第二次變形，而此時地下水位達警戒水位，觸發警報。

五、 Step4：當降雨量累積至 500 mm (超大豪雨)時，傾斜管之圖像完

全消失，代表地層變位過大監測失效，且地下水位、地表變位達最大值。

六、 Step5：監測結束，系統停留在災害後之監測畫面。

前述情境影片設計時長為 13 秒，透過上述監測情境搭配監測設備模型，藉此學習實務上之崩塌地監測過程與方式，有效提升防災教育傳遞之成效，讓教具達到寓教於樂的效果。

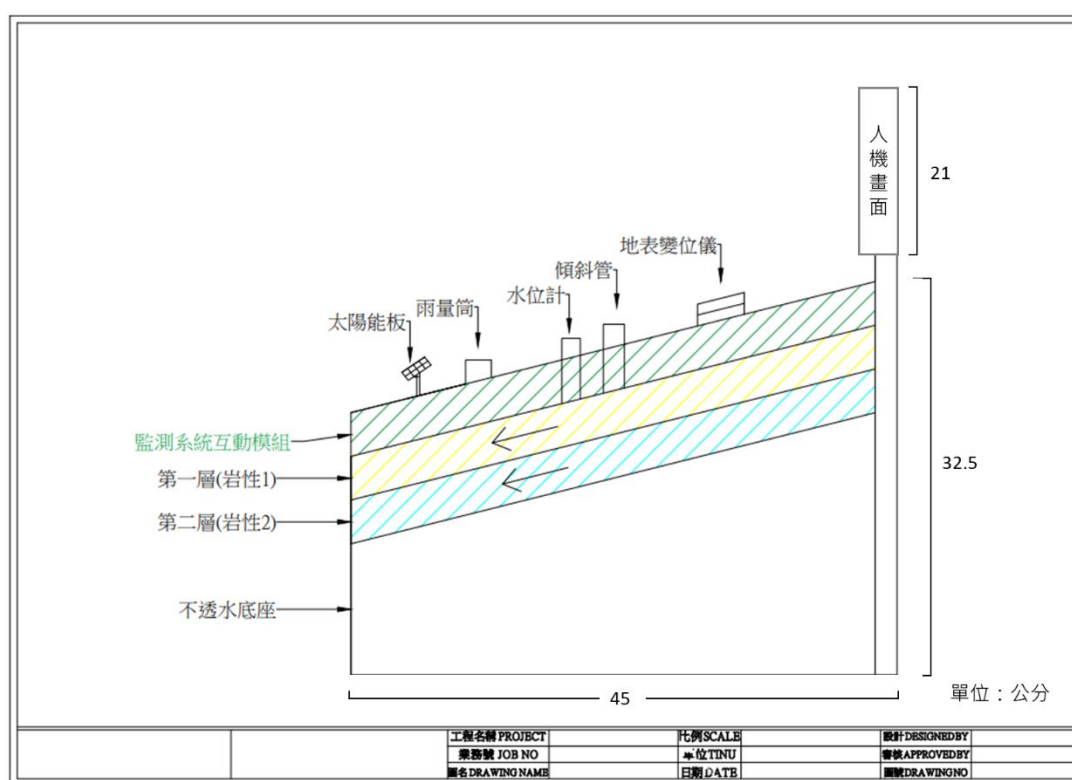


圖 2-4 監測系統互動模組設計圖

資料來源：本計畫整理

第四節 整治工法互動模組製作

為提升整治工法之互動性與擴散性，本計畫設計可在「順向坡基底模組」上疊加之整治工法主題模組。整治工法模組(圖 2-5)製作方式、流程和功能詳如下述：

- 一、設計剛性(擋土牆、排樁、地錨、格樑護坡等)工法設施模具，採用 3D 列印製作而成，供學生自行擺放組合及觀察各種整治工法之功能和樣貌。
- 二、模組坡面上以大圖輸出整治工法真實樣貌，讓學習者選擇正確的整治工法並擺放於實際工法圖片旁，藉此瞭解真實工法施作於邊坡上之樣貌。
- 三、於模組坡面製作地表排水系統(橫向與縱向排水溝)，係開挖溝槽呈現排水溝渠之樣貌。
- 四、增設地中排水系統(集水井)，集水井採用雷射版製作而成，讓學生自行組裝後安裝於模組坡面上、觀察集水井結構，並搭配說明書學習集水井之功能與效益。

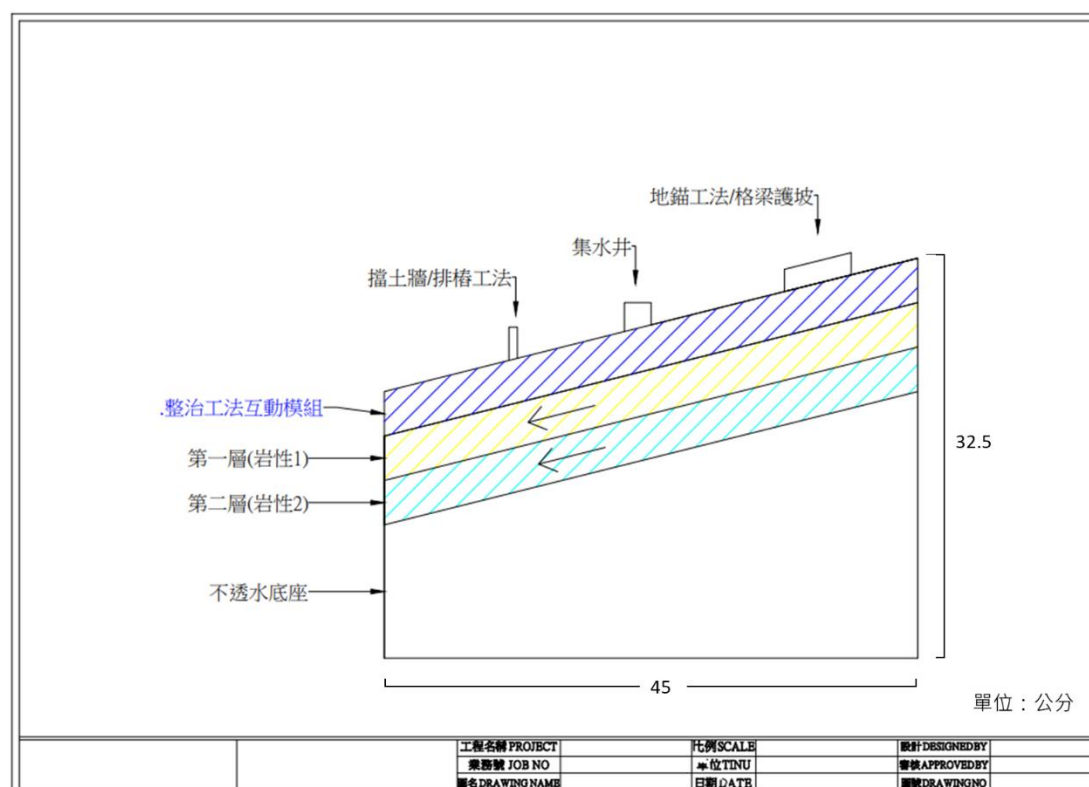


圖 2-5 整治工法互動模組設計圖

資料來源：本計畫整理

第五節 地層結構破壞機制學習模組

設計兩套崩塌機制與觀念學習模組，透過模組加強學生學習崩塌災害之致災因子。兩主題模組說明如下：

- 一、 模組一：模組設計為水位上升導致土堆崩塌之觀察模型，提供 5mm 至 30mm 粒徑大小不一之土石顆粒，讓學習者自行堆疊成小山丘形狀，引出安息角之概念，並可自行於模組注水區中加水。其中，注水區製作為雙層設計，讓水從土壤顆粒底部上升滲入，導致土壤顆粒結構間的內摩擦力變小並坍塌。另模組設計

簡易彈簧秤或現成磅秤，提供學生觀測土堆隨水量增多，土體變重與土堆遭受破壞之變化歷程，藉此讓學生學習崩塌發生之機制與觀念。模組設計圖如圖 2-6 所示。

二、 模組二：設計一封閉式滴漏模型，上層放置水體，下層放置土壤顆粒，透過漏斗機制由上方自動滲水，雨水會順著漏斗結構流至模型下方，雨水累積會導致地下水位上升，並由底部入滲至土體中，從而導致土體間有效應力下降，土體顆粒上浮等現象。藉此讓學生觀察水位上升導致土體結構失穩並坍塌之情境，增添傳遞崩塌機制與觀念之成效。模組設計圖如圖 2-7、圖 2-8 所示。

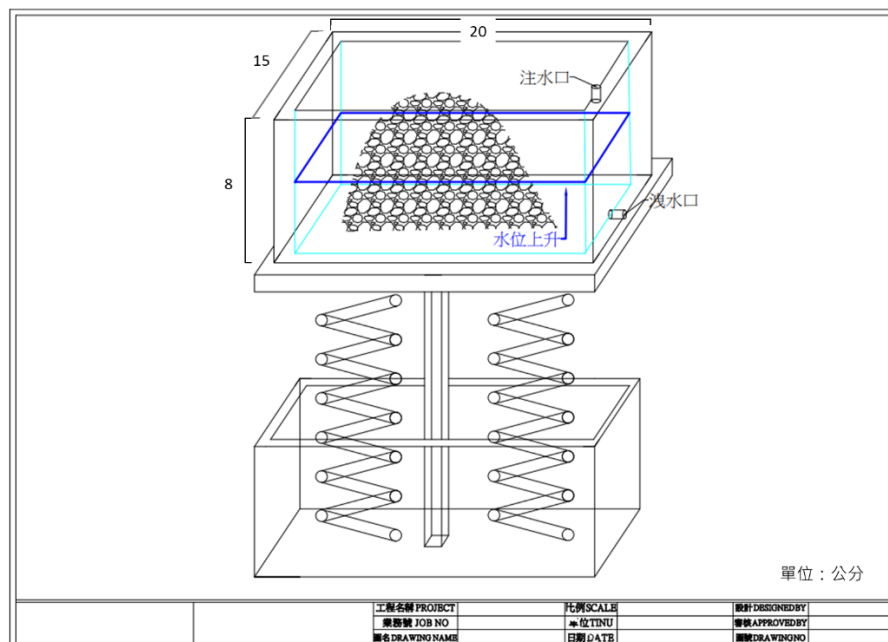


圖 2-6 地層結構破壞機制學習模組(模組一)設計圖

資料來源：本計畫整理

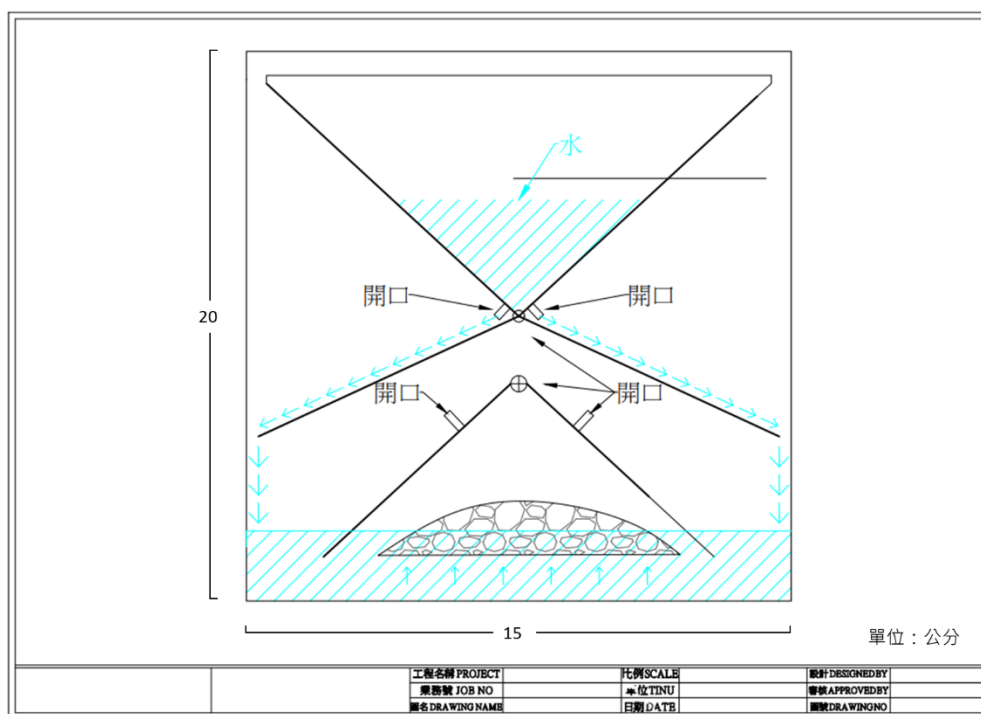


圖 2-7 地層結構破壞機制學習模組(模組二)：設計圖(使用中)

資料來源：本計畫整理

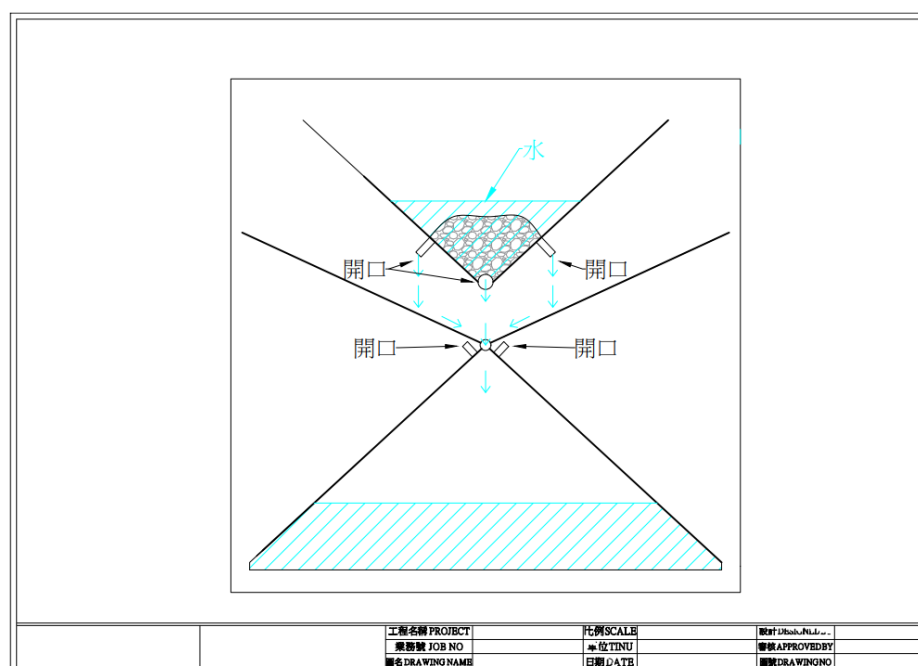


圖 2-8 地層結構破壞機制學習模組(模組二)：設計圖(使用完畢回復)

教具示意)

資料來源：本計畫整理

第六節 教學輔助資源製作

為輔助教具展示和教學需要，本計畫針對一式基底模組、三式主題單元模組與兩式機制學習模組之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四個教材製作主軸：

一、 各模組功能使用手冊

手冊內容包括順向坡模組與地層破壞機制模組之各別功能說明與操作方式，包括：順向坡基底模組、現象與災害成因觀察模組、崩塌監測系統互動模組、整治工法互動模組與兩款地層結構破壞機制學習模組，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 2-9)。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、 教具海報 DM 製作

教具海報 DM 製作主要搭配實體教具提供水保知識教學展示使用，利用海報 DM 介紹本年度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。同時該海報 DM 亦會搭配展覽活動進行展示，以符合防災教育推廣需求。

四、 知識加油站

大規模崩塌防災教育教具尺寸僅為 A3 大小，然而大規模崩塌防災教育涵蓋知識內容相當多，因此本計畫於教具上方人機介面增設一「知識加油站」專區，藉由專區收錄教具上不易呈現之防災教育內容，充分增進與強化教具的防災知識傳遞效益。專區採用水土保持局之坡地災害分類，大規模崩塌之定義與懶人包，以及崩塌災害發生機制等知識內容，藉此建立完善之知識加油站專區。

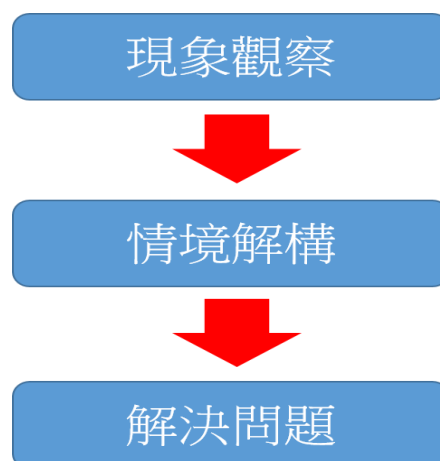


圖 2-9 STEAM 教學教育步驟

資料來源：本計畫整理

第七節 配合水保局參加水保教育與教具推廣活動

為讓教具發揮最大知識傳遞功效，本計畫配合水保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。本年度配合水保局參加 4 場國內防災科普教育活動，因應教具製作時程，規劃使用既有開發(110 年度)之教具參與前兩場展覽活動，而本年度新開發教具則規劃用於參加後兩場展覽活動。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，包含前期計畫協助水保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心問題，每次填答時間以 15 至 30 秒內回答完畢為原則，因此調查的題目數量設計為四至五題。

問卷設計係依照不同年齡層、體驗者性質分為：(1)國小學童；(2)國、高中學生；(3)一般民眾及水保教育相關人員。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。上述問卷皆採用 GOOGLE 表單製作，並將連結轉成 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，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

本計畫已完成原先規畫之所有工作項目，包含：(1)順向坡基底模組製作；(2)現象與災害成因觀察模組製作；(3)監測系統互動模組製作；(4)整治工法互動模組製作；(5)地層結構破壞機制學習模組；(6)教學輔助資源製作；(7)水土保持教育宣傳成效蒐集。針對已完成之執行成果說明如下：

第一節 順向坡基底模組製作

本模組製作工作以順向坡之主體模型為主，模型製作係使用雷射切割將高密度保麗龍切割成坡體各部位所需之卡榫零件形狀，後於零件表面進行玻璃纖維處理，製作完成之零件(圖 3-1)可透過簡易卡榫結構組裝模型，並使用膠槍及膠帶等接著劑固定模型上各零件。模組組裝完成樣貌如圖 3-2 所示，模組長寬高為 45cm*30cm*29cm。本模組為「現象與災害成因觀察模組」、「監測系統互動模組」及「整治工法互動模組」之基底，各模組可疊加至基底上方，並可抽換三種模組以進行不同防災主題之操作與學習。再者，順向坡基底模組上方具備人機互動介面系統的支撐結構，提供後續三個模組互動功能、情境展演與補充知識之使用(圖 3-3)，以此增添教具科技元素及更豐富的防災知識內容。

此外，為了降低教具包造價及提升包裝與運輸之便利性，人機介面需在保有足夠演示效果之條件下盡可能輕巧化，故本計畫選定 7.5 吋螢幕大小之人機介面(圖 3-4、圖 3-5)為主要配置，藉此達到將大規模崩塌教育帶入國小教室之效益。

綜上所述，藉由學習者自行組裝教具，可以從中學習邏輯思考、解決問題與順向坡樣貌觀察等，此種教學模式除了能夠大幅度提升教具互動性外，更能讓學習者聚焦於教具上，使學習者能有效瞭解順向坡樣貌等觀念，為後續進行其他模組之學習提供基礎認知。



圖 3-1 順向坡基底模組雷射切割零件(攝於 111 年 06 月 10 日)

資料來源：本計畫整理



圖 3-2 順向坡基底模組組立完畢樣貌(攝於 111 年 06 月 10 日)

資料來源：本計畫整理



圖 3-3 人機介面播放內容示意圖 (主頁)

資料來源：本計畫整理



圖 3-4 人機介面正面照(攝於 111 年 05 月 20 日)

資料來源：本計畫整理

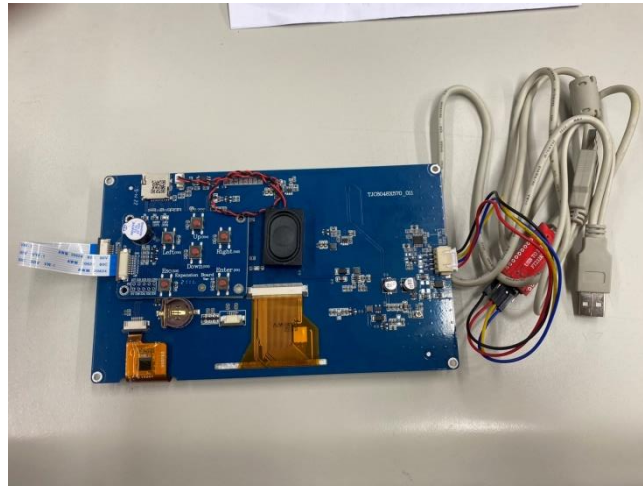


圖 3-5 人機介面背面照(攝於 111 年 05 月 20 日)

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

現象與災害成因觀察模組可由「現象觀察專區」進行操作，其可模擬降雨並顯示地下水位模擬數值，當地下水位超過警戒值時，蜂鳴器響起，隨後發生地滑災害。模組中主要功能建置詳細內容如下：

一、組合式模組零件與滑動功能

本計畫將現象與災害成因觀察模組製作為組合式，模組使用材料與順向坡基底模組相同，透過雷射切割製作各零件，並將模組切割為上、下兩塊體(圖 3-6)，並搭配電磁鐵機關(圖 3-7)推動下層塊體，藉此模擬順向坡滑落之情境。本功能亦結合人機介面中「現象觀察」專區進行控制，當現象觀察專區動畫中地下水位上升至警戒水位時，將觸發蜂鳴器並引發崩塌塊體滑落。

二、 降雨系統

降雨系統採用單一抽水馬達(圖 3-8)進行抽水，水體經由管道連通至人機介面上方灑水器以模擬降雨功能(圖 3-9)，此降雨功能係以人機介面進行控制，當開啟人機介面首頁之「現象觀察」專區，抽水馬達將自動開啟，持續降雨至整體情境結束，藉此真實降雨模擬提升教具對學習者的吸引力。

三、 現象觀察專區

現象觀察專區位於人機互動畫面內，由畫面首頁點選此專區後將自動撥放崩塌模擬情境動畫(圖 3-10)，動畫各步驟如下述：

第一步：開啟現象觀察專區，觸發主動畫、雷雨音效與降雨模擬。

第二步：動畫中地下水位上升達警戒水位時，觸發蜂鳴器。

第三步：蜂鳴器持續 2 秒後，觸發塊體滑落。

第四步：主動畫結束，降雨、雷雨音效、蜂鳴器關閉。

藉由上述情境讓學習者學習降雨導致地下水位上升，當地下水位上升至警戒水位時，觸發警報(蜂鳴器)，爾後觸發崩塌塊體滑落，以此脈絡有效傳遞真實順向坡滑動災害之現象與成因，讓學習者觀察與思考崩塌災害樣貌與機制。

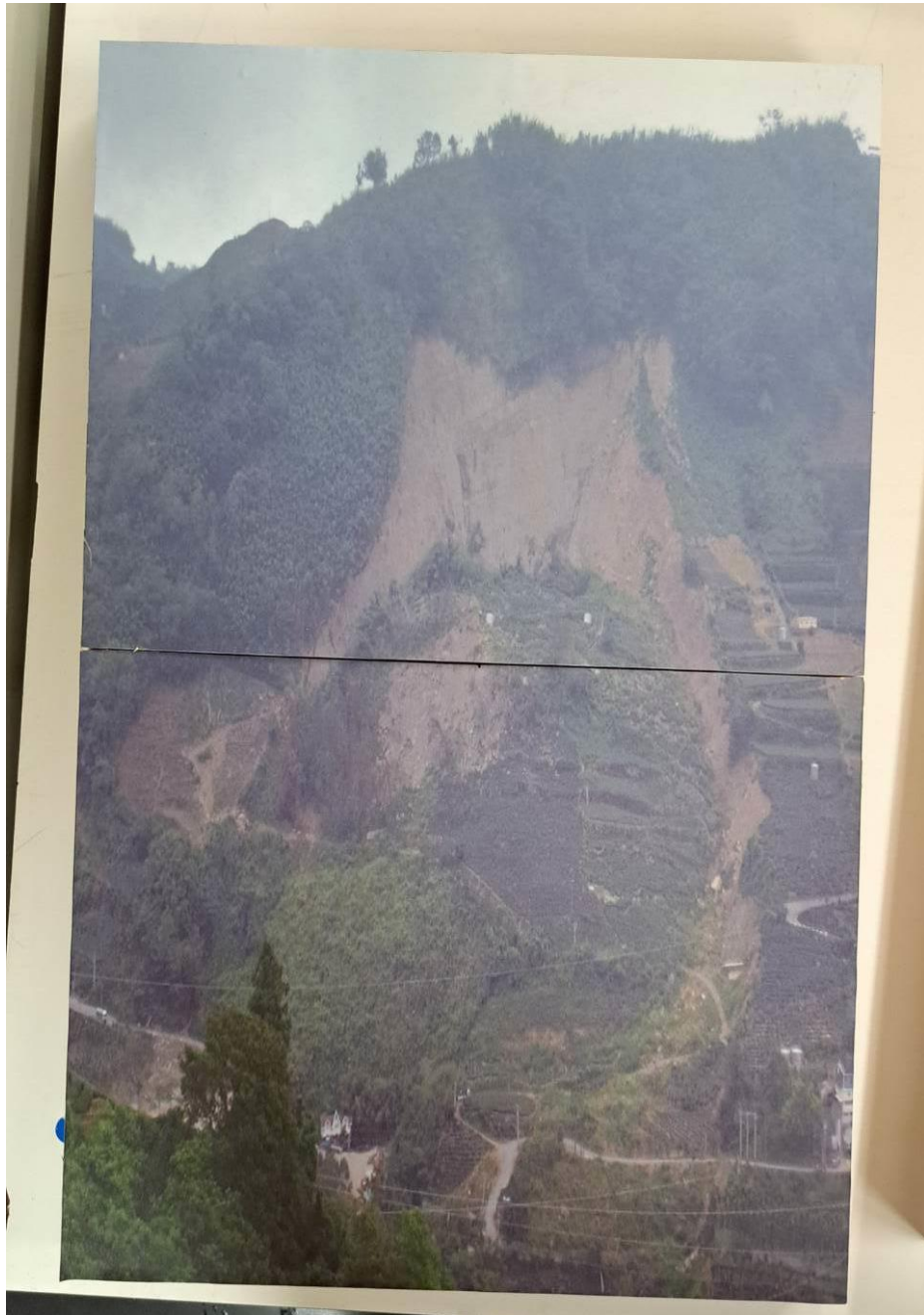


圖 3-6 現象與災害成因觀察模組 (攝於 111 年 10 月 14 日)

資料來源：本計畫整理



圖 3-7 電磁鐵機關 (攝於 111 年 06 月 10 日)

資料來源：本計畫整理



圖 3-8 抽水馬達照片(攝於 111 年 06 月 10 日)

資料來源：本計畫整理

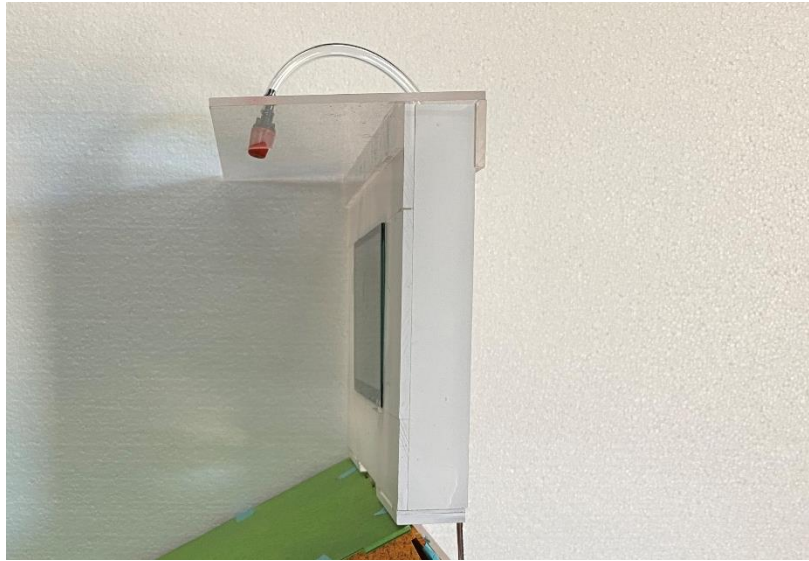


圖 3-9 人機介面上方之灑水器(攝於 111 年 06 月 10 日)

資料來源：本計畫整理

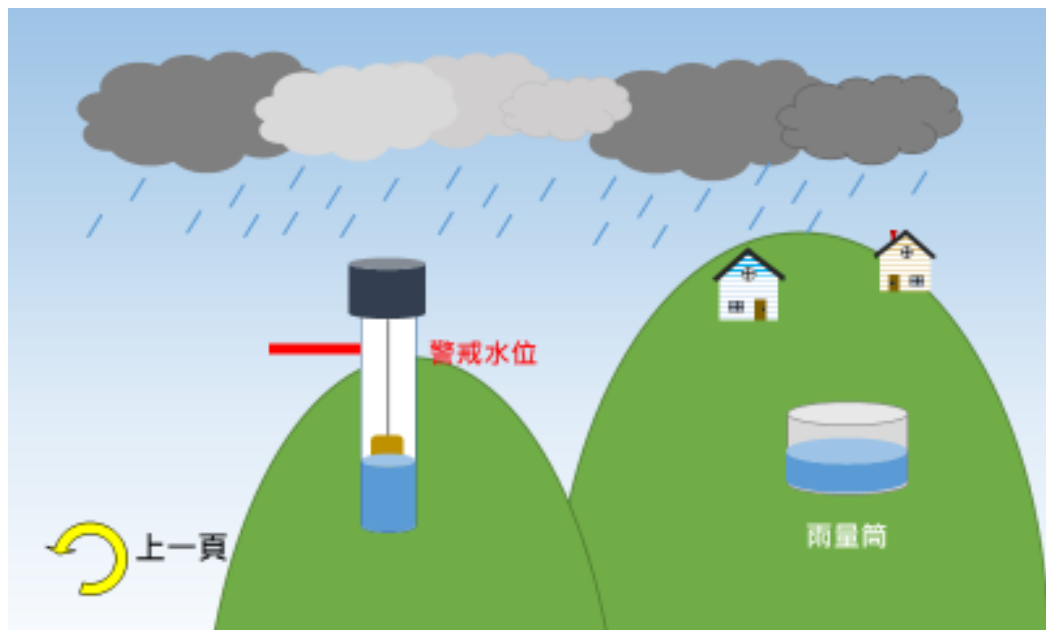


圖 3-10 現象觀察專區動畫示意圖

資料來源：本計畫整理

第三節 監測系統互動模組製作

監測系統互動模組製作成果如圖 3-11 所示。該模組可模擬降雨事件下常見坡地監測設備之數值簡易變動狀況，並且，模組提供坡地監測相關設備模型，模型可擺放於對應之位置(圖 3-12)，在模型跟實際監測設備照片相輔相成下，讓學習更有畫面。以下針對本模組之自動化監測情境及監測設備互動模型分別進行詳細介紹：

一、 監測設備互動模組與設備零件製作：

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，監測設備縮小模型參考真實監測設備樣貌進行製作，並區分為零件以供學習者自行組裝體驗。模組提供之監測設備模型有：地表變位儀(圖 3-13)、雨量筒(圖 3-14)、太陽能板(圖 3-15)、傾斜管及地下水位井(圖 3-16)。各監測設備模型可擺設於教具坡面適當位置，藉由真實崩塌地照片搭配監測設備照片，讓學習者同時學習監測設備樣貌及實際於崩塌地安裝位置。

二、 自動化監測情境介紹：

各個崩塌地監測系統採用人機介面統一進行控制，透過開啟人機介面中「災害監測」專區以啟動所有監測系統，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。

監測系統情境詳述如下：

(一)太陽能板啟動後，於監測面板上持續呈現 12v 之圖形，模擬現地之工作電壓需求。

(二)雨量計展示降雨量隨時間逐漸上升，其時間間距與地下水位計相同(每 2 秒上升 1 段)。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，累積雨量展示結束，此時地下水位計亦同時達最高點(超過警戒水位)。

(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(圖 3-17)，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(圖 3-18)，該階段之時間點位於降雨量達 200mm(豪雨標準)，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(圖 3-19)，該階段之時間點位於降雨量超過 350mm(大豪雨標準)，代表地層錯動達到顯著變化，應立即採取措施與高度警戒；第四階段地中變位呈現最大的變化(圖 3-20)，該階段之時間點位於降雨量達 500mm(大豪雨標準)，此時地下

水位達到警戒水位，代表地層即將發生滑動。

(四)地表變位儀視窗將隨降雨量達 150mm 時啟動，並每 2 秒增加 5cm，最高上升至 25cm，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進行觀察，藉此瞭解地層變動樣貌。

監測設備互動模組具備相當充足之互動性，有別於前(110)年度計畫所建置僅具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，透過組合式監測系統縮小模型，並配合人機介面撥放之監測情境，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。

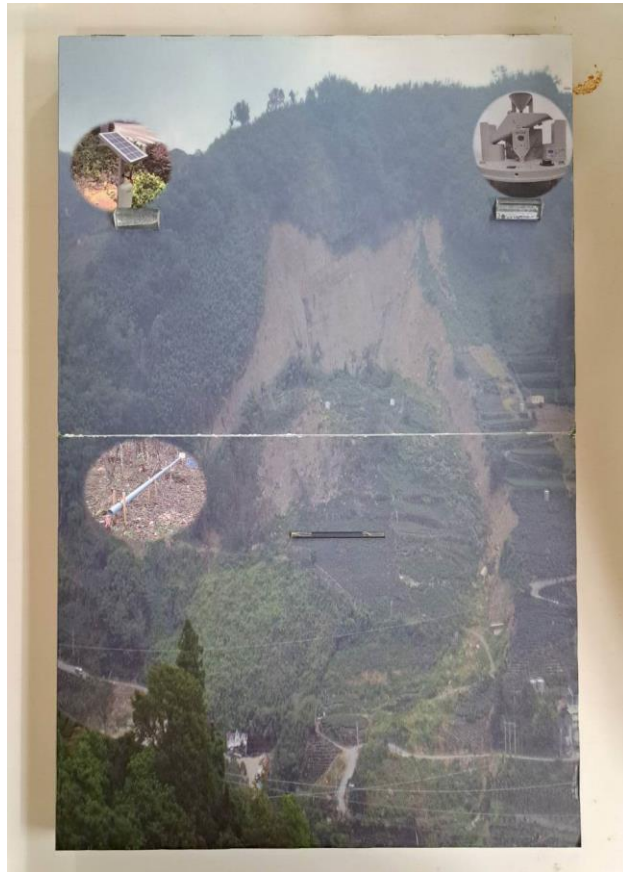


圖 3-11 監測設備互動模組樣貌(正面)(攝於 111 年 10 月 14 日)

資料來源：本計畫整理

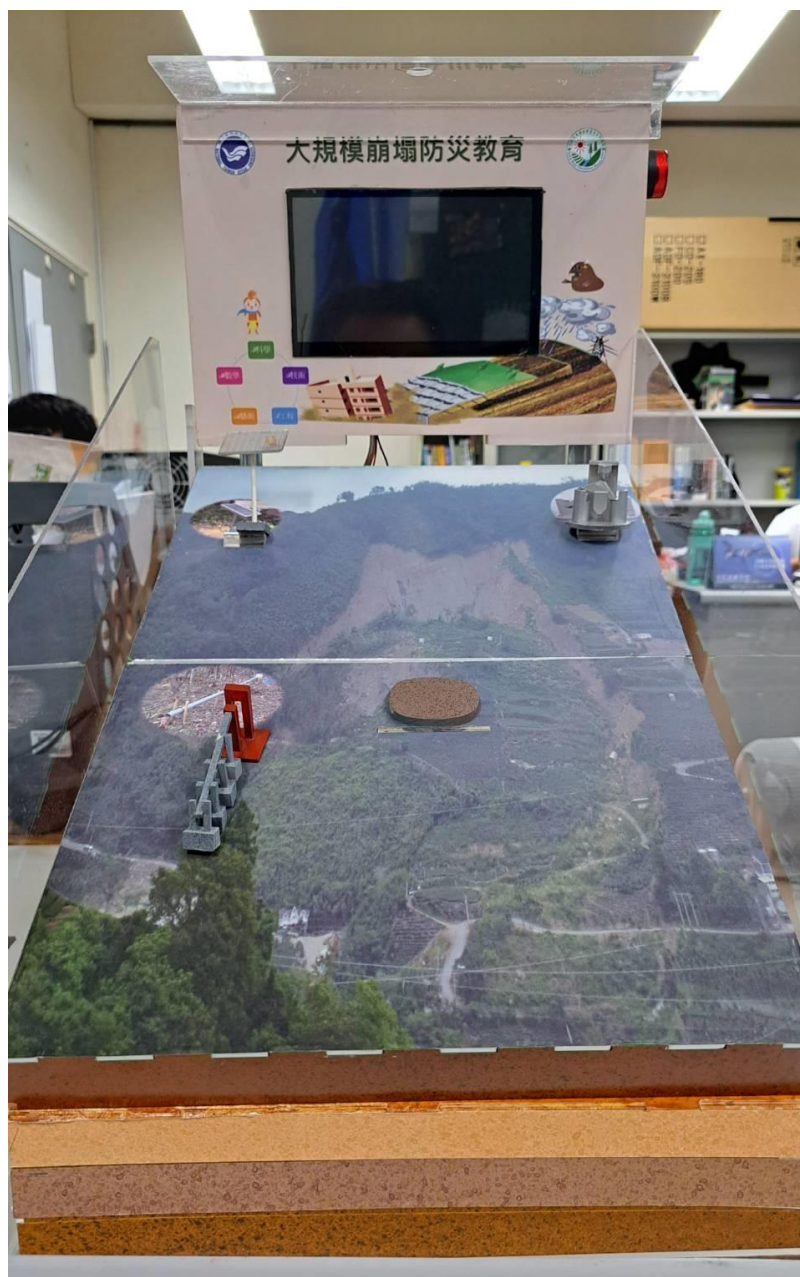


圖 3-12 監測設備互動模組擺放後樣貌(攝於 111 年 06 月 16 日)

資料來源：本計畫整理

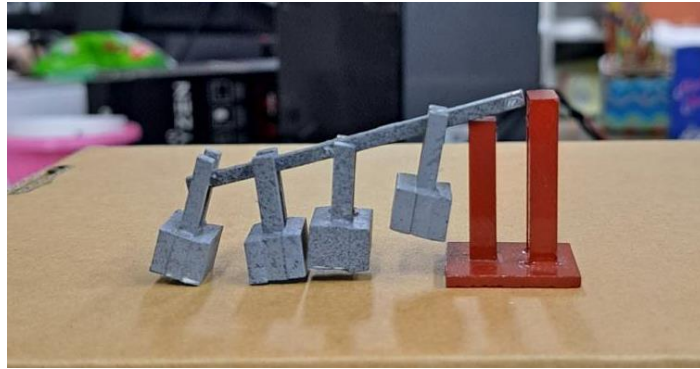


圖 3-13 地表變位儀零件(攝於 111 年 10 月 14 日)

資料來源：本計畫整理



圖 3-14 雨量筒零件(攝於 111 年 10 月 14 日)

資料來源：本計畫整理



圖 3-15 太陽能板零件(攝於 111 年 06 月 10 日)

資料來源：本計畫整理



圖 3-16 地下水位觀測井及傾斜管

資料來源：本計畫整理

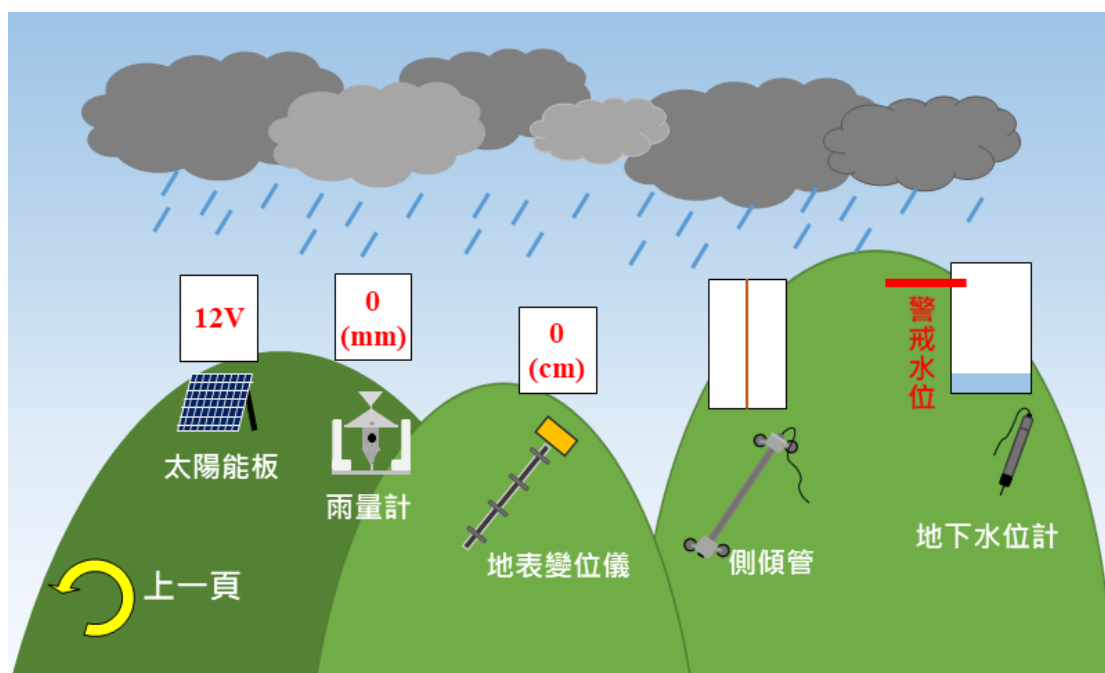


圖 3-17 監測設備情境初始階段

資料來源：本計畫整理

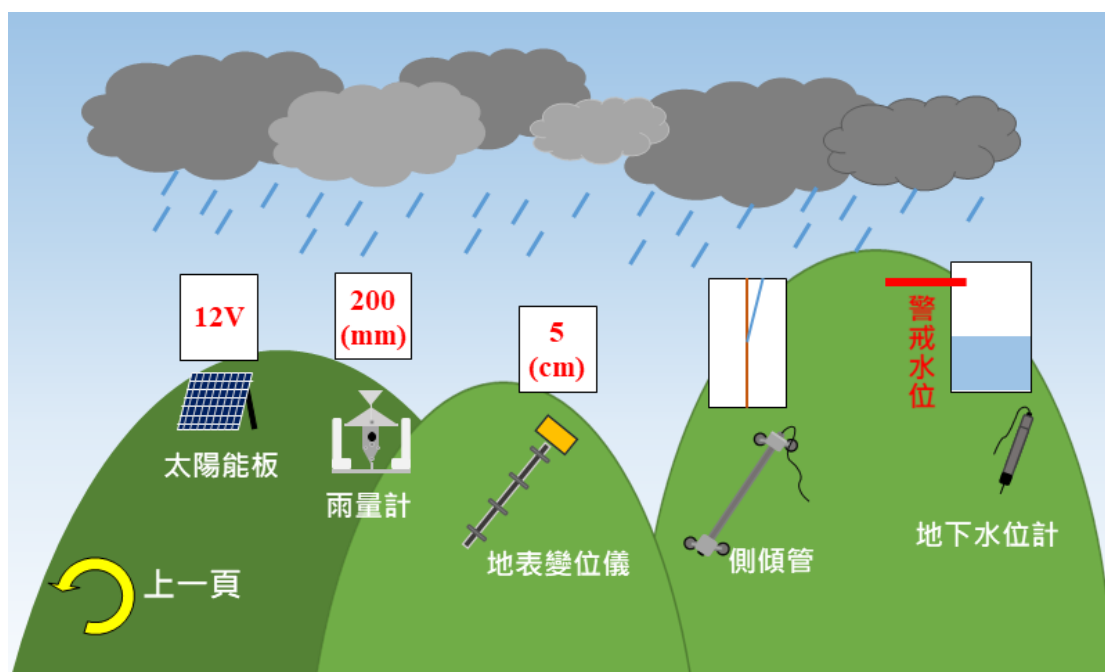


圖 3-18 監測設備情境第二階段 (降雨量達豪雨標準)

資料來源：本計畫整理

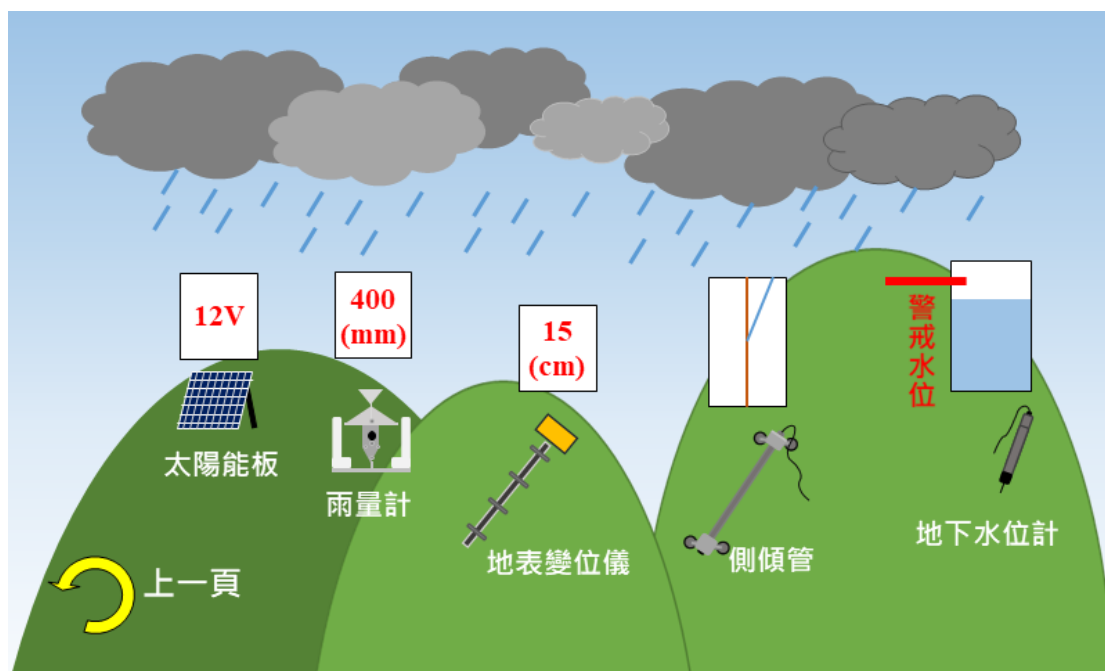


圖 3-19 監測設備情境第三階段 (降雨量達大豪雨標準)

資料來源：本計畫整理

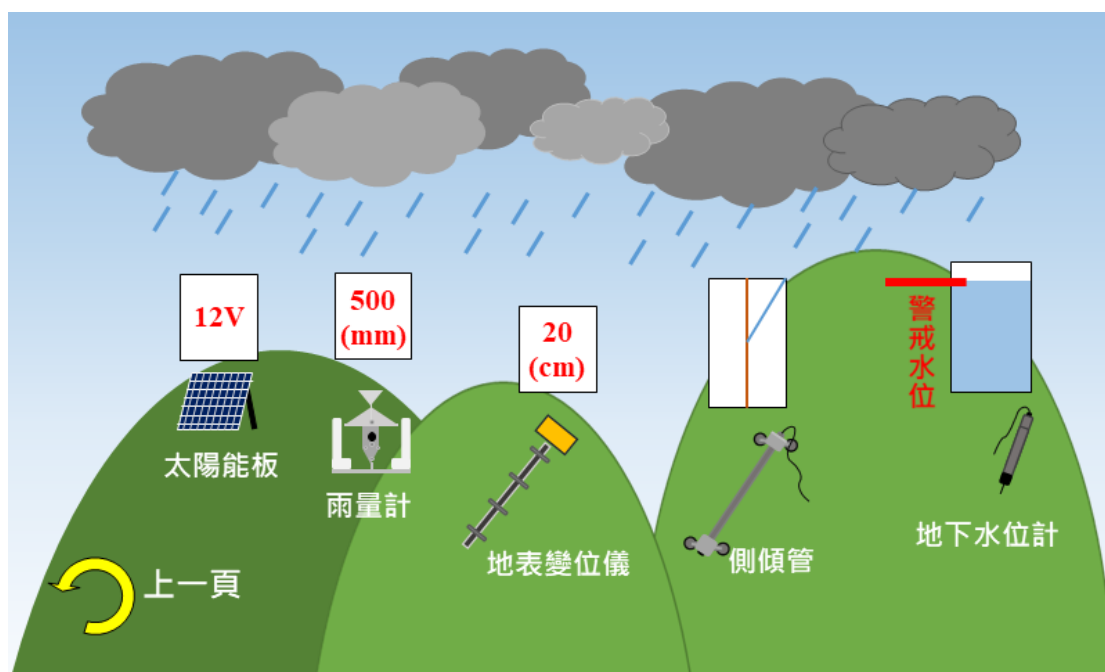


圖 3-20 監測設備情境第四階段 (降雨量達超大豪雨標準)

資料來源：本計畫整理

第四節 整治工法互動模組製作

整治工法互動模組提供多個縮小版整治工法模組，參觀者可將不同模組擺設於工法互動區之指定位置上，最後結合人機畫面「災害整治」內之整治工法介紹，將艱澀的工法知識以簡單形式呈現，以此建立參觀者對於工法的基本知識。以下針對(1)模組本體與縮小版整治工法模組；(2)整治工法知識補充區(人機介面)兩項目進行詳細成果說明。

一、 模組本體與縮小版整治工法模組製作

整治工法互動模組建置為組合式模型，模組使用材料與順向坡基底模組相同，以雷射切割方式製作各組合零件與縮小版整治工法模型，藉由簡易組合方式，建置為可疊加至順向坡基底模組上方之形式，讓學習者能更快速地上手與理解。此外，模組表面以大圖輸出製作真實工法照片(圖 3-21)，讓學習者可針對不同類型之整治工法進行配置。

其中，縮小版整治工法模型簡易區分為剛性工法與柔性工法兩類，剛性工法包含：排樁工法(圖 3-22)、擋土牆(圖 3-23)、地錨(圖 3-24)與格樑護坡(圖 3-25)；柔性工法則包含：地表排水系統(圖 3-26)及地中排水(集水井，如圖 3-27)，其中，地表排水工法係將教具模組上地表排水溝進行挖溝槽設計，以此模擬實際排水溝

樣貌。藉由上述兩種類型之整治工法模型並搭配相對應真實照片，讓學習者更能夠釐清各種整治工法樣貌與功能的差異。

二、 整治工法知識補充區(人機介面)

為提供學習者更加充足之整治工法相關知識，本計畫於人機介面中建置「災害整治」專區(圖 3-28)，並針對各項模組上已建置完畢之整治工法進行進一步的補充，實際播放內容如下圖 3-29~圖 3-34 所示。藉此增添整治工法治理方式、真實樣貌與觀念等內容，並搭配教案與種子教師等推廣人員之解說，進一步讓學習者學習自主防災觀念，以達到素養教育之目標。



圖 3-21 整治工法互動模組樣貌(攝於 111 年 10 月 14 日)

資料來源：本計畫整理

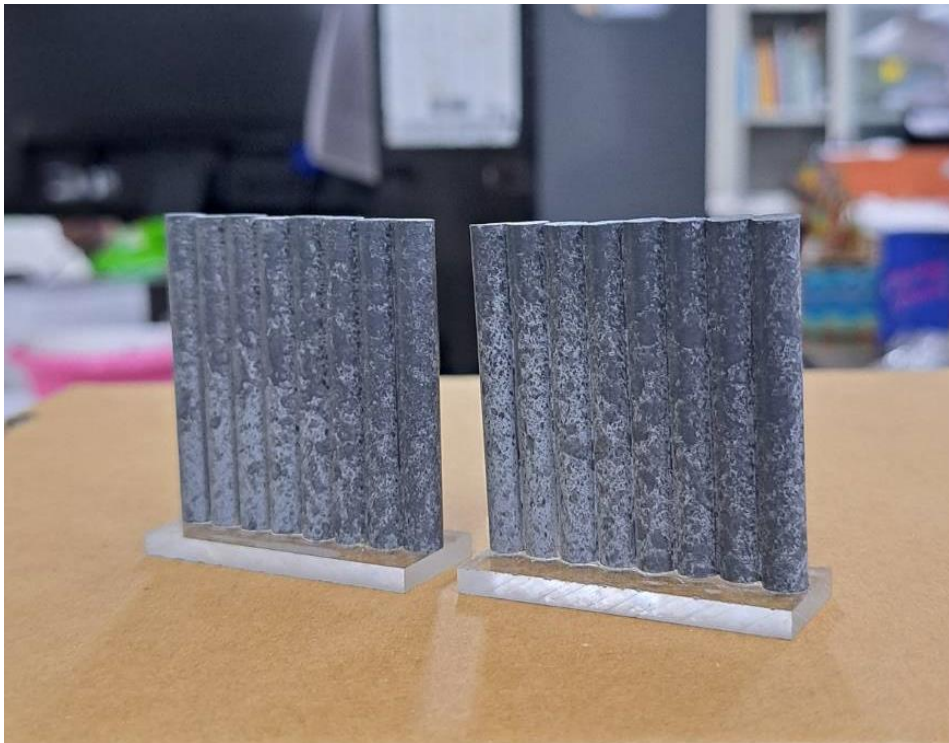


圖 3-22 排樁工法模型(攝於 111 年 10 月 14 日)

資料來源：本計畫整理

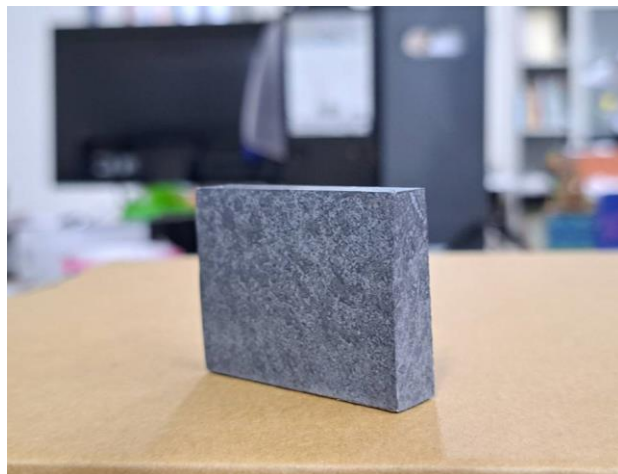


圖 3-23 擋土牆模型(攝於 111 年 10 月 14 日)

資料來源：本計畫整理

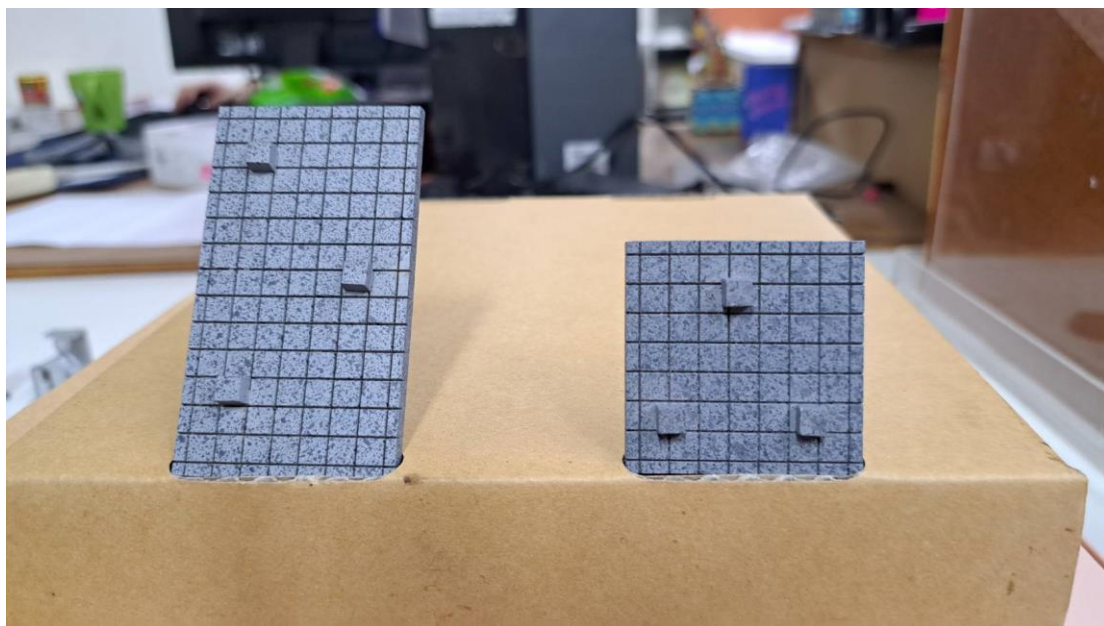


圖 3-24 地錨模型(攝於 111 年 10 月 14 日)

資料來源：本計畫整理

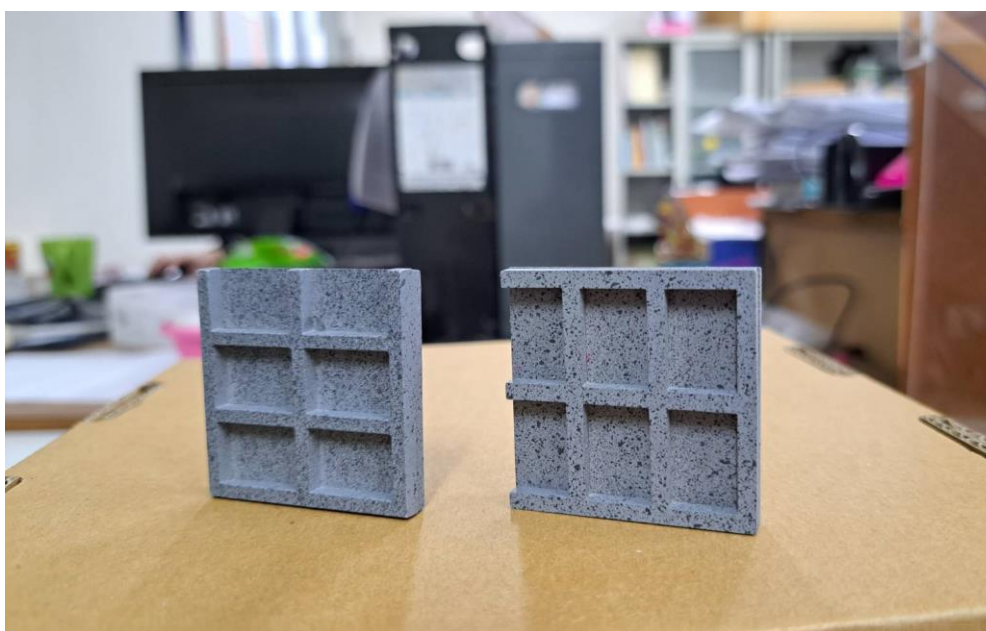


圖 3-25 格梁護坡模型(攝於 111 年 10 月 14 日)

資料來源：本計畫整理



圖 3-26 地表排水(攝於 111 年 10 月 14 日)

資料來源：本計畫整理



圖 3-27 地中排水模型(集水井) (攝於 111 年 10 月 14 日)

資料來源：本計畫整理

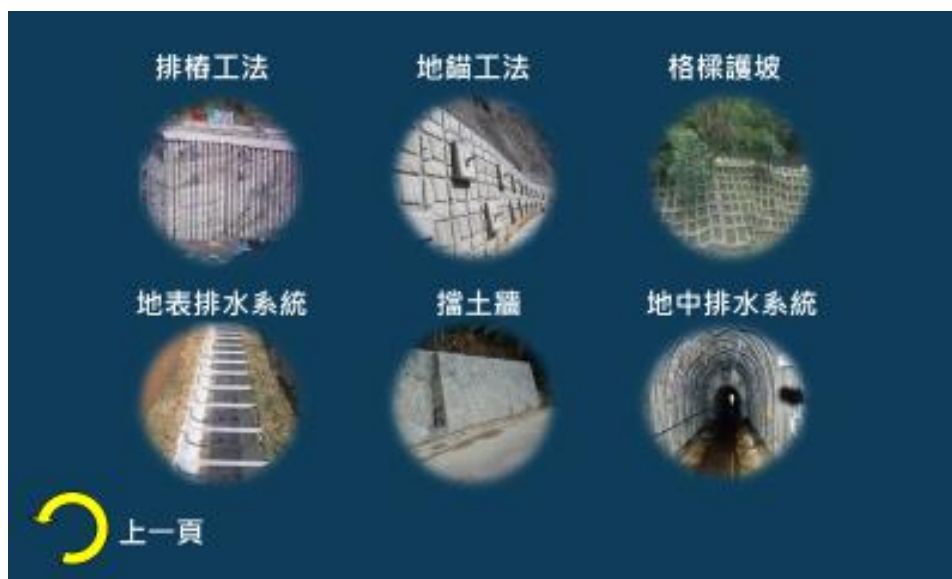


圖 3-28 災害整治專區首頁(人機介面)

資料來源：本計畫整理



圖 3-29 地中排水工法介紹 (人機介面)

資料來源：本計畫整理



圖 3-30 地表排水工法介紹 (人機介面)

資料來源：本計畫整理

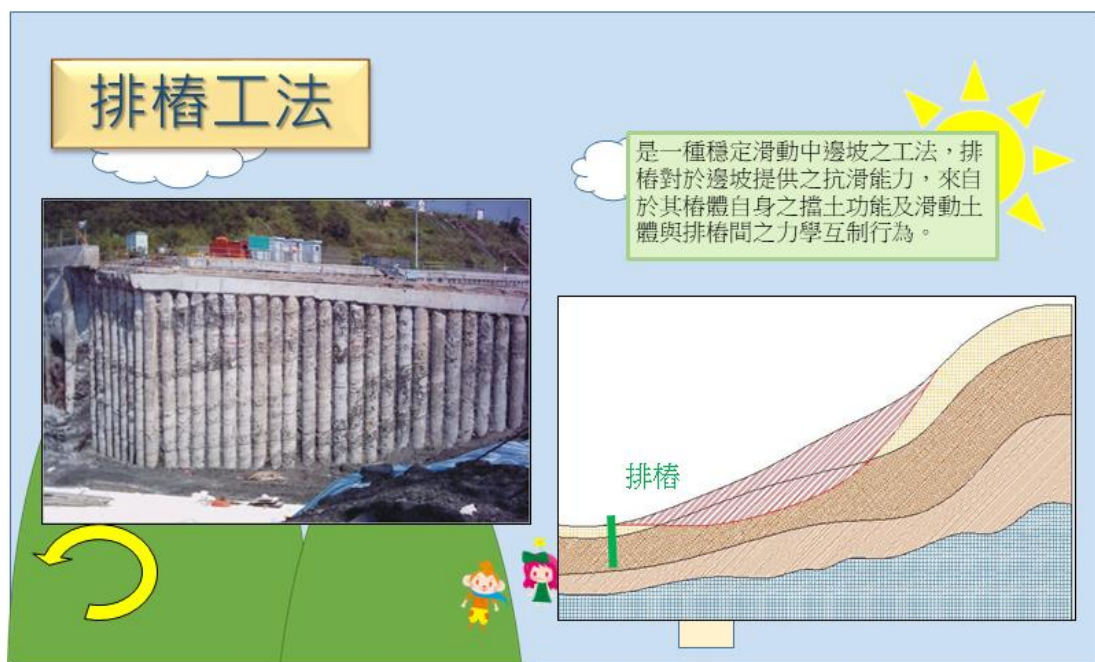


圖 3-31 排樁工法介紹 (人機介面)

資料來源：本計畫整理

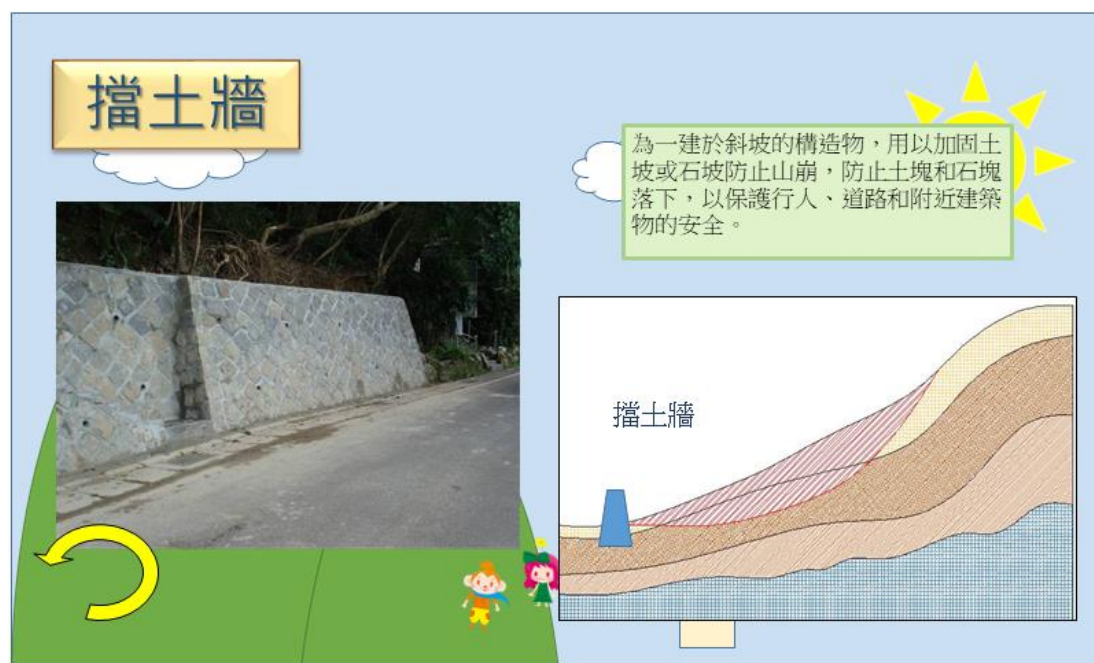


圖 3-32 擋土牆工法介紹 (人機介面)

資料來源：本計畫整理



圖 3-33 地錨工法介紹 (人機介面)

資料來源：本計畫整理



圖 3-34 格樑護坡介紹 (人機介面)

資料來源：本計畫整理

第五節 地層結構破壞機制學習模組

本計畫打造之兩組地層結構破壞機制學習模組均可加強學生學習崩塌災害之致災因子，兩模組建置成果詳如下述：

一、 模組一：

模組一製作成品如圖 3-35 所示，學習者能以手動方式將粒徑大小不一之土石顆粒堆疊為錐體，隨後於模型注水區內加水，並觀察地下水位與土石錐體分離、漂浮、崩塌等現象之關聯性。另可搭配安息角量測、重量紀錄等方式，讓學習者觀察原本土體內摩擦力而形成之安息角，因地下水位的抬升受到破壞的過程，藉此情境讓學習者延伸思考崩塌災害的致災原因、充分理解真實地層結構破壞的機制。

二、 模組二：

本模組建置為漏斗型模式，模組主結構區分為上下兩層，上層放置水體，下層放置土壤顆粒，當模組放置如圖 3-36 之狀態時，雨水會順著漏斗結構流至模型下方並積累，造成孔隙水壓力隨著地下水位上升，當地下水壓過高時，會導致土壤顆粒內摩擦力消散，土壤顆粒上浮，導致土壤結構遭到破壞。該模組情境可以讓學習者觀察土體結構因地下水位的上升而受到破壞，學習崩塌機制等觀念。此外，本模組為可倒置回復之設計，學習者可透過倒

放模組，雨水會自動回流至原本區域，以此方式讓學習者可以多次體驗與觀察崩塌機制，提升防災知識傳遞速度。



圖 3-35 地層結構破壞機制模組-模組一 (攝於 111 年 10 月 14 日)

資料來源：本計畫整理



圖 3-36 地層結構破壞機制模組-模組二 (攝於 111 年 06 月 10 日)

資料來源：本計畫整理

第六節 教學輔助資源製作

教學輔助資源製作工作依製作內容分為(1)操作說明手冊；(2)教育推廣教案；(3)海報 DM；(4)知識加油站，各項目製作成果詳如下述：

一、操作說明手冊

本年度教具設計為教具包形式，採購教具包之學校須自行組立教具，為讓使用本教具之教師及水保教育相關人員能順利組立教具並完成後續操作，本計畫製作操作說明手冊一份供教具使用人員參考。手冊主要分為四部分，第一部分為教具製作背景與教學目標；第二部分為教具組裝說明；第三部分為模組說明；第四部份為教具操作流程。手冊完整內容詳見「附錄三、教具操作手冊」。

二、教育推廣教案

本計畫教案係針對國小教師所編製而成，教案內簡述大規模崩塌教育教具包之開發背景、理念與教學方向等，並詳述教具包之教學目標、教學內容、教學重點、教學活動、與教學建議等內容，且內容係參考 STEAM 五大教育目標進行編排，以符合 108 年課綱之素養導向教育方式，教學內容共分為：(1)組合式教具組裝；(2)現象與災害成因觀察；(3)監測設備學習；(4)整治工法學習；(5)地層結構破壞機制學習。此教案作為一完整的教具教學使用範例，可讓教師更快速、清晰

教具所傳遞之教育意義，進一步提升教具教學品質。教案完整內容詳見「附錄四、教育推廣教案」。

三、教具海報 DM

為提升教具推廣成效，本計畫將教具所涵蓋的水土保持及防災整治相關知識彙整成一份海報 DM，以此增添參展民眾水保知識之學習效果。海報 DM 製作成果詳見圖 3-37。

四、知識加油站

為增添教具崩塌災害相關知識，本計畫於人機介面中增設「知識加油站」區域，強化教具的防災教育內涵。知識加油站首頁如圖 3-38 所示，內容包含：大規模崩塌定義(圖 3-39)、大規模崩塌懶人包(圖 3-40)、坡地災害類型(圖 3-41)及崩塌發生機制(圖 3-42)。其中，崩塌發生機制包含：雨量(圖 3-43)、地質(圖 3-44)、地下水位(圖 3-45)、土壤含水量(圖 3-46)與透水性(圖 3-47)五項崩塌發生因子；而大規模崩塌懶人包採用水土保持局建立之圖文問答，並進行簡易修改後納入知識加油站專區中，懶人包內容見圖 3-48~圖 3-54。據此，教具包搭配充足的崩塌災害知識可有效加深防災教育之內涵，鞏固水土保持教育的根基，讓防災知識深植學生心中。

大規模崩塌防災教育教具包



A circular diagram with 'STEAM 科學教育' in the center. Around it are five colored boxes: 'S科學' (green), 'T技術' (purple), 'E工程' (blue), 'A藝術' (orange), and 'M數學' (pink).

整治工法學習



A diagram showing a soil layer destruction mechanism. It includes a small inset image of a soil sample and a main image of a soil layer with a cross-section showing internal structure and a scale.

地層結構破壞機制學習

現象觀察與監測系統學習



A diagram showing a phenomenon observation and monitoring system. It includes a small inset image of a landslide and a main image of a landslide area with a scale and a monitoring system.

- 現象觀察模組
- 監測系統互動模組
- 整治工法互動模組
- 順向坡災害觀察
- 坡地災害預警體驗
- 地層結構破壞機制模組
- 素養教育教具
- 水保教育傳播
- 自主防災推廣

圖 3-37 教具推廣海報 DM



圖 3-40 大規模崩塌懶人包

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 上一頁		◆ 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 3-41 坡地災害類型

資料來源：本計畫整理



圖 3-42 崩塌發生機制

資料來源：本計畫整理



圖 3-43 崩塌發生機制(發生因子：降雨)

資料來源：本計畫整理



圖 3-44 崩塌發生機制(發生因子：地質)

資料來源：本計畫整理

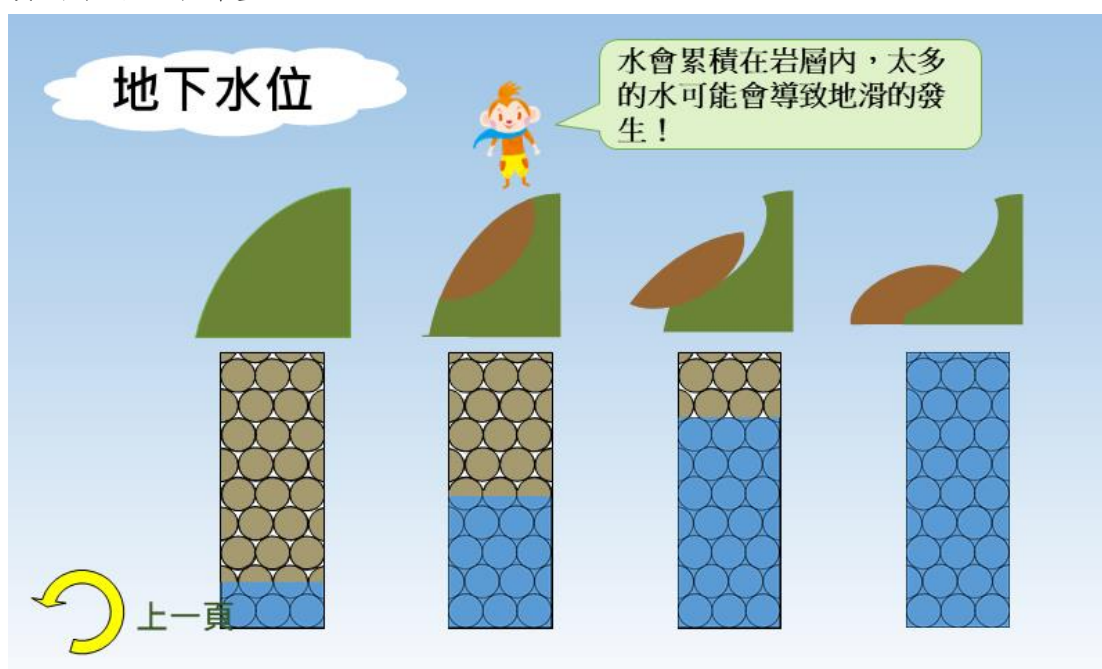


圖 3-45 崩塌發生機制(發生因子：地下水位)

資料來源：本計畫整理

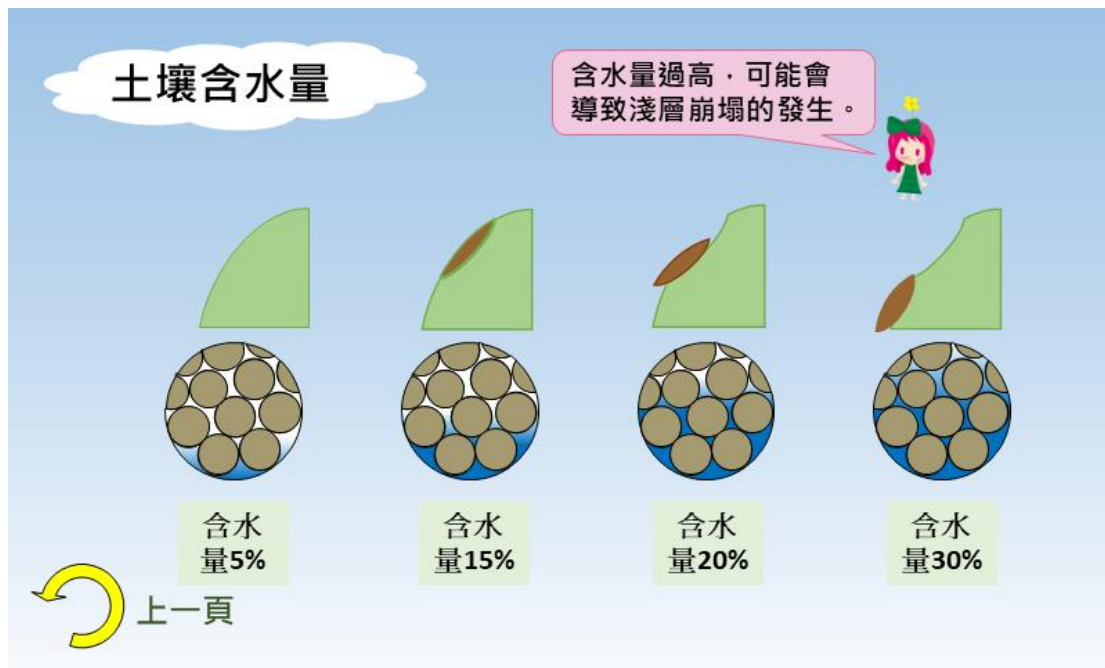


圖 3-46 崩塌發生機制(發生因子：土壤含水量)

資料來源：本計畫整理

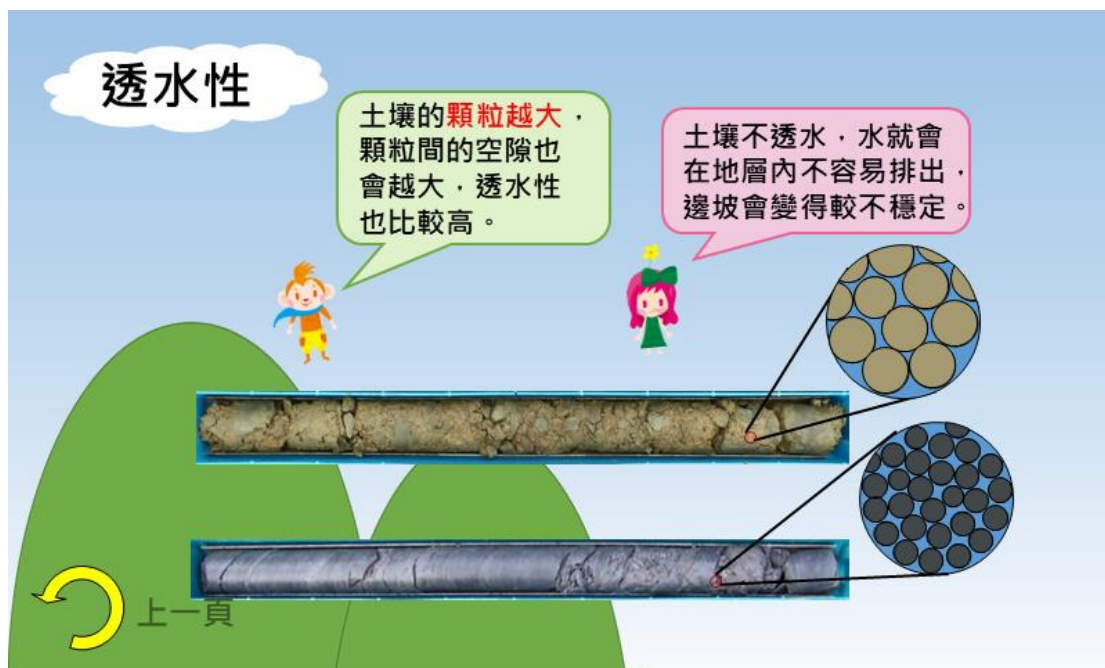


圖 3-47 崩塌發生機制(發生因子：透水性)

資料來源：本計畫整理

A1

**崩塌面積超過10公頃、
或土方量達10萬立方公尺、
或崩塌深度在10公尺以上，
稱為大規模崩塌。**



圖 3-48 大規模崩塌懶人包-答案一

資料來源：本計畫整理

A2

大規模崩塌也稱為深層崩塌，是一種類似高速運動的地滑，具驚人殺傷力的大型土砂災害。

土石流屬於淺層崩塌，雖不等於大規模崩塌，但很有可能嚴重到變成大規模崩塌！



圖 3-49 大規模崩塌懶人包-答案二

資料來源：本計畫整理

A3

會伴隨**土石掩埋、地表龜裂變形、土石流、堰塞湖潰壩、洪水、河道淤積**等災害。

影響範圍非常廣泛，所帶來的損失也是遠遠超過任何一種單一災害。



圖 3-50 大規模崩塌懶人包-答案三

資料來源：本計畫整理

A4

大規模崩塌較不常見，但近年來發生頻率越來越高。專家看法是：

- 1.當地地質地形條件不佳。**
- 2.人為的不當開發。**
- 3.氣候變遷讓台灣的降雨型態從「常下小雨」變成「偶下暴雨」，造成山坡地無法負荷。**



圖 3-51 大規模崩塌懶人包-答案四

資料來源：本計畫整理

A5



圖 3-52 大規模崩塌懶人包-答案五

資料來源：本計畫整理

A6



看天氣預報
記避難路線
備防災物品



圖 3-53 大規模崩塌懶人包-答案六

資料來源：本計畫整理



圖 3-54 大規模崩塌懶人包-答案七

資料來源：本計畫整理

第七節 配合水保局參加水保教育與教具推廣活動

本計畫已於計畫執行期間參與四場展覽活動，分別為：(1)三峽北大國小水土保持酷學校-教具推廣活動、(2)防減災策略與教育深耕研討會-教具展覽活動、(3)水土保持酷學校、示範基地授證儀式及教育論壇-教具展覽活動、(4)基隆西定國小水土保持酷學校-教具推廣活動。其中，前兩場活動係以去年度開發之第四代教具進行展覽推廣，後兩場則是以本年度開發之教具進行展覽及推廣活動，四場推廣及展覽活動共吸引約 350 位國小師生及水保相關從業人員前來參觀與體驗，各場次推廣成果詳如下述：

(一) 三峽北大國小水土保持酷學校-教具推廣活動

三峽北大國小係大局水土保持酷學之一，本計畫授權該校複製去(110)年度大規模崩塌防災教具，計畫主持人於 111 年 8 月 4 日至該校親自演示教具使用方法與操作流程、協助該校教具推廣人員進行教具教育訓練，同時推廣其他大規模崩塌防災教育教具(圖 3-55、圖 3-56)。此外，計畫人員於教育訓練結束後發放教具體驗問卷予參與教育訓練之人員，調查成果顯示所有人員均已充分理解教具欲傳遞之內容，教育訓練成果符合預期。

(二) 防減災策略與教育深耕研討會-教具展覽活動

本計畫於 111 年 9 月 15 日派員至花蓮慈濟文化園區靜思堂參與「111 年度防減災策略聯盟與教育深耕研討會」，展覽使用教具為去年度闡述四大主題(坡地靜態觀察、動態現象觀察、監測設備互動、整治工法互動)之教具。展覽當日共計 135 位國小師生前往體驗教具(圖 3-57)，經計畫人員依照素養教育(現象觀察、情境解構、解決問題)流程介紹教具後，學童及教師對於大規模崩塌的認知有明顯提升。

(三) 水土保持酷學校、示範基地授證儀式及教育論壇-教具展覽活動

本計畫於 111 年 10 月 5 日配合大局於「111 年水土保持酷學校、示範基地授證儀式及教育論壇暨交流營活動」進行本年度防災教具包展覽活動(圖 3-58)，解說本年度教具包之基底模組及三個學習模組(現象觀察、災害監測及工法整治)學習流程，並演示本年度教具實際運作效果。

(四) 基隆西定國小水土保持酷學校-教具推廣活動

本計畫於 111 年 10 月 20 日至基隆市西定國小進行本年度教具包推廣活動，推廣對象為西定國小酷學校教師及基隆防災輔導團成員(圖 3-59、圖 3-60)。由於本次推廣形式與地點不同於以往人數眾多且人流快速的展場，有較多時間可進行成效的調查，因此本計畫額外針

對該次體驗人員施作一次教具體驗前測問卷，並於推廣介紹結束後再施以後測(前後測問卷內容詳見本章第八節)，以此進一步判定人員在體驗本教具後，大規模崩塌防災認知是否有所提升。

本次教具教育訓練問卷顯示，多數參與人員對於大規模崩塌防災之認知有所改善(數據詳見本章第八節)，且校教師及基隆防災輔導團成員現場回饋表示除了本計畫主教具提供之較全面的大規模崩塌防災教育學習資源外，闡述地層結構破壞機制之兩套學習模組可讓學童直觀地瞭解地下水對土壤結構的影響，對教學有很大幫助。



圖 3-55 北大國小教具內容與防災知識介紹(攝於 111 年 8 月 4 日)

資料來源：本計畫整理



圖 3-56 計畫主持人示範教具使用方法(攝於 111 年 8 月 4 日)

資料來源：本計畫整理



圖 3-57 防減災策略與教育深耕研討會-教具展覽活動(攝於 111 年 9
月 15 日)

資料來源：本計畫整理



圖 3-58 水土保持酷學校、示範基地授證儀式及教育論壇-教具展覽

活動(攝於 111 年 10 月 5 日)

資料來源：本計畫整理



圖 3-59 基隆西定國小教具體驗活動(攝於 111 年 10 月 20 日)

資料來源：本計畫整理



圖 3-60 計畫主持人簡報教具製作過程及教具內涵(攝於 111 年 10 月 20 日)

資料來源：本計畫整理

第八節 水土保持教育宣傳成效蒐集

本計畫依據(1)國小學童、(2)國、高中學生、(3)一般民眾及水保教育相關人員等四種族群共設計三組問卷，以此方法收集並統計教具學習成效。問卷主要內容均在調查受試者體驗本教具後是否瞭解順向坡災害(大規模崩塌)、對坡地的監測與整治工法是否累積一定認知、以及離災警報的功用及重要性，只是依據年齡層分布，問題描述口吻將隨之調整，針對不同族群所設計之三組問卷內容整理於表 3-1、表 3-2，而問卷連結則如圖 3-61~3-63 所示。其中，為能更進一步確認本年度教具欲傳遞知識是否能有效傳達，針對水保教育相關人員之問卷部分，本研究額外增加前測問卷(圖 3-64)，以此方法比對教具體驗前後水保知識的累積狀況。

本年度計畫經四場展覽及教育宣導活動後共收集 149 份問卷，其中有 130 份國小學童問卷，及 19 份水保教育及防災相關人員所填寫之問卷，且 149 份問卷有 14 份問卷有施作前後測。經統計，所有教具體驗人員中，98%以上人員對本教具欲傳達知識有所理解。另針對 14 份前後測問卷進行分析(圖 3-65、圖 3-66)，問卷顯示多數人員僅對自主防災及離災較有瞭解，而對其他大規模深層崩塌與坡地工法較無認知，其中又以工法部分認知最為不足；然體驗完本教具後，多數人

均已能分辨深層崩塌與土石流的差別，且對工法認知有所提升，顯示本計畫著實透過教具傳達了大規模崩塌防災教育基礎知識。

表 3-1 教具宣導成效問卷(一般民眾及水保教育相關人員)

題號	水保教育相關人員回饋單(前測)	一般民眾及水保教育相關人員回饋單(後測)
1	體驗本教具前，請問你是否已經知悉何謂大規模崩塌？	請問你是否已經知悉何謂大規模崩塌？
2	體驗本教具前，請問你是否已經了解順向坡滑動災害與土石流災害之差異？	請問你是否已經了解順向坡滑動災害與土石流災害之差異？
3	體驗本教具前，請問你是否已經知道常見坡地防災工法樣貌及功用？	請問你是否已經知道常見坡地防災工法樣貌及功用？
4	體驗本教具前，請問你是否已經清楚了解順向坡災害能透過適當工法配置減緩災害發生與衝擊？	請問你是否已經清楚了解順向坡災害能透過適當工法配置減緩災害發生與衝擊？
5	體驗本教具前，請問你是否已經了解自主防災及防災警報的重要性？	請問你是否已經了解自主防災及防災警報的重要性？

表 3-2 教具宣傳成效問卷(學生)

題號	國、高中學生回饋單	國小學童回饋單
1	你是否知道導致順向坡災害的發生因子？	你是否知道順向坡災害會導致居民生命財產受到危害？
2	你是否知道預防順向坡地災害發生之可採用之柔性與剛性工法？	你是否瞭解整治工法可以減緩順向坡災害發生？
3	你是否知道監控山坡地滑動徵兆可使用之監測設備？	防災警報響起時，我們是不是要趕快跑到避難收容處所？
4	你是否知道崩塌地防災預警如何操作？	山坡地監測設備可以提早讓我們知道家園是否有滑動徵兆？

資料來源：本計畫整理

大規模崩塌防災教具包體驗問卷(體驗後)

在體驗大規模崩塌防災教具包(以下簡稱本教具)後，請回答以下問題：

*必填

請問你是否已經知悉何謂大規模崩塌？ *

☐ 是

☐ 否

請問你是否已經了解順向坡滑動災害與土石流災害之差異？ *

☐ 是

☐ 否

請問你是否已經知道常見坡地防災工法樣貌及功用？ *

☐ 是

☐ 否

請問你是否已經清楚了解順向坡災害能透過適當之工程防治？ *

☐ 是

☐ 否



圖 3-61 水保教育相關人員問卷製作成果

資料來源：本計畫整理

大規模崩塌防災教育回饋問卷

國、高中生

您的年齡 *

簡答文字

你是否知道導致順向坡災害的發生因子？ *

☐ 是

☐ 否

你是否知道預防順向坡地災害發生之可採用之柔性與剛性工法？ *

☐ 是

☐ 否

你是否知道監控山坡地滑動徵兆可使用之監測設備？ *

☐ 是

☐ 否



圖 3-62 GOOGLE 表單問卷製作成果(國、高中學生)

資料來源：本計畫整理

大規模崩塌防災教育回饋問卷

國小學童

您的年齡

簡答文字

你是否知道順向坡災害會導致居民生命財產受到危害？ *

☐ 是

☐ 否

你是否瞭解整治工法可以減緩順向坡災害發生？ *

☐ 是

☐ 否

防災警報響起時，我們是不是要趕快跑到避難收容處所？ *

☐ 是

☐ 否



圖 3-63 GOOGLE 表單問卷製作成果(國小學童)

資料來源：本計畫整理

大規模崩塌防災教具包體驗問卷(體驗前)

在體驗大規模崩塌防災教具包(以下簡稱本教具)前，請先回答以下問題：

finsan09@gmail.com (未分享) [切換帳戶](#)

*必填

體驗本教具前，請問你是否已經知悉何謂大規模崩塌？ *

☐ 是

☐ 否

體驗本教具前，請問你是否已經了解順向坡滑動災害與土石流災害之差異？

☐ 是

☐ 否

體驗本教具前，請問你是否已經知道常見坡地防災工法樣貌及功用？ *

☐ 是

☐ 否

體驗本教具前，請問你是否已經清楚了解順向坡災害能發生與衝擊？

☐ 是



圖 3-64 一般民眾及水保教育相關人員問卷製作成果(前測)

資料來源：本計畫整理

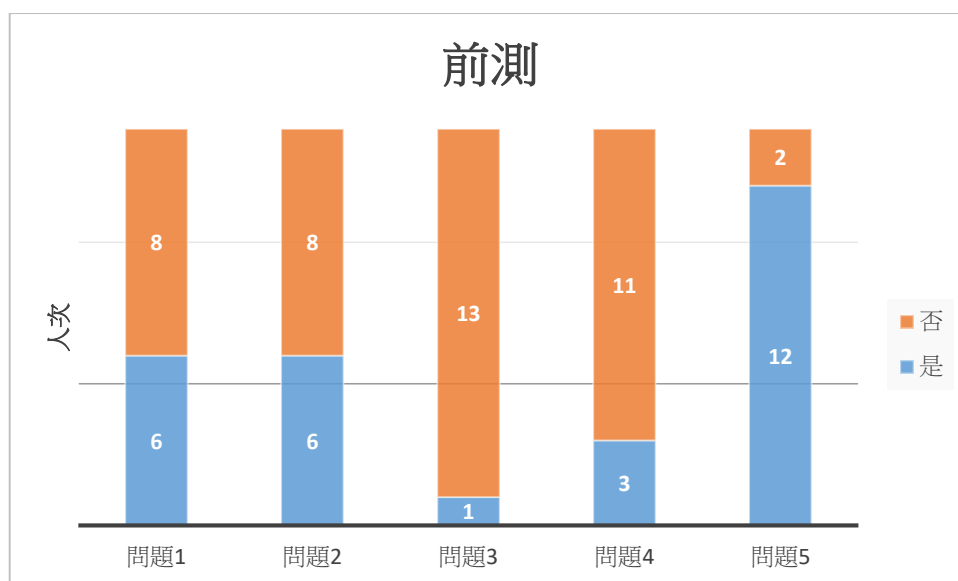


圖 3-65 教具體驗前問卷調查結果

資料來源：本計畫整理

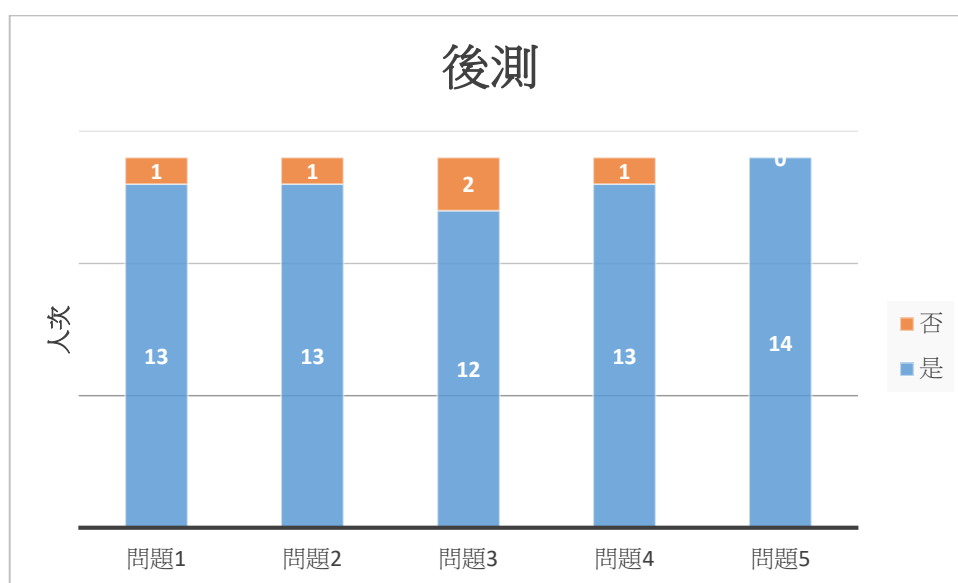


圖 3-66 教具體驗後問卷調查結果

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、本計畫已完成建置順向坡教育教具，包含順向坡基底模組、現象與災害成因觀察模組、監測系統互動模組、整治工法互動模組及人機介面，以及兩種地層結構破壞機制學習模組。其中，現象與災害成因觀察模組、監測系統互動模組、整治工法互動模組等三個模組可分別講述不同面向的防災知識，未來於校園傳遞順向坡災害知識時，可依據課程目標與時間，規劃使用單一主題模組進行授課。
- 二、教具以 STEAM 理念進行打造，整體教學內容係以「現象觀察」、「情境解構」、「解決問題」之流程進行編排，同時教具富含動手操作的元素，教具體驗者能在一連串豐富五感體驗之學習環境中培養自身解決問題的能力，進而達成 108 年度國民教育基礎課綱所闡述之「素養教育」目標。此外，本計畫亦有針對上述 STEAM 教學流程準備教具相關 DM 及教案可供國小教師及水保教育相關人員參考使用。

三、本年度計畫共參與四場水土保持教育與教具推廣活動，總計約 350 位國小師生及水保相關從業人員參與。參與教具體驗問券共計 149 人次，由本計畫收集到之 149 份教具體驗問卷統計成果可看出，98%以上人員體驗完教具後，對於順向坡乃至於大規模崩塌防災知識均有所理解，而前後測的問券結果，更凸顯本計畫所開發教具在分辨深層崩塌與土石流的差別，以及對工法認知上，皆有顯著貢獻。

四、本年度計畫有別於前四年度之教具開發，除參考 STEAM 教育理念進行教具包研發外，亦突破過往大規模崩塌防災教育教具受限於展覽場地規模之困境，將防災教育真正帶入到國小教室中，達到多項推廣效益，如：提升校園採購意願、強化推廣能力與增添國小自然課程豐富內容，大幅度增進大規模崩塌防災知識教育宣導工作。

第二節 建議

- 一、本年度計畫係以順向坡滑動災害作為大規模崩塌防災教育主題進行教具設計，未來可考慮以其他類型之坡地災害作為推廣主題，以此不斷強化並累積國民對於大規模崩塌災害之認知。
- 二、教具包便攜可組立之特色為設計之重點考量項目，本計畫所開

發成果雖已初步達到此目標，但教具的尺寸可以再朝更小尺寸模型且更低單價進行開發，讓教具擴散的效益可以再提升。

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] 行政院農委會水土保持局，2021，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，執行單位：
國立臺灣海洋大學。

附錄

附錄一、期初委員審查意見

編號	委員審查意見	回覆辦理情形
一、	本計畫防災教具包的研發團隊具有專業，值得嘉許。	謝謝委員肯定。
二、	P2-4 圖 2.2 順向坡基底模組設計圖之順向坡最擔心的是是否有地下水的影響，順向坡上房屋載重及坡腳處是否有防止其滑動的設施。若有必要，應該把這幾個概念設計入模型中，以利民眾了解。	謝謝委員建議。本計畫共設計三種不同學習模組教具，並利用人機介面設計內容更豐富的學習知識，已涵蓋委員建議的知識內容。
三、	P2-4 圖 2.2 中順向坡的底座設計為不透水的底座，就會排除地下水的干擾，是否符合實際狀況請再考慮。	謝謝委員建議。不透水基座之內部設計可放置降雨模擬所需用水之蓄水槽，地下水位上升對地滑地危害度影響則採用人機介面呈現，讓學習者更易理解地下水位上升引致地層崩滑現象等知識。
四、	P2-5 本年度是否僅就順向坡岩體滑動(走山)的部分進行模型設計，而有關一般的崩塌落石、岩屑崩滑是否不再考慮之列。	謝謝委員建議。前(110)年度計畫教具已設計有崩塌落石、岩屑崩滑等相關知識之教具。今年度計畫以順向坡為主題製作教具，擴展大規模崩塌教育知識範圍。
五、	圖 2.4 其中的水位計以及傾斜管深度是否再加深一些。	謝謝委員建議。本計畫將水位計及傾斜管設計於教具側邊，加深設備貫入深度，以貼合現地情境。
六、	P2-13 第六節的教學輔助資源製作二、教育推廣教案，須符合 STEAM 教育精神，有需要重新檢視是否符合 1-3 至 1-4 頁的教育目標。	謝謝委員建議。教育推廣教案將依照 STEAM 教育理念進行編撰，藉以符合五大教育目標。
七、	第八節水土保持教育宣導成效蒐集，原來設計的題目是針對一般的坡地災害及防災進行規劃。現在新的教案主要針對順向坡的坡地災害防災進行調查，問卷題目應有所不同，內容應該包括:(1)	謝謝委員建議。問卷問題已參照委員建議進行修改。

	是否知道順向坡坡度災害的潛勢風險及危害。(2)是否知道如何防止順向坡地災害之預防策略。(3)知道如何自主觀測、監測、預防順向坡災害。	
八、	圖 2.6 地層結構破壞是否納入土壤有地下水浸入時，導致土壤連結力減少的現象，請再斟酌。	謝謝委員建議。地層結構破壞機制模組之一是設計雨水入滲至地層，會導致地下水位上升，從而導致土體間有效應力下降，土體顆粒上浮等現象，藉此讓學生觀察水位上升導致土體結構失穩並坍塌之情境，增添傳遞崩塌機制與觀念之成效。
九、	請確認使用本教具之對象，又相關學習者有探索能力，建議應有效標建立，以利學習成效確認。	謝謝委員建議。本教具以科普教育為目標，對象可以是兒童或一般民眾。另本計畫教具目標係以開發教具為主，輔以問卷蒐集學習成效。
十、	相關模組應可輔以影像或圖片，以避免學童或一般民眾無法與地表下之岩層現況連結。	謝謝委員建議。影像與圖片學習輔助內容以人機介面呈現，提供教具輔助使用。
十一、	P2-5 現象與災害成因觀察模組只有滑的現象，相關崩塌的現象請酌量說明。	謝謝委員建議。本計畫以順向坡為主題製作教具，有涵蓋三種手動組裝的學習模組，而相關的崩塌現象等知識也呈現在人機介面之「知識加油站」的功能選項中。
十二、	P2-7 以數據形式呈現於面板，並設定一固定監測設備情境，建議可加入 VR 或 AR 等生動教學，以吸引學童或一般民眾注意。	謝謝委員建議。本計畫以讓學童可以實作的理念進行設計，並採用人機介面吸引兒童或一般民眾注意進行互動學習。監測設備互動模組已呈現監測設備情境，並搭配實際影像圖片提供學習者瞭解。
十三、	P2-10 圖 2.5 若為互動模組建議有整治工法介入後，可以有防止崩塌之效能。	謝謝委員建議。本計畫另有設計工法模組教具，如：地錨工法、擋土牆、排樁工法等皆具有阻止崩塌塊體滑動之功能，藉此模擬工法施作對邊坡安全之效益。
十四、	P2-16 調查題目有 4 題，建請與水土保持酷學校相關老師或志工確認，並請酌量規劃獎勵機制。	謝謝委員建議。本計畫設計之問卷題目於前期計畫已與酷學校相關老師進行討論，後續持續與相關人士進行討論交流。另外，人機介面有設計測驗區，教具推廣時會搭配水保局的水保小禮物進行獎勵。
十五、	簡報所述 108 年度推廣效益達 6300 人次，是指觸及人次抑或實際參與人數。	文內所指效益為參與教具解說人次。

十六、	順向坡災害成因之互動設計較少，建議可再考量讓參與者自行操作會有更多互動，效果會更好。	謝謝委員建議。災害成因觀察模組之互動設計係以組合式教具為主，操學習可自行組裝地層分布與滑動面，並組裝降雨促崩模擬系統來觀察崩塌塊體滑動之現象，再思考如何解決災害問題。藉此導向監測及工法模組操作，進行完整的災害學習體驗。
十七、	土壤飽和相關試驗，建議可以不同大小及不同顏色代表土壤顆粒之不同。	謝謝委員建議。地層結構破壞機制模組採用不同大小粒徑之土壤顆粒呈現，另由於模組須以真實注水方式進行，因此色素會受到溶解作用影響，無法對土壤顆粒進行上色。
十八、	順向坡教具可以用不同角度的堆疊方式來達到對安息角了解的效果。	謝謝委員建議。安息角係大量顆粒狀物質被傾倒於水平面上堆積為錐體，堆積物的表面與水平面所成內角，其與密度，顆粒的表面積和形狀，及該物質的摩擦係數相關。本計畫教具設計讓學生自己手動方式建構安息角，接著透過簡單的三角函數觀念可對安息角進行量測，並理解此角度是材料內摩擦特性的外觀表現，藉此加深學生對安息角的認識，並理解安息角在崩塌發生機制扮演之角色。
十九、	今年之教具為之前延伸之第五代或是全新的更新，可思考加入山坡地可利用限度的相關議題，導入山坡地形成原因等，作為科普教育之教材。	謝謝委員建議。本計畫會針對山坡地可利用限度模型進行概念設計，礙於經費限制，實體模型製作建議採另案辦理。
二十、	順向坡滑動之因素不只有降雨，還可考量有地質條件、地震、安息角、坡腳等其他因素。	謝謝委員建議。本計畫係以降雨誘發崩塌發生為主題設計教具模型，地震因素誘發的崩塌則不在本計畫之範疇，而安息角、地質條件部分以地層結構破壞機制模型呈現；坡腳開挖部分以順向坡基底模組呈現。
二十一、	可增加自行動手組合方式，以加強學習效果。	謝謝委員建議。大規模崩塌防災教育教具包皆採用組合式之設計，藉此讓學習者體驗動手做之 STEAM 教育精神，達到強化防災知識學習的效果。
二十二、	操作設定推廣對象主要為中小學生，可考量與課綱結合。	謝謝委員建議。本計畫教案係以考 108 年課綱之素養導向教育方式來設計，藉以配合現階段國家義務教育方針。

大規模崩塌防災教育教具包研發

二十三、	大規模崩塌因涉及工程專業，建議可與中小學防災輔導團共同開發教師指導手冊及使用說明，以利後續運用。	謝謝委員建議。本計畫設計之教案及使用說明已於前期計畫和水土保持酷學校相關老師或志工進行討論交流，後續會持續與他們進行交流討論。
二十四、	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。本計畫會依據不同年齡層設計難度不一之問卷題目，藉以增加問卷涵蓋的年齡層。
二十五、	參加 5 場水土保持推廣活動，活動內容是否已經安排？另教具包完成時間應清楚說明，後續才能安排相關推廣活動。	謝謝委員建議。本計畫所有教具模型依照工作執行計畫書之甘特圖訂於 9 月全數完工如水保局有需要配合的推廣活動，但教具尚未完成，會以前(110)年度教具配合水土保持局進行推廣。5 場水土保持推廣活動採彈性辦理，主要有配合水保局安排活動及本計畫自行安排至酷學校的推廣活動，預計暑假先安排至新北市北大國小及基隆市西定國小進行教具推廣。

附錄二、期中委員審查意見

編號	委員審查意見	回覆辦理情形
一、	本計畫透過模組設計將災因、監測、整治寓教於樂，值得肯定。	謝謝委員肯定，本計畫將持續精進，打造出能因應教學現場需求的教具。
二、	p.2-5 內文有說明圖 2.3 應可模擬地下水，建請相關說明於內文。	謝謝委員建議，「順向坡基底模組」之降雨功能係為了傳達坡地遭遇降雨事件時，雨水會以地表逕流及地下水累積等形式影響坡地，最終導致大規模崩塌的發生。而針對前述「地下水位累積」知識的傳遞則以人機互動畫面內從面板觀察為主，實際呈現方法詳見 p.3-6。
三、	p.2-7 監測設備情境操作時間宜有操作測試，以確認學童或學習者能適應。	謝謝委員建議，人機互動畫面內所有情境操作影片之時長均已補充於期末報告內。另針對監測設備情境展示部分，影片設計時長為 13 秒，學習者能從影片中直觀地看到各監測數值的變化方向(例如：累積雨量上升、傾斜管錯動等)；且情境演示完後，畫面會停留在影片的最後，讓講者有時間各別介紹每一訊號所代表的意義。
四、	p.2-9 剛性工法設施模具依圖 2-5 所示，未包括地下部處理，建請酌增說明。	謝謝委員建議，教具提供的剛性工法模具主要目的是要將工法知識與實際生活做連結，學童在看到工法模具及工法實際照片後，對工法的學習意願有所提升。而針對各工法的實際施作原理、地下部型態及處理方法等知識，則以人機互動畫面中之「剛性工法」專區內容進行補充說明。
五、	p.2-11 以土石顆粒模擬地層結構，相關岩層未能納入，建請酌加說明。	謝謝委員建議，本計畫設計之兩組地層結構破壞機制學習模組係要傳遞小尺度下土壤顆粒遇到水後引致顆粒結構間摩擦力下降、土體有效應力下降，結構失穩後最終導致崩塌發生之觀念，而非不同岩層遇水後於特定岩層產生滑動之觀念。
六、	p.3-1 零件接合面有以膠水及膠帶作為接著劑，建議調整；又依圖 3.2 建請相關模組規格應有說明，且相關搬運及組立亦請納入說明。	謝謝委員建議，無膠帶黏著之修正版教具如圖 3-2 所示；相關模組基本尺寸亦已於期末報告書內教具設計圖中註明。

大規模崩塌防災教育教具包研發

七、	p.3-25 依圖 3-29 可見土石顆粒之粒徑似未對應，請確認。	經查期中報告書 p.3-25 所述之顆粒粒徑與實際粒徑不符，爰將內文(期末報告書 p2-10)粒徑修正為 5mm~30mm，謝謝委員建議。
八、	p.3-44 相關問卷建請納入學習前後各施測一次，以確認成效。	謝謝委員建議，本計畫已依委員建議新增前後測問卷，該問卷已於西定國小教具推廣活動上辦理，以此收集更具價值之數據。
九、	相關圖表出露位置請配合內文順序，而非有跳頁方式呈現。	謝謝委員建議，該問題已於期末報告書中修正。
十、	建議設計圖可增加尺寸，並標示材料及平面圖等，俾利瞭解細部規劃設計。	謝謝委員建議，設計圖 2-2~圖 2-7 中已加註設計尺寸資訊，另教具模組係透過雷射切割高密度保麗龍並於表層覆蓋玻璃纖維製成，該資訊亦加註於期末報告書第三章內。
十一、	有關順向坡會崩塌主要為為滑動塊體基腳遭開挖失去支撐，又有重力或外力影響下即產生破壞，非順向坡一定都有災害之觀念建議一併納入說明。	謝謝委員建議，順向坡乃至於其他類型之大規模崩塌發生原因均不盡相同，為讓教具體驗者能瞭解大規模崩塌發生根本原因，人機互動畫面「知識加油站」-「崩塌發生機制」中講述了 5 種引致大規模崩塌發生之潛在因子，教具體驗者可由此理解並非所有順向坡都會有災害發生，而是應該透過監測潛在滑動因子來判斷是否會有災害發生的可能。
十二、	p.3-40 圖 3.43 答案二題即「土石流屬於淺層崩塌，……」之說明易產生誤解，建議內容再酌予修正。	謝謝委員建議，「大規模崩塌懶人包」所呈現之七個問題係大局所提供之簡易防災問答題(懶人包)，並由人機互動畫面中呈現介紹。

附錄三、教具操作手冊

大規模崩塌防災教具包

教具操作說明手冊



一、 教具製作背景與教學目標

(一)教具製作背景

面對氣候變遷導致天然災害頻繁之課題，水保局正如火如荼地推動大規模崩塌災害防災減災計畫，而防災教育亦是推動防災減災計畫重要的一環，故本計畫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，進而提升水保局減災成果。為提供一個全新體驗的坡地防災學習模型，並配合中華民國 108 課綱「以素養教育為主」之目標，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小小學童依循 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順向坡滑動現象與災害防治工法、坡地監測設備等，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，讓學生體驗到降雨入滲坡體，造成地下水位上升與順向坡滑動發生的現象，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「大規模崩塌防災教具包」以及兩個「地層結構破壞機制學習模組」。此外，本教具開發設計一套人機互動畫面，該畫面架設於教具模型上方，用於操控教具上順向坡災害模擬系統；另一方面該畫面亦有提供更為豐富且完備的順向坡等大規模崩塌災害與防災相關學習資源，透過人機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. 觀察順向坡滑動現象發生並瞭解順向坡滑動等大規模崩塌的定義與特徵。
2. 觀察地層結構破壞過程並瞭解各種大規模崩塌的發生因子。
3. 瞭解各式防災整治工法的功用。
4. 瞭解各式坡地監測設備的功用並透過坡地監測系統學習生活防災技巧。

二、 教具組裝說明

教具包內包含：(1)順向坡基底模組、(2)現象與災害成因觀察模組、(3)監測系統互動模組、(4)整治工法互動模組、(5)人機互動畫面、(6)地層結構破壞機制學習模組一、模組二。其中，「順向坡基底模組」、「現象與災害成因觀察模組」、「監測系統互動模組」及「整治工法互動模組」需要手動組裝，針對需要手動組裝之模組進行組立說明：

(一)順向坡基底模組：

順向坡基底模組主要零件如圖 1 所示，分別為(1)底板、(2)左右側板、(3)前方側板、(4)後方側板、(5)基底坡面，請先將四片側板依卡榫位置拼裝起來，並以膠帶或熱熔膠將教具接縫處黏緊；隨後將側板與底板、坡面拼上，以膠帶或熱熔膠將教具接縫處黏緊後即可完成基底模組之組立。組立完成後可將模組放置於壓克力底盤上，並於模組上方擺設人機畫面及降雨管線、最後將抽水馬達擺放於水盆內(圖 2)，即可完成教具基底。組裝完成圖如圖 3 所示。



圖 1 順向坡基底模組零件

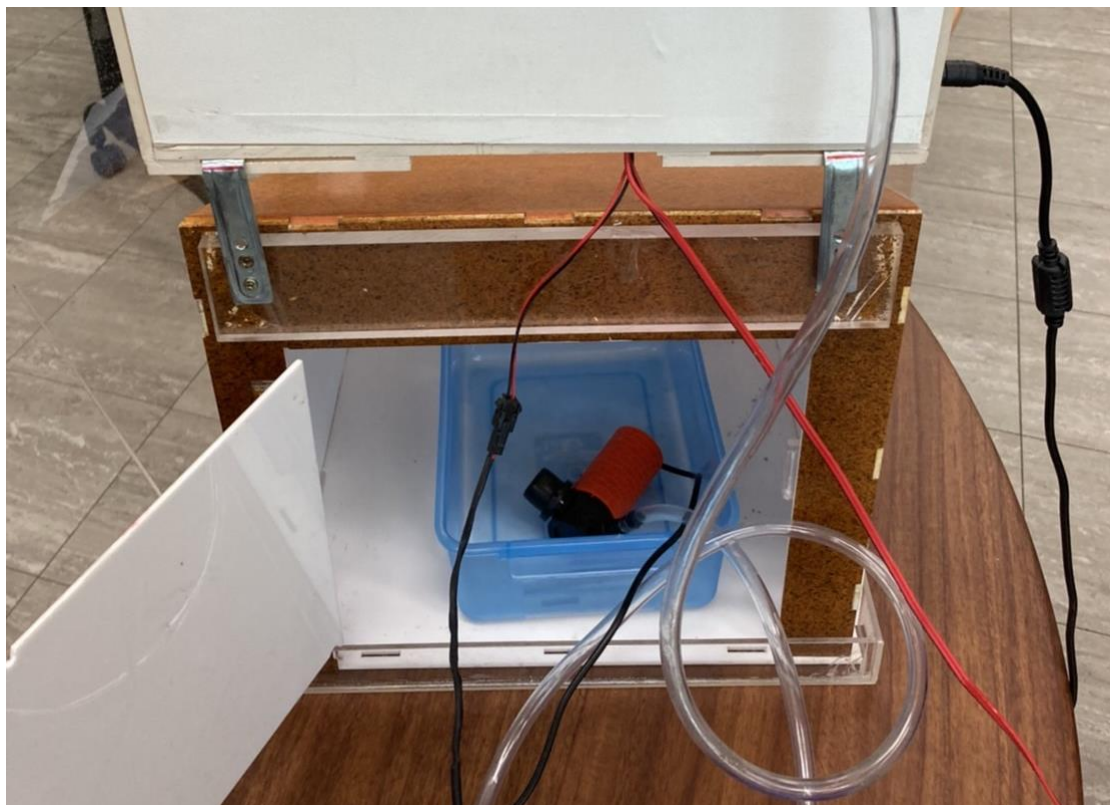


圖 2 抽水馬達及水盆可放置於教具基底模組內側

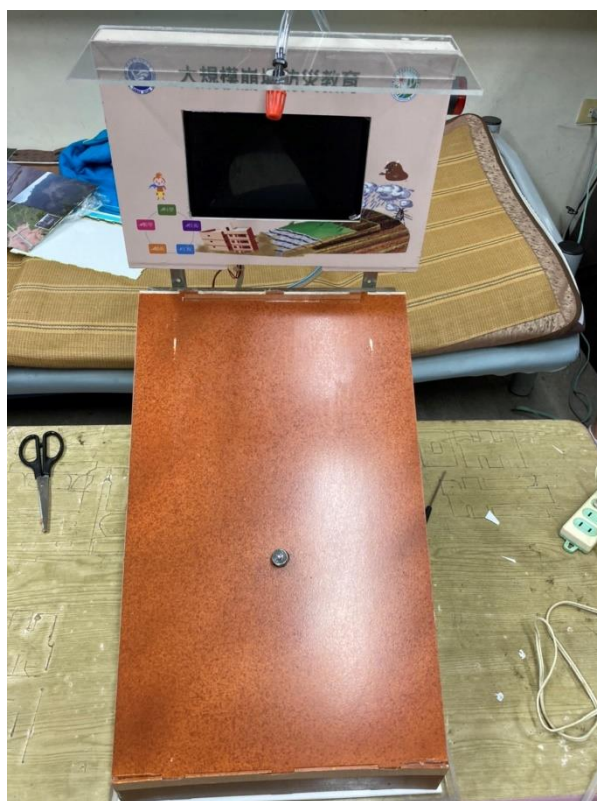


圖 3 順向坡基底模組組裝完成照

(二) 現象與災害成因觀察模組：

該模組主要零件分別為：(1)順向坡模組坡面上半部(背面有連接一壓克力側板)、(2)順向坡模組坡面下半部(背面有連接一壓克力圓形掛勾槽)、(3)側板 7 條、(4)坡面大圖貼紙，請依序將所有側板黏接到順向坡模組坡面上，即完成組立，組立完成後請於坡面黏貼。組裝完成圖如圖 4 所示。



圖 4 模組安裝完成照

(三) 監測系統互動模組

該模組主要零件與「現象與災害成因觀察模組」相同(圖 5)，差別僅在監測系統互動模組之坡面大圖貼紙上有監測設備照片，組立方法與「現象與災害成因觀察模組」一致。模組內另有附 4 件監測設備小模型，分別為(1)太陽能板、(2)地表變位儀、(3)雨量筒、(4)傾斜管及地下水位井，其中，請先將零件包內提供之小壓克力條黏貼於教具坡面各監測設備照片上，後續可將監測設備模型擺設在壓克力條上；另傾斜管及地下水位觀測井模型可側掛於坡面上，代表該

設備應安裝於地表面以下。實際擺放情形如圖 6 所示。



圖 5 監測系統互動模組零件



圖 6 監測系統互動模組

(四) 整治工法互動模組

模組主要零件為：(1)已黏貼好工法照片之坡面、(2)模組側板 4 條，請先將四條側板相互黏接好，再將側板與坡面黏接，即完成模組之組立。該模組附有 5 種工法小模型，分別為(1)格梁護坡、(2)地錨、(3)擋土牆、(4)排樁、(5)集水井，請先將零件包內提供之小壓克力條黏貼於教具坡面各工法照片上，後續可將工法小模型擺設在壓克力條上。實際擺設情形如圖 7 所示。



圖 7 工法互動模組

三、 模組說明

(一) 順向坡基底模組

基底模組為順向坡樣式之山坡地模型，且各模組間彼此可以進行堆疊組裝，形成可進行演示、解說之教具。藉由本模組之高度互動性教程，教師於課程中講授防災教育知識前，可讓學生先行組裝順向坡基底模型，激發學生學習慾望，並讓學生藉此觀察與探索山坡地的順向坡之結構特徵。

(二) 現象與災害成因觀察模組

該模組為切割成上下兩部分之模組，可疊加在「順向坡基底模組」上，並透過人機互動畫面操控降雨及滑動等功能模擬順向坡滑落現象，當人機畫面內顯示之地下水位達警戒值時，將觸發蜂鳴器，隨後地層滑動發生。此一連串功能可讓學生進行地滑災害現象的觀察、災害成因與機制的探索、地滑災害與警戒水位關係的學習等，也能夠從組裝教具的過程中啟發獨立思考、如何解決問題的能力，達到讓學習產生意義之成效。

(三) 監測系統互動模組

監測系統互動模組教學目的係透過監測設備模型呈現實地崩落地監測之情境，其可自行組裝並堆疊於「順向坡基底模組」上，並透過人機畫面操控降雨及滑動等功能模擬順向坡滑落現象，當人機畫面內顯示之地下水位達警戒值時，將觸發蜂鳴器，隨後地層滑動發生；整個現象發生的過程中，人機畫面均會顯示坡地當下的監測狀況，以此傳遞監測數值與坡地災害間之關係。

(四) 整治工法互動模組

整治工法模組可疊加在順向坡基底模組上，該模組透過大圖顯示工法實際照片，教具使用者可將工法小模型擺放在正確的工法照片前，同時搭配人機畫面「整治工法」專區內各工法說明進行詳細的工法學習，以此將民眾常看見卻不理解之邊坡治理工法展示於模型上，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) 人機互動畫面

人機互動畫面主頁如圖 8 所示，該互動畫面可啟動「現象觀

察」及「監測系統」兩影片，兩支影片皆在模擬降雨事件發生時，各地滑發生潛在因子與大規模崩塌間之關係。此外，該畫面亦提供豐富深層崩塌災害之防災教育內容，藉此傳遞教具上無法完整呈現的防災知識，鞏固參觀者學習成效。



圖 8 人機互動畫面主頁

(六)地層結構破壞機制學習模組

本教具共設計兩套可學習地層結構破壞機制之模組，兩模組分述如下：

模組一：模組一實際照片如圖 9 所示，該模組觀察水位上升導致土堆崩塌之模型。模組提供 5mm 至 30mm 粒徑大小不一之土石顆粒，讓學習者自行堆疊成小山丘形狀，引出安息角之概念，並可自行於模組注水區中加水。其中，注水區製作為雙層設計，讓水從土壤顆粒底部上升滲入，導致土壤顆粒結構間的內摩擦力變小並導致結構破壞。另模組搭配簡易彈簧秤，提供學生觀測土堆隨水量增多，土體變重與土堆遭受破壞之變化歷程，藉此讓學生學習崩塌發生之機制與觀念。

模組二：模組二實際照片如圖 10 所示，模組之設計為一封閉式滴漏模型，上層放置水體，下層放置土壤顆粒，透過漏斗機制由上方自動滲水，雨水會順著漏斗結構流至模型下方，雨水累積會導致地下

水位上升，並由底部入滲至土體中，從而導致土體間有效應力下降，土體顆粒上浮等現象。藉此讓學生觀察水位上升導致土體結構失穩並坍塌之情境，增添傳遞崩塌機制與觀念之成效。



圖 9 模組一實際照片



圖 10 模組二實際照片

四、 教具操作流程

本教具係透過「現象與災害成因觀察模組」、「監測系統互動模組」、「整治工法互動模組」三大模組疊加在「順向坡基底模組」上進行操作，另可使用兩組「地層結構破壞機制學習模組」進行地層結構破壞原理的說明。教具操作流程如下：

(一) 各模組組裝

依序組裝完「順向坡基底模組」、「現象與災害成因觀察模組」、「監測系統互動模組」及「整治工法互動模組」，組裝模組的過程中可觀察各模組樣態，在組裝過程中同時激發學生對於模組內容的好奇心，使後續教具學習體驗更專注。

(二) 現象觀察體驗

點選人機畫面「現象觀察」專區，系統將開啟降雨功能，同時自動撥放崩塌模擬情境動畫(圖 11)，動畫各步驟如下述：

第一步：開啟現象觀察專區，觸發主動畫、雷雨音效與降雨模擬。

第二步：動畫中地下水位上升達警戒水位時，觸發蜂鳴器。

第三步：蜂鳴器持續 2 秒後，觸發塊體滑落。

第四步：主動畫結束，降雨、雷雨音效、蜂鳴器關閉。

藉由上述情境讓學習者學習降雨導致地下水位上升，當地下水位上升至警戒水位時，觸發警報(蜂鳴器)，爾後觸發崩塌塊體滑落，以此脈絡有效傳遞真實順向坡滑動災害之現象與成因，讓學習者觀察與思考崩塌災害樣貌與機制。

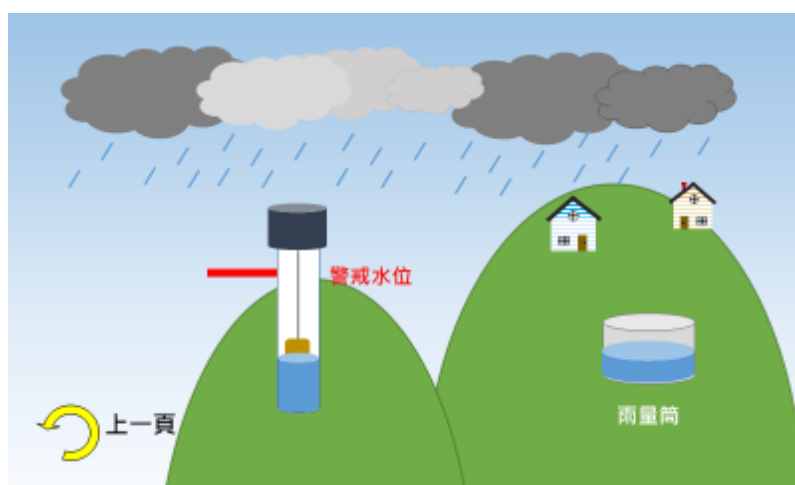


圖 11 現象觀察專區動畫示意圖

(三)監測系統學習

點選人機畫面「監測設備」專區，系統將開啟降雨功能，同時自動撥放豪大雨情境下監測系統監測情境動畫，監測系統情境詳述如下：

1. 太陽能板啟動後，於監測面板上持續呈現 12v 之圖形，模擬現地之工作電壓需求。
2. 雨量計展示降雨量隨時間逐漸上升，其時間間距與地下水位計相同(每 2 秒上升 1 段)。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(超過警戒水位)。
3. 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(圖 12)，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(圖 13)，該階段之時間點位於降雨量達 200mm(豪雨標準)，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(圖 14)，該階段之時間點位於降雨量超過 350mm(大豪雨標準)，代表地層錯動達到顯著變化，應立即採取措施與高度警戒；第四階段地中變位呈現最大的變化(圖 15)，該階段之時間點位於降雨量達 500mm(大豪雨標準)，此時地下水位達到警戒水位，代表地層即將發生滑動。
4. 地表變位儀視窗將隨降雨量達 150mm 時啟動，並每 2 秒增加 5cm，最高上升至 25cm，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進行觀察，藉此瞭解地層變動樣貌。

學生可藉此教學主題建立崩塌地監測觀念，再透過監測設備小模型與模組上實際監測設備照片達到虛實交互連結的方式，從而體會坡地防災監測刻不容緩的重要性。

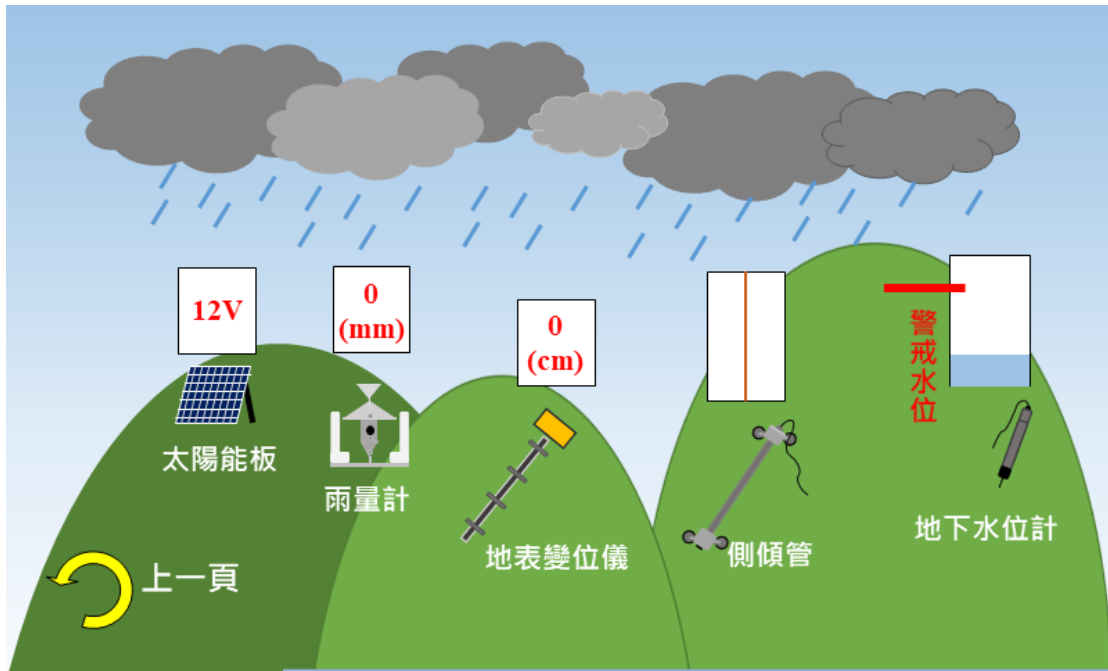


圖 12 監測設備情境初始階段

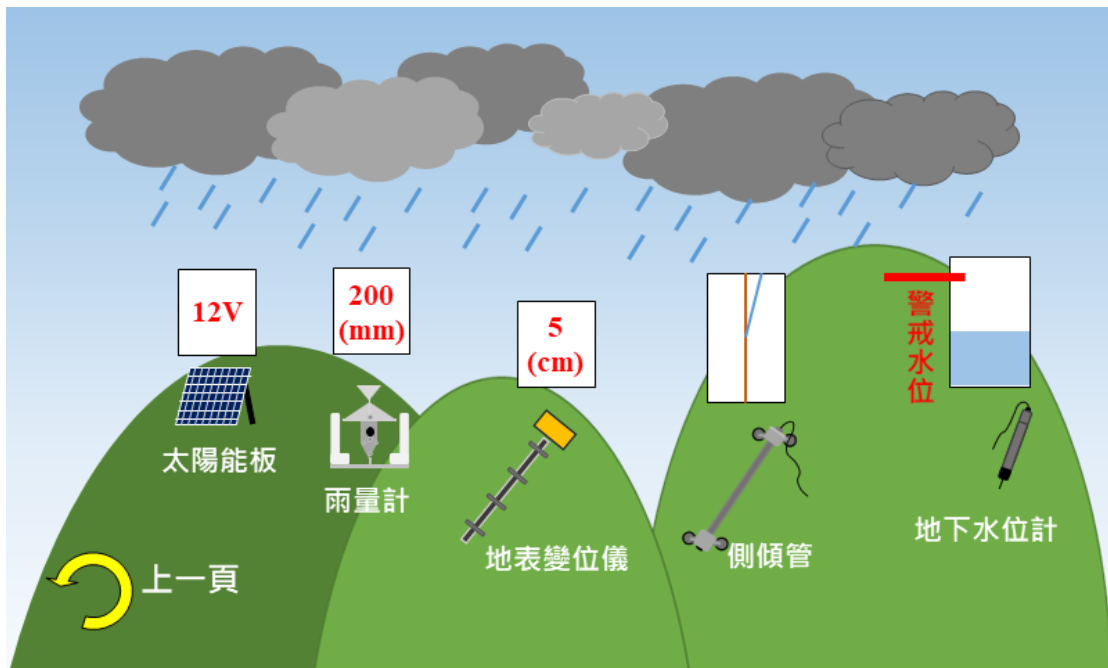


圖 13 監測設備情境第二階段

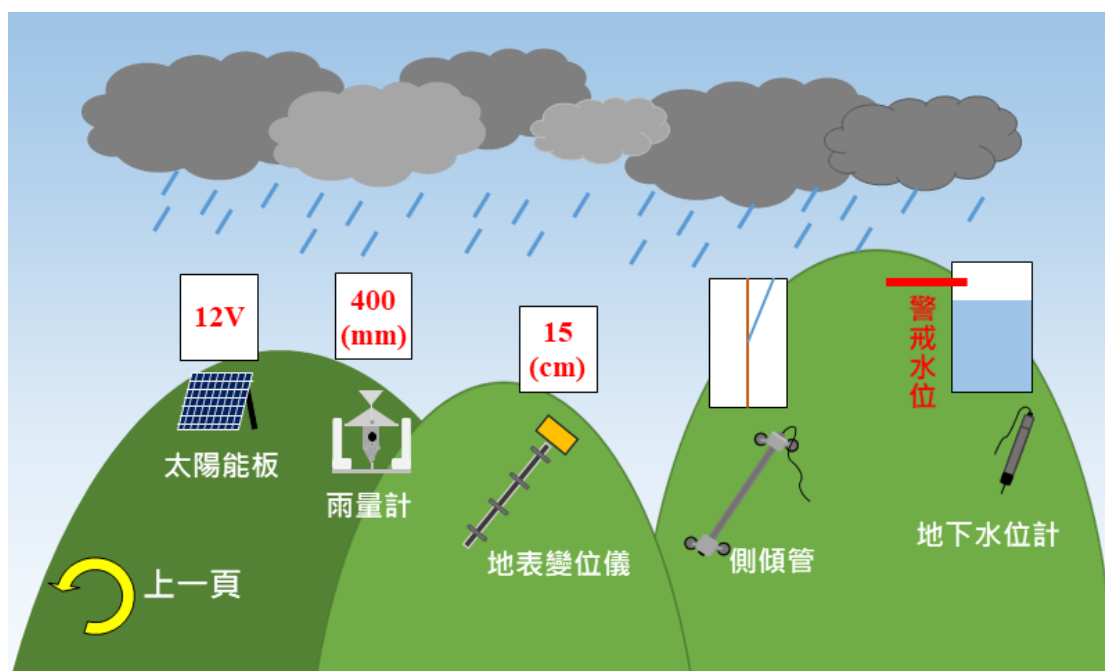


圖 14 監測設備情境第三階段

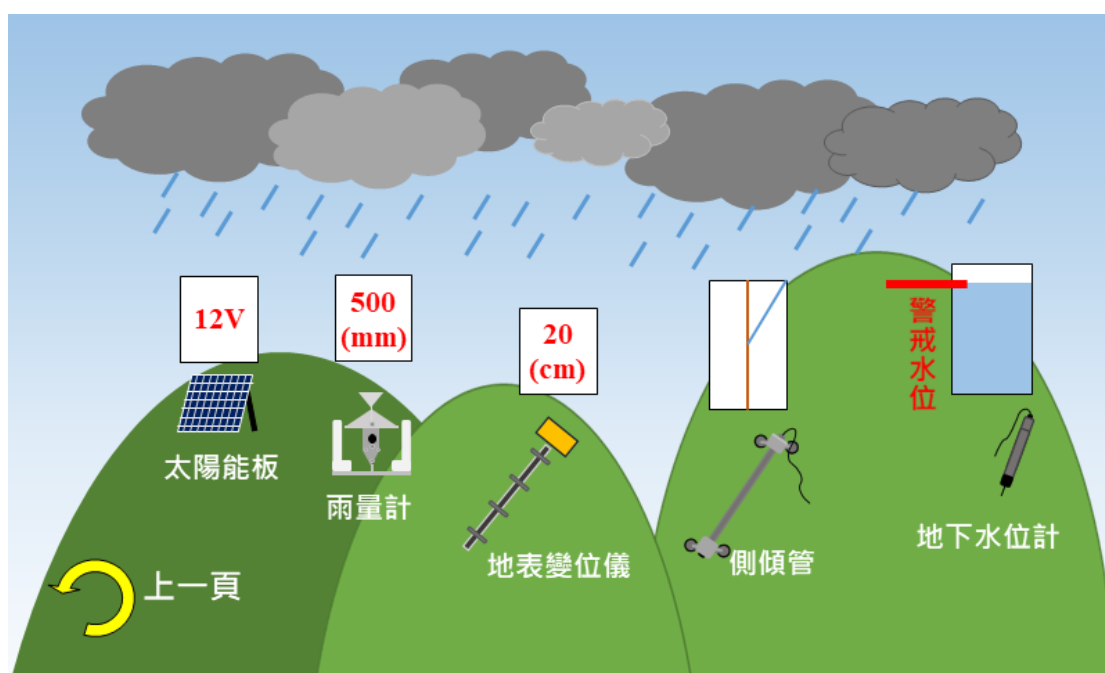


圖 15 監測設備情境第四階段

(四) 整治工法學習

整治工法互動模組提供多個縮小版整治工法模組，學生可將不同模組擺設於工法互動區之指定位置上，並結合人機畫面「災害整

治」內之整治工法介紹，將艱澀的工法知識以簡單形式呈現，以此建立參觀者對於工法的基本知識。

(五)地層結構破壞機制學習

1. 模組一：

學生先以手動方式將粒徑大小不一之土石顆粒堆疊為錐體，隨後於模型注水區內加水，並觀察地下水位與土石錐體分離、漂浮、崩塌等現象之關聯性。另可搭配安息角量測、重量紀錄等方式，讓學習者觀察原本因土體內摩擦力而形成之安息角，因地下水位的抬升受到破壞的過程，藉此情境讓學習者延伸思考至崩塌災害發生原因，充分理解真實地層結構破壞的機制。

2. 模組二：

當模組放置如圖 12 之狀態時，雨水會順著漏斗結構流至模型下方並積累，造成孔隙水壓力隨著地下水位上升，當地下水壓過高時，會導致土壤顆粒內摩擦力消散，並遭到破壞。該模組情境可以讓學習者觀察土體結構因地下水位的上升而受到破壞，學習崩塌機制等觀念。

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. 教具附有電子設備(坡體上方架設之面板)，操作教具時請盡量不要讓水碰撞到面板，且使用完畢後，於收納時務必將水分擦拭乾淨。

附錄四、教育推廣教案

大規模崩塌防災教育教具包

教具背景：

近年來氣候變遷已經成為事實，造成臺灣坡地災害頻繁發生，其中，民國 98 年莫拉克風災時大規模崩塌災害導致小林村滅村，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的「順向坡滑動」現象、監測系統與整治工法等，縮小尺度帶入教室提供學生學習使用，透過組合式教具之自行組裝特點，讓學生合作與思考如何組建順向坡模型，並搭配真實降雨情境模擬，讓學生從人機介面中觀察到降雨造成地下水位上升，並引發順向坡滑動之現象。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」，開發出以順向坡為主題之「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，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。

2. 動手做方面：

教具提供互動式功能，其中內容包含各拼裝式模組組合與堆疊、各式監測系統與整治工法模組組裝、地下水警戒水位觀察以及災害成因探究等功能，參觀者可自行操作，並可嘗試組合最經濟有效之解決方案。

3. 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，建立自主防災觀念。

4. 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，可以降低孔隙水壓上升的機率」、「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。

5. 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，教具各式模組提供觀察、動手、用腦與對話等多元感官學習，將艱澀的大規模崩塌相關知識轉化為輕鬆易懂的情境學習，達到學習力的開發。

此外，教具亦建置人機介面，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相關知識，透過人機介面的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。

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，藉以提升大規模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	大規模崩塌防災教育-順向坡滑動	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：組合式教具。 2. 主題：透過教具讓學童理解順向坡滑動災害樣貌、成因、機制、監測與治理作為，並培養自主防災觀念。 3. 設備：1 套 A3 尺寸順向坡基底模型；3 套主題疊加模組；1 套人機介面；2 套地層結構破壞機制模組。 二、教學聯繫： 1. 本教材係基於 STEAM 理念，並結合順向坡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：學習順向坡滑動樣貌、成因與機制。 (2) 科技/Technology：認識臺灣常見之坡地監測系統，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：以各式可自行上色、貼紙之零組件，探索美感與工程的關聯性。 (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. 此為組合式教具，難易度較高，需要教師配合學生進行安裝並操作學習。 2. 教學內容牽涉較多專有名詞，如地錨、格樑護坡、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個名詞之意義。			
	時長	單元	各單元時長	各節重點
教學內容	120 分鐘	一、組合式教具組裝 二、現象與災害成因觀察 三、監測系統學習 四、整治工法學習 五、地層結構破壞機制學習 六、知識加油站(人機介面) 七、學習評量(知識挑戰區)	30 分鐘 15 分鐘 15 分鐘 15 分鐘 20 分鐘 15 分鐘 10 分鐘	一、依照教具操作說明手冊進行各模組安裝，學習如何完成完整的順向坡模型及瞭解順向坡的樣貌。 二、觀察與學習順向坡滑動致災原因及滑動形式。 三、學習監測系統樣貌與如何判讀監測數據，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、學習地層結構破壞機制，瞭解崩塌現象發生之物理意義。

				六、透過人機介面中「知識加油站」學習更多崩塌災害相關知識。 七、透過人機介面中「知識挑戰區」驗收學習成果。
教學目標		單元目標	具體目標	
	組合式教具組裝	1. 組裝組合式順向坡教具，學習順向坡樣貌及構造。	1-1	組裝完成(1)順向坡模型基底模型；(2)現象與災害成因觀察模組；(3)監測系統互動模組；(4)整治工法互動模組。
	現象與災害成因觀察	2. 透過教具模型瞭解順向坡崩塌成因與機制。	1-2	觀察與學習順向坡構造、樣貌。
	監測系統學習	3. 透過教具操作以理解監測系統樣貌，並學會判讀監測面板上之數值。	2-1	理解降雨會導致地下水位升高。
	整治工法學習	4. 透過人機介面中整治工法專區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。	2-2	學習並理解地下水位高低與坡地穩定度之關係。
	地層結構破壞機制學習	5. 藉由地層結構破壞機制模組一學習土體結構、土體飽和度、安息角及內摩擦力等崩塌破壞之物理觀念。	2-3	學習並理解警戒水位與警報聲響和順向坡崩塌之關係。
	知識加油站	7. 藉由人機介面中「知識加油站」學習更多崩塌相關知識。	3-1	瞭解雨量筒測量記錄監測資訊的方式。
			3-2	瞭解傾斜管測量與紀錄監測資訊的方式。
			3-3	瞭解地表變位儀測量與紀錄監測資訊的方式。
			3-4	瞭解地下水位觀測井記錄監測資訊的方式。
			3-5	瞭解太陽能板提供監測系統工作用電。
			4-1	瞭解擋土牆之功用與防災原理。
			4-2	瞭解格樑護坡之功用與防災原理。
			4-3	瞭解地錨之功用與防災原理。
			4-4	瞭解排樁工法之功用與防災原理。
			4-5	瞭解地表排水工法之功用與防災原理。
			4-6	瞭解地中排水工法之功用與防災原理。
			5-1	自行堆疊土體並瞭解安息角意義。
			5-2	經由自行注水學習土體飽和度增加及顆粒間內摩擦力消散等觀念。
			6-1	透過模組雙漏斗形結構學習降雨會導致地下水位上升。
			6-2	瞭解地下水位上升會導致土體受到破壞，並理解真實山坡地亦會因此發生崩塌等災害。
			7-1	瞭解崩塌發生機制
			7-2	瞭解坡地災害類型

附錄-26

	監測系統模組與整治工法模組，並從中觀察順向坡樣貌。 3. 順向坡特徵學習： 學生觀察順向坡之特徵，並找尋崩塌地上有哪些結構(如坡趾開挖、地層傾斜方向與坡面傾斜方向一致等)。		5 分鐘	
2-1~2-3	單元二、現象與災害成因觀察 1. 引起動機： 拿出「現象與災害成因觀察」模組疊加至順向坡基底模組上，透過人機介面中「現象觀察」功能播放聲光效果引起學生關注，並讓學生觀察模型及人機介面上的降雨、地表水流、地下水位計、警報(蜂鳴器)與順向坡崩塌等現象。 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順向坡滑動發生。 延伸學習-坡地災害： 說明順向坡滑動屬於坡地災害的一種，並詢問學生除此之外，還有哪些坡地災害？又是如何造成這些坡地災害的呢？給予學生一段時間進行	順向坡基底模型 1 套；現象與災害成因觀察模組 1 套；人機介面 1 組。	3 分鐘 4 分鐘 4 分鐘 4 分鐘	

	思考、討論與分享，最後提供詳細解說。			
3-1~3-5	單元三、監測系統學習 - 引起動機： 詢問學生要如何提早知道順向坡滑動會不會發生呢？有哪些方法可以知道雨量大小跟地下水位高度呢？ - 監測系統配置： 透過監測系統互動模組介紹各個監測系統在山上安裝時的位置，並讓學生自行組裝傾斜管、十字滑軌、地表變位儀和雨量筒等各個監測系統縮小模型，並介紹監測系統量測的方法。 - 監測資料記錄方式： 啟動人機介面中「災害監測」功能，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，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。	順向坡基底模型 1 套； 監測系統互動模組 1 套、人機介面 1 組。	4 分鐘 6 分鐘 5 分鐘	監測系統可用於輔助監控坡地穩定度，當坡面不穩定時，監測系統將會提出警戒，提供民眾撤離的時間。
4-1~4-6	單元四、整治工法學習 - 引起動機： 詢問學生要如何保護山坡地，不讓順向坡滑動發生？在台灣的山坡上會有哪些人造的結構物？ - 整治工法介紹： 透過播放人機介面中「災害整治」功能，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、	順向坡基底模型 1 套； 整治工法互動模組 1 套、人機介面 1 組。	4 分鐘 4 分鐘	

	排樁工法、地表排水工法及地中排水工法。 3. 整治工法學習： 學生自行放置整治工法至模組上對應位置，並觀察各種工法樣貌。 4. 崩塌地整治： 使用模組上的崩塌區域讓學生思考要如何安排整治工法以防止塊體的滑落。 5. 延伸-議題討論 學習完畢，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。		2 分鐘 3 分鐘 2 分鐘	
5-1、5-2	單元五、地層結構破壞機制學習 1. 引起動機： 詢問學生是否瞭解降雨引發地下水位升高，進而導致崩塌發生的物理現象？看似堅固的山坡內部到底發生什麼事情才會這樣崩塌？	地層結構破壞機制兩模組	4 分鐘	
	2. 模組一： 取出石頭並在模型上的空間中對疊成小山丘狀，並觀察安息角的樣貌，再注意石頭重量造成刻度變化。爾後注入雨水，觀察地下水位上升漸漸破壞小山丘結構，並注意刻度的變化，刻度上升代表地層重量逐漸變重，進而導致地層滑動的發生。		8 分鐘	
6-1、6-2	3. 模組二： 取出並旋轉模組，讓模組呈現土壤在下方而水在上方，觀察雨水不斷注入土壤中，讓土壤間的內摩擦力消失，導致土壤受到破壞。從此情境中學習水		8 分鐘	

7-1~7-4	份對土體造成的影響，並引導學生學習地層失去摩擦力而滑動崩塌的現象。 單元六、知識加油站 1. 開啟人機介面中「知識加油站」專區，藉由專區中提供的各項補充知識進行教學，讓防災教育更加完整。	人機介面 1 套	15 分鐘	
8-1	單元七、學習評量 1. 開啟人機介面中「知識挑戰區」專區，讓學生回答「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。	人機介面 1 套	10 分鐘	依照學生狀況，可以有獎徵答形式進行。

附錄五、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、	教具可生活化及加強土石流差異。	謝謝委員建議。本教具可讓學習者從現象觀察、致災原因瞭解、國內如何整治及監測坡地等一連串知識，最後再引導學習者理解全民自主防災與離災的核心觀念，以此將所學知識確實轉換為保護自家安全之生活化觀念。另教具人機畫面中含有豐富補充知識，其中就含有順向坡滑動等大規模崩塌定義介紹，以及大規模崩塌與土石流間的差異。
二、	除實體教具外，未來可以發展虛擬實境推廣。	謝謝委員建議。虛擬實境能有效打造吸睛的學習場域，未來新提計畫時會將此構想納入考量。
三、	前幾年所做之教具是否有追蹤後續使用的情況？使用者相關的反饋意見？本次研發的教具是否已納入相關之前教具的反饋意見進行改善？	謝謝委員建議。本計畫團隊每年均有與現行持有本教具之教學單位/水保推廣單位進行教具使用的心得交流，並且，本團隊每年均會參考教具現場使用心得來設計隔年度教具，以此打造更為符合教學現場需求之教具。
四、	建議相關教案可以有英文。	謝謝委員建議。本年度計畫並未規劃英文相關教案，未來研提新計畫時會將此建議納入考量。