
地滑地搶救大作戰互動教具研發
Development of Interactive teaching tools
for learning how to remediate active deep
seated landslide sites
(期末報告書)

執行單位：國立海洋大學河海工程學系

執行期間：107年02月09日至107年12月31日

計畫主持人：許世孟 助理教授

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 107 年 11 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)

地滑地搶救大作戰互動教具研發

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，本計畫以『互動學習、真實感受』理念，開發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，並納入可自主操作的工法模組，引導學生學習思考配置工法設施，以減緩與防治災害的發生，讓學生體驗擔任小小工程師的成就感，落實水土保持教育扎根工作，並培育學生成為水土保持教育的種籽。此外，計畫選定信義國小作為教具教學的示範學校，於該校實際進行地層探勘，並開發一套簡易地下水位量測設備，提供學生觸摸岩心與量測鑽孔地下水位變化，藉此教育學生地質、地下水與地層滑動之關聯性，並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。最後，本計畫共完成學生版與教師版教案編寫與兩場教具體驗活動，並參加四場教具展覽活動，吸引超過 3500 人次的民眾參觀，達到宣揚水土保持教育之目的。

關鍵字：互動教具、地滑、地下水位、整治工法

Development of Interactive teaching tools for learning how to remediate active deep seated landslide sites

Abstract

To expand learning resources for the Cool School of Soil and Water Conservation(CSSWC) and deliver novel learning experiences, this study presents a pedagogical approach of "interactive learning and touching experience" in developing an educational instrument that can observe the triggering of rainfall-induced deep-seated landslides by increasing pore water pressure rapidly. The educational instrument also contains interactive various remediation works that can engage kids to perform a brainstorming activity about how to mitigate and control the occurrence of this disaster. The interactive process is useful for gaining a problem-solving skill and giving kids opportunities to experiencing a sense of achievement while working as a little engineer. The novel pedagogical system is beneficial for foundation establishment and talent cultivation of soil and water conservation education. Besides, this study selected the Keelung Municipal Xing-Yi Elementary School as a demonstration site for the educational instrument. To promote kids' learning efficiency and outcomes from the teaching aid, this study conducted a borehole drilling in the campus and produced a groundwater water pressure sensor which can be utilized to link geological composition and groundwater levels of a landslide site between a realistic site and the virtual site (the teaching aid). By touching real core samples and measuring groundwater levels, kids can learn relationships among geology, groundwater, and the occurrence of a landslide. Finally, two teaching instructional books for both kid and instructor version have been produced and used as teaching materials for two learning activities. In collaboration with SWCB, this study attended four public events to demonstrate the educational instrument. More than 3500 participants showed their interests in learning the knowledge of rainfall-induced landslides which meets the goal of promoting the soil and water conservation education.

**Keywords : interactive educational instrument, deep-seated
landslide, groundwater, remediation works**

目次

摘要.....	I
Anstract.....	II
目次.....	III
圖次.....	V
表次.....	IX
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.....	1-3
第三節 工作項目內容.....	1-4
第二章 工作執行方法與步驟.....	2-1
第一節 資料蒐集.....	2-2
第二節 水保酷學校會勘.....	2-3
第三節 地滑地教具模型建置.....	2-3
第四節 地層資料探勘.....	2-9
第五節 教材製作.....	2-14
第六節 辦理教具的體驗與推廣.....	2-17
第三章 工作執行成果.....	3-1
第一節 教具文獻蒐集.....	3-1

第二節 示範學校會勘.....	3-15
第三節 地滑地教具模型建置成果.....	3-21
第四節 地層鑽探成果.....	3-33
第五節 教材製作成果.....	3-42
第六節 辦理教具的體驗與推廣活動.....	3-44
第四章 結論及建議.....	4-1
第一節 結論.....	4-1
第二節 建議.....	4-3
參考文獻.....	參-1
附錄 附錄一、期初審查會議委員意見回覆辦理情形.....	附錄 1-1
附錄二、教具模型參觀暨工作會議徐森彥組長建議意見回覆辦理情形.....	附錄 2-1
附錄三、期中審查會議委員意見回覆辦理情形.....	附錄 3-1
附錄四、兒童故事教案及海報.....	附錄 4-1
附錄五、教師版教案手冊及教師研習簽到表.....	附錄 5-1
附錄六、教具操作手冊.....	附錄 6-1
附錄七、教具 DM.....	附錄 7-1
附錄八、教具經費分析.....	附錄 8-1
附錄九、期末聯合審查意見回覆辦理情形.....	附錄 9-1

圖次

圖 1-1 計畫主要理念示意圖.....	1-3
圖 2-1 工作執行步驟流程圖.....	2-1
圖 2-3.1 地滑地互動教具模型側視圖（單位:cm）.....	2-8
圖 2-3.2 地滑地互動教具模型俯視圖（單位:cm）.....	2-8
圖 2-4.1 地層鑽探施工圖.....	2-10
圖 2-4.2 基隆信義國小地層分布資訊.....	2-11
圖 2-4.3 岩心照片示意圖.....	2-11
圖 2-4.4 地下水位站井示意圖.....	2-13
圖 2-4.5 地層柱狀圖與岩芯紀錄示意圖.....	2-14
圖 2-5.1 教材說明圖.....	2-16
圖 3-1.1 靜態水保教材(1).....	3-2
圖 3-1.2 靜態水保教材(2).....	3-3
圖 3-1.3 土石流潛勢溪流與整治工法.....	3-6
圖 3-1.4 土石流防災彈珠檯.....	3-7
圖 3-1.5 山坡地保育工法配置-簡易工法模型.....	3-8
圖 3-1.6 野溪治理工法配置-積木.....	3-9
圖 3-1.7 崩塌地復育工法配置-簡易工法模型.....	3-10
圖 3-1.8 土石流知識挑戰賽-按鈕式.....	3-11

圖 3-1.9 防災知識大挑戰-夾娃娃機.....	3-12
圖 3-1.10 解密遊戲 STORM.....	3-13
圖 3-1.11 擴增實境(AR).....	3-14
圖 3-1.12 國外教具-Landslide Model.....	3-14
圖 3-2.1 拜會基隆信義國小校長及教師.....	3-16
圖 3-2.2 地滑地教具模型擺放位置.....	3-16
圖 3-2.3 地層鑽探選址(校園後方坡地前景).....	3-17
圖 3-2.4 地層鑽探選址(校園後方坡地側景).....	3-17
圖 3-2.5 工作計畫書簡報與工作討論會議.....	3-19
圖 3-2.6 本計畫與鑽探廠商及示範學校對適合地點意見交換.....	3-20
圖 3-2.7 信義國小鑽探預定地點.....	3-20
圖 3-3.1 教具模型成品圖.....	3-25
圖 3-3.2 灑水槽正面貼圖.....	3-26
圖 3-3.3 灑水槽左側貼圖.....	3-26
圖 3-3.4 灑水槽右側貼圖.....	3-27
圖 3-3.5 雨量控制按鈕.....	3-27
圖 3-3.6 模型後方窗口與底部水槽.....	3-28
圖 3-3.7 崩塌塊體(左邊:材質重;右邊:材質輕).....	3-29
圖 3-3.8 地表排水工法.....	3-30

圖 3-3.9 地中排水工法.....	3-31
圖 3-3.10 擋土牆.....	3-31
圖 3-3.11 地錨.....	3-32
圖 3-3.12 格樑護坡.....	3-32
圖 3-4.1 機具架設與確定鑽探孔位地點.....	3-36
圖 3-4.2 鑽孔岩心照片(1~12M).....	3-37
圖 3-4.3 鑽孔岩心照片(13~24M).....	3-38
圖 3-4.4 鑽探孔位柱狀圖及岩心描述.....	3-40
圖 3-4.5 地下水位監測井與簡易地下水位量測設備.....	3-41
圖 3-4.6 基隆市信義國小附近區域性地質剖面圖.....	3-41
圖 3-6.1 教具操作及知識講解.....	3-45
圖 3-6.2 學生發問時間.....	3-46
圖 3-6.3 學生操作教具與體驗.....	3-46
圖 3-6.4 學生觸摸與觀察岩心.....	3-47
圖 3-6.5 地下水位量測教學.....	3-47
圖 3-6.6 學生自主測量地下水位.....	3-48
圖 3-6.7 教具操作及崩塌相關知識講解.....	3-48
圖 3-6.8 教案教學.....	3-49
圖 3-6.9 教師操作教具模型.....	3-49

圖 3-6.10 教師觀察、觸摸岩心及問題解答.....	3-50
圖 3-6.11 地下水位量測.....	3-50
圖 3-6.12 計畫主持人於全國中小學科展教具解說.....	3-53
圖 3-6.13 徐森彥組長協助於全國中小學科展教具解說.....	3-53
圖 3-6.14 計畫主持人於綠色博覽會教具解說.....	3-54
圖 3-6.15 水土保持示範基地記者會.....	3-54
圖3-6.16 計畫主持人於水土保持示範基地記者會教具展覽解說..	3-55
圖 3-6.17 計畫主持人於水土保持教育推廣成果發表會解說.....	3-55

表次

表 3-1 國內教具類型整理.....	3-4
表 3-2 鑽探岩心描述記錄表.....	3-39
表 3-3 教具參展活動.....	3-52

第一章 緒論

第一節 計畫緣起與目的

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。因此，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2018年已歷經4代水土保持酷學校共計82間小學的加入。同時，針對加入的學校，水土保持局免費提供水土保持系列相關課程活動與教具資源供其使用，近來更往外向各業界、學界、民眾募集水土保持相關的創意與創作教案，創造教育推動加乘效果，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。

對於酷學校而言，加入酷學校計畫只是播種，真正開花結果仍需要仰賴教材或是教具等資源的灌溉，才能提供酷學校學生更加完善與有用的學習機會，進而讓學生建立水土保持維護與防災教育的觀念，讓水保知識與素養如同樹一般，擁有無限向下紮根的生命力，生生不息傳衍它們的生命。藉此用心之努力，方使每一世代的學生都能學會維護環境、永續經營，為更加久遠後的世代營造完善的環境。有鑑於此，更多創新教具教材的開發將成為不可或缺的關鍵角色，藉由創新的教具與教材能夠創造全新的教學環境，更能夠

留住學生的目光，提高學生學習效果與求知慾望，因此為了能確實將此理念推動，創意與吸引力成為本計畫開發教具不可或缺的條件。

依據計畫背景分析，本計畫勾勒出開發之理念包含：(1)創新設計、(2)水保教育知識、(3)防災知識傳播、(4)互動性實際操作(如圖 1.1 所示)。冀望透過此理念開發出宣揚水土保持教育之互動教具模型，利用創新的思維做設計模型的起步，並將學生學習吸收的效果考量其中，將互動性的操作方式融入模型內，深耕防災與水保知識於學生心中。另外設計一系列整治工法，讓學生在學習水保知識的同時，也能夠體驗到擔任一位小小工程師的成就感。最後計畫成果可以落實水土保持酷學校理念，將水土保持知識向下紮根、水平擴散，打造創新學習環境，將「用心栽培下一代，打造水保新世代」一理念塑造成為全計畫的核心思想。



圖 1-1 計畫主要理念示意圖

資料來源：修改自孤單的大樹圖片[1]

第二節 計畫目標

本計畫依據擬解決之問題共規劃主要兩項工作目標：

- 一、開發可觀測地滑地因地下水壓上升滑動之教具模型，並納入淺顯易懂且能夠自主操作的水土保持工法模組，引導學生嘗試配置不同組合的水土保持設施，進行地滑地搶救大作戰，學習如

何有效抑制與抑止地滑發生，並配合教材故事吸引孩子目光，讓孩子不僅僅能獨立思考學習，還能夠體驗擔任小小水土保持工程師的成就感，以此不僅能夠落實水土保持教育向下扎根理念，並培育孩子成為水土保持教育的種籽，還能橫向拓展水土保持概念於各縣市水保酷學校，創造寓教於樂的環境。

- 二、整合水土保持酷學校資源，擇定一所學校作為所開發教具教學試行的示範學校，並於該學校校園實際探勘地層與地下水位資料，成果作為加深孩子對教具學習內容理解。

第三節 工作項目內容

- 一、資料蒐集與酷學校會勘-包含參訪選定之示範水保酷學校、地層探勘場址選定。
- 二、地滑地教具模型建置-包含地滑地教具模型、工法體驗套組、施工品質體驗套組等設備建置。
- 三、地層資料探勘-包含岩心鑽探、岩心柱狀模型製作、簡易地下水量測設備。
- 四、教材製作-包含地滑地模型教具教案、教具操作手冊、海報等。
- 五、辦理教具的體驗與推廣-包含教具與地層展示資料、舉辦國小老師教育訓練、辦理一場學生體驗教具活動。

第二章 工作執行方法與步驟

依據本計畫工作目標『地滑地搶救大作戰，使孩子體驗擔任小小水土保持工程師』，擬定了六項工作實施的方法與步驟，並規劃如圖 2-1 之工作流程，包含(1)資料蒐集；(2)水保酷學校會勘；(2)地滑地教具模型建置；(4)地層資料探勘；(5)教材製作；(6)辦理教具體驗與推廣。以下依序說明各項工作目標之執行細項內容。



圖 2-1 工作執行步驟流程圖

資料來源：本計畫

為了將水保教具創作聚焦在學童水土保持及防災教育知識的吸收，以及增加國小學童的專注力，本計畫將以往靜態且虛擬概念形式的水土保持教材轉化成動態並實體化的互動學習，冀望營造出能夠樂其所學的環境。

此外，由於臺灣屬多山坡地國家，坡短且急的環境，加上脆弱地質條件與豐沛之雨量，常造成地滑現象的發生，因此將水土保持教

具的開發著重在地滑地現象的成因與整治部分，配合上述動態的互動學習方式，構思出水壓水位上升導致地滑發生之互動教具模型的創作。為配合此模型的概念和知識傳遞，需要可見且可觸摸的岩心展示，因此第二項主要工作為：地層岩心鑽探、自製地下水位量測設備、地層柱狀圖與簡易地層模型製作，以此作為地滑地互動教具模型之輔佐，使學生不僅能夠透過觀察地滑地模型瞭解水位和地滑發生之關聯性，還能夠親眼看到、親手觸摸到深藏在地底下的岩心，將提高此教具對學生的整體吸引力。

第一節 資料蒐集

教具可以提供學生對防災及水土保持知識認識之一種橋梁，而教具本身是否吸引學生學習動機，將對學生學習成效扮演重要角色。為了能提供教具開發創意的思考方向，作為未來教具製作之基礎。本計畫預計蒐集國內外以往水土保持教育與地滑地相關知識之教具模型，以確保新開發之教具屬創新概念，並具有足夠的吸引度。本計畫預定蒐集：(1)水保局提供各酷學校之實體教具或相關資料、(2)國外地滑地相關教具、(3)水保局已參展之教具，例如：「水保防災起步走-巡迴展」中展出之教具，藉由上述資料蒐集，本計畫應可蒐集充足的水保教具資料，以提供本計畫創意發想之參考，並從中獲取可參考學習或改進的內容。

第二節 水保酷學校會勘

為了使開發教具可提供實際展示與運用之目的，本計畫從現有參與水土保持局推行之水保酷學校計畫之學校，並挑選與國立臺灣海洋大學有地緣關係，且學生人數在基隆市最多之學校，做為日後教具推廣之種子學校，並確保宣傳與推廣活動能擁有最大效益。經以上篩選條件後，本計畫選定基隆信義國小作為執行教具示範場址學校。

本計畫預定執行兩次酷學校會勘，拜會酷學校國小校長與相關教職員，進行與教具開發相關議題之交流，議題內容包含：(1)教具建置內容規劃、(2)教材內容建置進行意見交換、(3)教具模型展示位置、(4)地層資料探勘預定地點、(5)討論鑽探施工時間、(6)辦理教育訓練與體驗活動相關事宜。

第三節 地滑地教具模型建置

從莫拉克颱風小林村深層崩塌災害後，大規模崩塌中之地滑地問題，儼然成為山崩災害處理之重點，因此本計畫選擇以地滑地教具開發為主題，將大型走山發生的現象，縮小尺度到教室提供學生學習。教具利用動態性與可互動的設計提高學生注意力，並且將整治工法配置組合納入，培養學生作為小小水保工程師的獨立思考能力，且配合實際鑽探之岩芯樣本與地下水位量測活動，讓學生實際見識到地質和

地下水位與地滑發生之關係。因此，透過互動模型與真實體驗，增加學生學習地滑發生與整治觀念之印象，深植水土保持及防災教育知識於學生心中。以下針對教具建置的構想與模型細部功能說明如后。

一、地滑地教具模型設計概念

- (一) 設計可觀看降雨入滲導致地下水水位升高，進而造成邊坡滑動之地滑地模型，同時引入不同降雨強度(或重現期距雨量)概念，讓學生瞭解不同降雨條件下邊坡之穩定度之變化。
- (二) 教具側邊設計警戒水位觀察面板，讓學生觀察造成地層滑動所需降雨量，藉此引導學習疏散避難、邊坡穩定度與工法整治的觀念。
- (三) 設計各式整治工法，包含抑制工法與抑止工法設施模具，讓學生藉由手動配置不同水土保持工程所應用到的工法做組合，學習不同工程組合之功效，並以此來思考如何有效降低地層滑動風險，藉此學習與體驗工程師針對地層滑動的防治邏輯，其中，抑制工法目的是消除誘因之方法，包括改變邊坡幾何形狀減少崩塌滑動力、降低地下水減少水壓力之作用及減緩雨水之沖蝕等，本教具主要設計地表排水工法，用於攔截地表逕流，減少表面沖蝕與漫地流，讓雨水排放至安全場所，藉以降低地表滲流量，另一工法則是地下水排水工程，通常有

暗渠、橫向排水孔、集水井、地下截水工程等，用以收集地下滲流或排除地下水，以降低地下水壓力之作用為主；抑止工法目的是增加抵抗力之方法，除了作適度之土壤改良外，大多為設計強度足夠之工程構造物，提供抗滑與穩定之功能，以抵抗崩塌之發生，本教具設計三種常用之工法包含：重力式擋土牆(利用其本身自重以抵抗土壓力之擋土牆)、地錨(功能上，地錨將所需拉力由主要結構體傳遞至周圍緊密地層中，由地層之抗剪強度提供足夠摩擦阻抗，使地錨、主要結構體及錨碇段周圍地層三者達到平衡狀態)、格梁護坡(坡面保護工之一種，混凝土梁隨坡度變化縱橫交錯鋪設於邊坡上，形成格子狀，格子內再填客土植生包植草保護，生態與安全兼顧)模組等。

- (四) 設計工程施工品質體驗模組，讓擋土牆的重量不同及有無基礎，以及排水管或排水渠道堵塞，讓學生體會到工程因施工品質導致工法減效或失效的情況，並藉此使學生能夠學會施工品質的重要性。

二、模型細部設計內容介紹

地滑地互動教具模型主要依靠灑水裝置提供降雨模擬與提供地層滑動發生之外在力量，如圖 2-3.1 所示，圖的上方為灑水裝置，並設計電動抽水馬達裝置給予高、中、低 3 種不同抽水量，藉此模擬不同降雨強度(或重現期距降雨量)，同時模型也允許手動注水，自行調整所需之降雨強度。

此外，為達到教育水保防災知識，配合幾種不同工法設備的建置，來提供學生體驗小小工程師之防災思維，因此製作 3 種不同防災工法以達到此目的。第一種工法為地中排水工法(如圖 2-3.1 所示)，可以藉由孔徑大小不一的開孔，向外排出水量，用以降低造成地滑發生之水壓力，可以透過選擇開啟不同大小的開關以模擬不同的排水速率，讓學生能夠推敲琢磨紀錄出不同的排水量，瞭解如何減緩或阻止地滑發生。

第二種工法模具為地表排水工法，(如圖 2-3.2 示)，利用可開關的地表渠道，引導雨水進入地表排水系統，減少雨水進入地層之入滲量，進而減緩地下水壓上升，達到降低地層滑動發生的機率。學生可藉由此方式學習地表排水工法的功用，同時由於建置之排水渠道都可以獨立開關，因此學生能自行選擇開啟的渠道，瞭解不同配置狀況下，地滑發生的速率與效益之差異。

第三種工法模具為擋土工法，(如圖 2-3.1 所示)，利用幾種不同重量與形式的硬體設備，作為直接性阻止滑動土體影響到保全對象的工法。學生可藉由觀察哪些擋土工法設備能夠抵禦地滑崩塌，藉此學習工法型態、構造物品質與地滑防治的關聯性。

此外，為讓學生學習觀察地層內水位變化與地滑發生之關係，提供警戒水位觀測面板(如圖 2-3.1 所示)，讓學生便於觀察因地表排水工法、地中排水工法減緩水位上升的效果，另外對於發生地滑之臨界水位將標註一警戒水位線，以教導學生當地層內地下水位接近此警戒線時，地層內部地下水壓將會過大以致有地滑發生之虞。

藉由以上地滑地互動模型教具建置，本計畫係以能夠吸引學生目光為目標，將以往靜態的學習，轉化成動態教具，並與第二節地層探勘資料與水位觀測井建置結合，具有相互加乘作用，創造良好的學習環境與學習效果，藉此縱向深植水土保持知識與防治災害教育知識於學生心中。

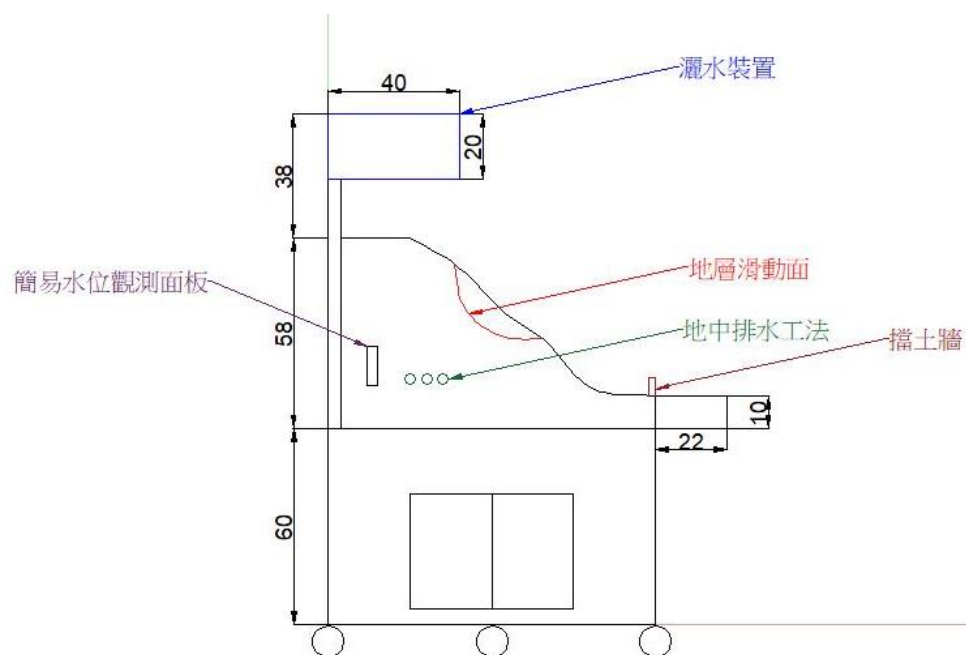


圖 2-3.1 地滑地互動教具模型側視圖（單位:cm）

資料來源：本計畫

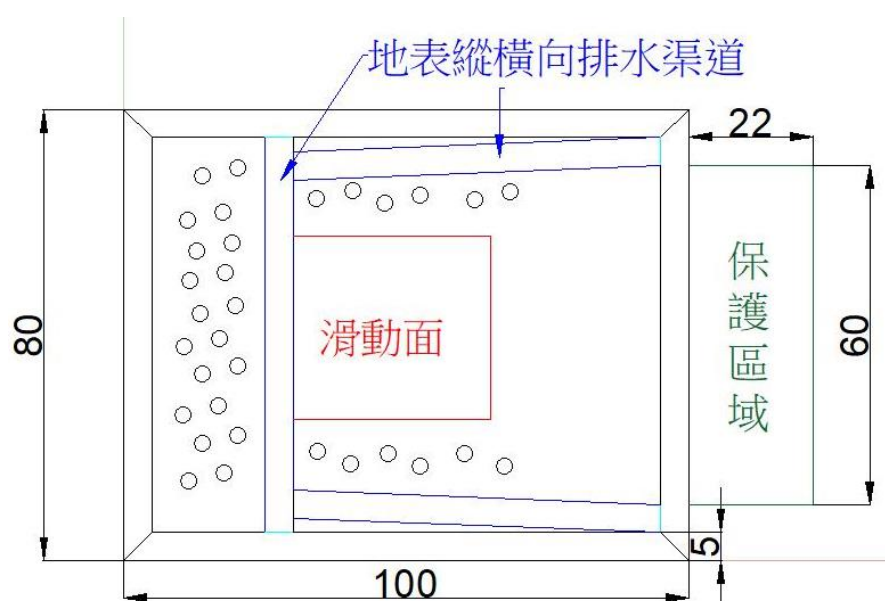


圖 2-3.2 地滑地互動教具模型俯視圖（單位:cm）

資料來源：本計畫

第四節 地層資料探勘

地層資料探勘主要擷取實際地層的岩芯資料，藉由鑽探岩芯觀察觸摸，進一步讓學生見識地層的組成成分與樣態，另再針對完成之鑽孔進行簡易水位量測計之開發，藉此讓學生透過地下水位量測活動，可清楚瞭解地質和地下水與地層滑動之關係，並深化學生於地滑教具所學之防災知識。以下針對地層資料探勘所規劃的工作內容說明如后。

一、地層鑽探

鑽探作業開始之前，需先拜會基隆市信義國小校方人員，確認預定施鑽的場地、地下管線、交通運輸情況、施工注意事項，及安排施工用的水源等問題。確認場址無慮後，則依據校方指定時間依序進行施工的安排，包含設現地作業所需要的設備、工具、材料、場地布設等(如圖2-4.1所示)。鑽探與取岩樣的現場作業方面，將採用旋鑽方式鑽取岩心，其旋鑽係使用HQ鑽桿鑽頭，鑽取岩心至岩心管可使用之深度，後續使用HQ三層鋼索式岩心管鑽取岩心，過程中注意泥漿濃度、水壓及鑽進速率之控制，以取得完整岩心。本計畫依據中央地質調查所地質資料顯示，信義國小鄰近的地層分布主要為沖積層與石底層為主，如圖2-4.2所示，而信義國小可能鑽探場址主要坐落在沖積層上，再調查附近曾經鑽探過之工程井之岩心柱狀

圖資料[3]，發現約22米入岩。為了使鑽探之岩芯資料能涵蓋沖積層與岩盤之岩性，預定鑽探深度為24公尺，而鑽取之岩心依序放入岩芯箱(如圖2-4.3所示)，進行後續保存與展示。



圖2-4.1 地層鑽探施工圖

資料來源：本計畫



圖2-4.2 基隆信義國小地層分布資訊(定位點為基隆信義國小位置)

資料來源：中央地質調查所地質資料整合查詢系統[3]



圖2-4.3 岩心照片示意圖

資料來源：本計畫

二、校園施工遭遇問題之處理

本計畫試驗場址是以學校用地為主，因此校園施工的問題格外值得關切與注意，其施工可能遭遇的問題包括如(1)施工噪音對策及(2)學童安全等。本計畫針對此已擬定相關處理方式與策略，包含機具防噪措施、離教室較遠之孔位選擇、作業時間與學生作息時間之協調等。

三、地下水位站井建置與自製地下水位量測設備

針對完工之鑽探孔位需建置地下水位觀測站供未來教學使用，本計畫預計使用材質為PVC之管徑2吋井管，除了頂部4米與底部4米盲管位置外，其餘全管開孔，其建置流程包含井管與濾水管安置、濾料放置、洗井工作，其中洗井工作尤為重要，可使含水層與井體間通暢，對於後續水位監測之準確度有其幫助。圖2-4.4則顯示，水位觀測井建置現場設備與井管、井體之構造圖(井管開篩位置)、洗井過程等。為了讓學生可自行動手量測地下水位之位置，本計畫利用蜂鳴器設計一個簡易的地下水量測設備，透過感應器與水接觸發出的鳴叫聲，讓學生知道地下水位面位置，再利用簡易刻度尺量測地下水位在地表下所處之深度，並與教具搭配，使學生更清楚瞭解地下水於地層滑動發生所扮演之關鍵角色。

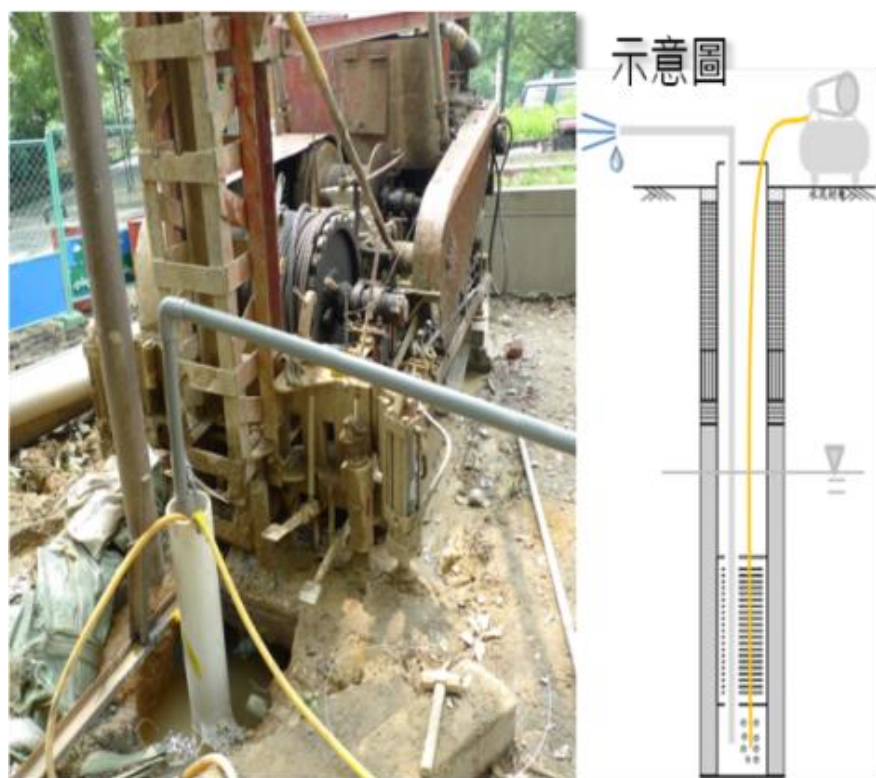


圖2-4.4 地下水位站井示意圖

四、製作地層柱狀圖與區域地層剖面圖

鑽探岩芯樣本除了可以給予學生對地層視覺與觸覺上的學習外，另岩芯樣本可以透過地質師的紀錄與分析，瞭解隨地層深度變化之細部構造，包含岩性、地質圖元、粒徑、顏色、岩石與土壤描述、淘選度及沈積特徵述等，完成岩芯描述紀錄資料，並繪製該鑽孔之岩芯柱狀圖，如圖2-4.5所示。最後再將前述岩芯描述紀錄資料與鑽孔附近週遭過去歷史之工程井的資料進行整合，畫出區域性地層剖面圖，提供後續教學解說使用，可以使學生更清楚瞭解地層之構造變化。



圖2-4.5 地層柱狀圖與岩芯紀錄示意圖

資料來源：本計畫

第五節 教材製作

整合地滑地教具模型、地層探勘資料與簡易水壓計開發成果，製作學生版學習教材、老師版的教案指導手冊與互動教具之操作手冊等，進而達成本計畫之研究目標，教材內容初步規劃包含地滑現象觀察、地質與地下水之認識、整置工法配置遊戲與施工品質和自主防災觀念建立等四大主軸，如圖 2-5.1 所示。以下針對教材製作內容詳述如下：

一、整治工法配置遊戲

提供各種不同工法套組，讓學生思考與規畫如何在不同降雨情境，透過工法配置有效阻止地滑發生，藉此提升整體互動教具的多樣性，讓地滑發生與阻止地滑進行排列組合，學習體驗擔任小小水土保持工程師之經驗。

二、施工品質體驗與自主防災觀念建立

透過不同施作品質的工法模組(不良品質較輕且無法固定於教具上)造成防災效益差別，體驗施工品質，並藉由工法失效設計，引導學生建立自主防災觀念。

三、地滑現象觀察

教具模型模擬降雨，透過降雨入滲到地層中導致地層水位抬升，過高的地下水位引發地層滑動的現象發生，藉此可讓學生觀察

到地層滑動與降雨入滲地層提高地下水位的關聯性。

四、認識地質與地下水

藉由地層鑽探取出岩心後，提供學生親手觸摸與觀察地下岩層的組成，瞭解地質的構造；此外，通過地下水位自主量測活動，瞭解目前地下水位高度，並與岩心深度做比對，從而瞭解地質和地下水與地層滑動之關係。

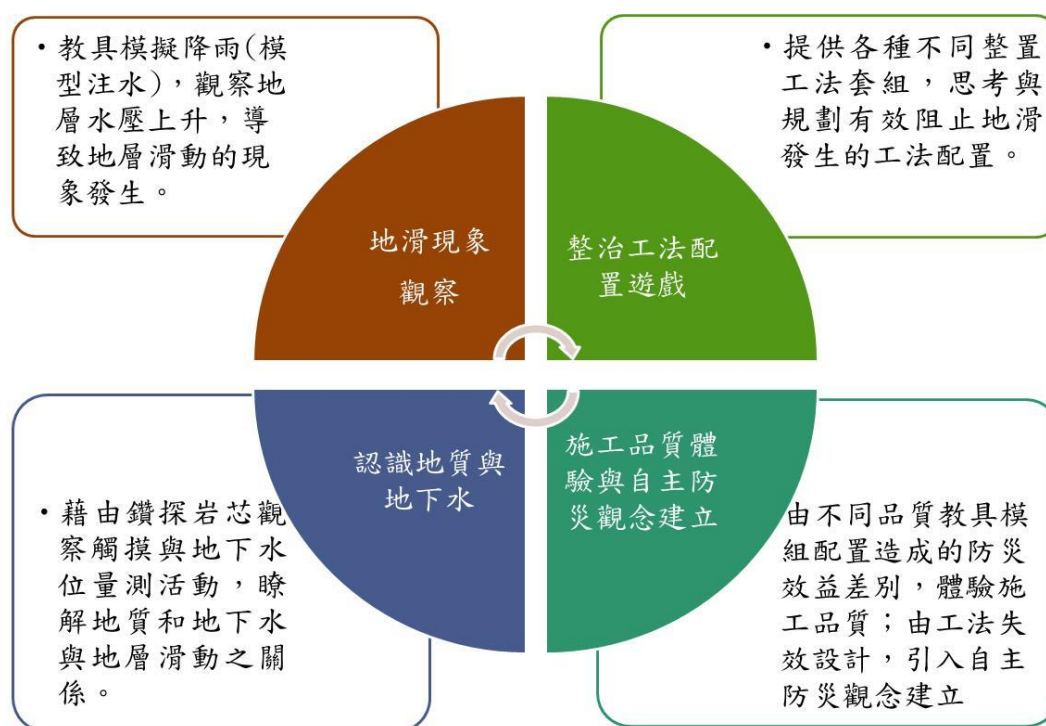


圖 2-5.1 教材說明圖

資料來源：本計畫

第六節 辦理教具的體驗與推廣

本計畫最後階段為整合所有執行成果，針對基隆市信義國小師生進行教具建置之相關成果說明，預計辦理以下兩場體驗與推廣活動：

一、 教師教育訓練：

活動地點：基隆信義國小

活動對象：基隆信義國小教師(預計 30 名)

活動內容：(1)教具操作及崩塌相關知識講解、(2)教案教學、(3)教具操作與體驗、(4)岩心觸摸、觀察及問題解答、(5)地下水位量測。

二、 學生教具體驗活動：

活動地點：基隆信義國小

活動對象：基隆信義國小高年級學生(預計 50 名)

活動內容：(1)教具操作及知識講解、(2)學生發問時間、(3)學生操作教具與體驗、(4)岩心觸摸與觀察、(5)地下水位量測。

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)教具文獻蒐集；(2)示範學校會勘；(3)地滑地互動教具模型建置成果；(4)地層鑽探成果；(5)教材製作成果；(6)辦理教具的體驗與推廣活動。以下針對所有執行完成之成果說明如下：

第一節 教具文獻蒐集

學生可以透過教具來加強吸收與學習新知，本計畫首先蒐集過往水土保持酷學校被提供之水保教案，初步發現各學校被提供之水保教案多以遊戲方式為主，間接傳遞水土保持與防災知識（如圖 3-1.1 與圖 3-1.2 所示），雖然擁有許多創意與足夠的水土保持及防災教育的知識，但是對於國小學生來說非以動態的方式知悉災害發生機制，其對知識的吸收與吸引尚有改進之空間。

除了蒐集水土保持酷學校提供之教具外，目前國內也已針對水土保持相關知識開發需許多教具，為了瞭解國內目前既有水土保持相關教具差異，本計畫蒐集過去國內已開發各式水土保持教具，並將今(107)年在蘭陽博物館「水保防災起步走」防災教具巡迴展(展期為 107 年 7 月 2 日至 107 年 9 月 4 日止)之教具納入蒐集，該巡迴展展示內

容包含八座操作型互動單元，分別為「台灣的地理環境」、「山坡地保育」、「野溪治理」、「崩塌地復育」、「二郎神的眼睛」、「土石流就要來了」、「防災知識大挑戰」、「離災保平安」等。最後，本計畫將所蒐集教具加以整理歸納，如表 3-1 所示。



圖3-1.1 靜態水保教材(1)

資料來源：本計畫



圖 3-1.2 靜態水保教材(2)

資料來源：水土保持酷學校教案分享包[2]

依據所蒐集教具內容，目前的教具類型大致分成仿真模型、仿真模型結合手動操作、知識挑戰賽、桌遊形式與擴增實境(AR)等五類，而這些教具設計學習理念則有靜態視覺感受式、動態視覺感受式、知識融入遊戲式、視覺感受結合手動操作式等不同學習模式。不同學習模式對學生而言，其感受到之學習深入的歷程，會因採納的設計方式而有所不同，因此教師在選擇教具使用時，需先清楚瞭解各種教具的內容，以便符合教師的教學目標。

除了國內教具蒐集外，本研究另外蒐集國外教具類型，大部分的

教具類型與國內五大教具類型相似，以有趣好玩的形式傳遞知識給予學生，藉此提升學生對於教具的感興趣程度。但本計畫發現以 STEM(四個英文字縮寫分別代表科學(Science)、科技(Technology)、工程(Engineering)、以及數學(Mathematics))教育理念開發出來的教具，與上述蒐集的教具有較大之教學理念設計差異。STEM 教育理念認為在社會合作越來越複雜的今日，以及未來的世界，知識本身已經不再具有價值，因此教育推動的目的，必須從單純的知識傳遞，進化為讓學生能學以致用，讓未來的孩子不僅擁有知識，更具備解決困難問題的能力，懂得實證精神，以及能將各種資訊整合為可用資源的思維。圖 3-1.12 則是以 STEM 精神開發出來之山崩教具，教具提供學生自行利用土壤與材料組裝出山坡地，進而模擬崩塌發生的情況及對崩塌發生機制瞭解。

本計畫所開發之教具則採納 STEM 教育理念，教具具備知識傳遞與實作之功能，並融入思辯與解決問題之元素於教具中。

表 3-1 國內教具類型整理

教具類型	設計教學理念	代表教具
仿真模型	靜態視覺感受式	土石流潛勢溪流與整治工法(如圖 3-1.3)
仿真模型結合手動操作	視覺感受結合手動操作式	◇ 土石流防災彈珠檯(如圖 3-1.4) ◇ 山坡地保育(如圖 3-1.5) ◇ 野溪治理(如圖 3-1.6) ◇ 崩塌地復育(如圖 3-1.7)
知識挑戰賽	知識融入簡易遊戲式	◇ 土石流知識挑戰賽-按鈕式(如圖 3-1.8) ◇ 防災知識大挑戰-夾娃娃機(如圖 3-1.9) ◇ 翻翻樂
桌遊形式	知識融入複雜遊戲式	◇ 土石流防災大富翁(如圖 3-1.2) ◇ 水保疊疊樂(如圖 3-1.1) ◇ 解密遊戲 STORM(如圖 3-1.10)
擴增實境(AR)	動態視覺感受式	土石流擴增實境(如圖 3-1.11)

資料來源:本計畫整理



圖 3-1.3 土石流潛勢溪流與整治工法

圖解說明：模擬土石流潛勢的溪流與現地施作工法的模型，可藉由模型讓民眾瞭解土石流潛勢溪流的發生環境與現有的整治工法(例如：梳子壩)。

資料來源：本計畫



圖 3-1.4 土石流防災彈珠檯

圖解說明：利用彈珠模擬土石流發生時的土石流向，藉此讓民眾瞭

解當土石流發生時土石走向與居住區遭受的傷害。

資料來源：本計畫



圖 3-1.5 山坡地保育工法配置-簡易工法模型

圖解說明：建置簡易模型模擬山坡地保育的工法，讓平時難易看見

全面的保育工法呈現在民眾眼前。

資料來源：本計畫



圖 3-1.7 崩塌地復育工法配置-簡易工法模型

圖解說明：建置簡易模型提供民眾瞭解工法復育崩塌地的實際情

形，並藉由文字說明崩塌地復育的方式。

資料來源：本計畫



圖 3-1.8 土石流知識挑戰賽-按鈕式

圖解說明：利用電子遊戲的方式將土石流相關知識作傳達，可以讓民眾思考學習土石流的知識內涵。

資料來源：本計畫



圖 3-1.9 防災知識大挑戰-夾娃娃機

圖解說明：利用時下最夯夾娃娃機的遊戲，將防災相關知識作傳

達，可以讓民眾在遊玩中學習，學習中享樂。

資料來源：本計畫



圖 3-1.10 解密遊戲 STORM

圖解說明：運用所學到的水土防災避難知識，找出正確的密碼或提示，化身「小小防災專員」，依序破解每個關卡。

資料來源：中時電子報[4]



圖 3-1.11 擴增實境(AR)

圖解說明：運用 AR 觀察土石流發生之流動路徑與影響範圍。

資料來源：中時電子報[4]



圖 3-1.12 國外教具-Landslide Model

資料來源：Science Daily . Sarah Bird / Michigan Tech[5]

第二節 示範學校會勘

為了使開發教具可提供實際展示與運用之目的，本計畫從現有參與水土保持局推行之水保酷學校計畫之學校，挑選與國立臺灣海洋大學有地緣關係，且學生人數最多之學校，最終擬定基隆市信義國小(與海洋大學僅約五公里遠且擁有全市最多約 1500 名學生)作為本計畫教具定點示範之水土保持酷學校。依計畫執行工作內容需求，共辦理以下兩次學校會勘工作，詳如後說明：

一、第一次會勘

本計畫團隊於 107 年 1 月 16 日至信義國小拜會校長、教務主任與任課老師，並針對欲開發之水土保持教育資源內容進行雙向意見交換(如圖 3-2.1)，確認地滑地互動教具模型、地層探勘與簡易地下水位計開發相關事宜，作為水土保持教育深根之工具。會後更進一步在校長與其他信義國小老師帶領下參訪校園，初步選定互動教具擺放位置及地層岩心鑽探場址。圖 3-2.2 即是信義國小規劃之地滑地互動教具模型擺放位置，該地點可方便提供學生參觀學習與實際操作。

此外，由於地層岩心鑽探場址為確保施工期間學生之安全，需離學生活動範圍有一定距離，並且需要充足施工空間，因此於第一次會勘後暫定規劃施工場址為校舍後方之空地(如圖 3-2.3、圖 3-2.4 所示)。而校方也承諾後續在計畫推動過程中，如有需要協助之處，學校會盡

力給予幫忙。



圖 3-2.1 拜會基隆信義國小校長及教師

資料來源：本計畫



圖 3-2.2 地滑地教具模型擺放位置

資料來源：本計畫



圖 3-2.3 地層鑽探選址(校園後方坡地前景)

資料來源：本計畫



圖 3-2.4 地層鑽探選址(校園後方坡地側景)

資料來源：本計畫

二、第二次會勘

本計畫於 107 年 7 月 3 日拜訪信義國小師長，並與校方召開一場工作討論會議(如圖 3-2.5)。會議內容包含：(1)針對本計畫進行意見交流與交換；(2)建立本計畫團隊與學生溝通橋梁；(3)討論互動式教具擴散效益；(4)確認地層鑽探地點與施工時間。

- (一) **針對本計畫進行意見交流與交換：**本計畫於 107 年 7 月 3 日於信義國小會議室，由本計畫之計畫主持人針對信義國小師長，進行一場計畫內容說明會(如圖 3-2.5)，將本計畫核心概念與工作內容傳達給信義國小師長，並與教師們做意見交流與討論，希望透過教師的意見能使本計畫內容更加貼近、符合學生需求。
- (二) **建立本計畫與學生溝通橋梁：**本計畫與示範國小教師討論後，信義國小賴校長已指派相關教師與本計畫緊密合作，初步合作方式為，本計畫讓水保的知識先傳承至教師，教師則回饋貴如何讓教材製作內容更易於讓國小學生理解，本計畫冀望透過兩邊之合作提升國小學生學習成效。
- (三) **討論互動式教具擴散效益：**為增加示範學校學生使用互動教具，經與學校師長討論後，未來示範國小自然課中可增加水土保持素養的教學，使學生有機會參與教具操作，甚至可以

將教具的教育涵養推廣與擴散至社區，以便能夠達成水保酷學校第二階段擴散至社區的指導方針。

(四) **確認地層鑽探地點與施工時間：**本計畫於 107 年 7 月 3 日與地層鑽探廠商和校方進行鑽探地點勘查(如圖 3-2.6)，主要以選定往後學生易於進行地下水位量測之地點，最後選定位於籃球場附近一處閒置空地(如圖 3-2.7 所示)，進行地層鑽探與自主水位量測設備建置，最後並與校方協商學生沒課的時間進場施作，並於 107 年 8 月初進行鑽探施工。



圖 3-2.5 工作計畫書簡報與工作討論會議

資料來源：本計畫



圖 3-2.6 本計畫與鑽探廠商及示範學校對適合地點意見交換

資料來源：本計畫



圖 3-2.7 信義國小鑽探預定地點

資料來源：本計畫

第三節 地滑地教具模型建置成果

本教具為增添「水土保持酷學校」的學習資源而設計開發一個全新體驗的學習模型，具備十二年國教課綱之核心素養元素，將教具模型的創作以虛實兼備、自主學習的教育效果為首要目標，並將教具模型勾勒出四大水土保持教育面向：(1)災害現象發生、(2)現象成因理解、(3)思考與解決問題、(4)規劃執行與創新應變。透過四個教育面向可達到國小學童對於水土保持教育的知識學習、思考能力培養、態度素養提升。

基於此教育理念，本教具係將大規模崩塌中之深層崩塌(地滑)發生現象與防治工法，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，並且配合排水(地中排水工法與地表排水工法)、護坡工法(格樑護坡、地錨、擋土牆)的套組，讓學生學習思考如何減緩、防治坡地災害的發生，由此達到思考與解決問題的教育內涵。

地滑地互動教具模型建置工作主要分三大項目：(1)教具模型基礎構造(靜態系統建置)；(2)降雨模擬、地下水位變動與地滑塊體滑落(動態系統建置)；(3)各式工法模擬套組(主動控制功能建置)。各階段建置工作已全數完成，各工作項目成果詳細記述於下：

一、教具模型基礎構造(靜態系統建置)

此項目主要是把模型概念設計(如圖 2-3.1 與圖 2-3.2 所示之設計圖)轉化為實際模型製作，完成地滑地坡體與隱藏式儲水系統框架製作，其成品如圖 3-3.1 所示。針對此成品，為確保模型建置成品方便學生操作練習，增加電動抽水設計。再者，利用綠色為底並增加植生來提高成品之真實度，且透過房屋、道路等造景加強模型真實度。此外，本計畫利用上方灑水槽的外表空間，加註教具標題、簡易操作方式及水保酷學校 LOGO 等資訊，灑水槽採用三面貼圖方式，正面圖樣傳遞教具標題與大規模崩塌意象(如圖 3-3.2 所示)、左側圖樣為教具簡易操作流程(如圖 3-3.3 所示)、右側涂陽則顯示水保酷學校 LOGO 與本計畫承辦單位 (如圖 3-3.4 所示)。

二、降雨模擬、地下水位變動與地滑塊體滑落(動態系統建置)

此項目主要涵蓋模擬降雨功能(可使用三種不同顏色按鈕選擇小、中、大三種雨量，如圖 3-3.5 所示)、雨水入滲地層、地滑塊體滑落等動態系統建置。

為達到模擬真實雨水入滲情形，本計畫利用坡體上已打設好之孔洞，引導雨水滲透進入地層內水槽，並透過地層內水槽水位上升至地層中之出水孔，利用溢流出來之水體，產生之水壓力，進而推擠地滑塊體滑落。此外，本計畫於模型側邊製作一水位觀測面板，透過觀察內部水槽水位抬升與地滑現象發生時之水位高度，讓學生理解警戒水位與地滑現象的相互關係。最後，為方便循環水回收與添加作業，本計畫於教具後方製作窗口(如圖 3-3.6 所示)，輔助此項作業。

關於滑動塊體，本計畫製作兩種版本之塊體(如圖 3-3.7 所示)，分為重量較重者與較輕者，重量較重為模擬坡面滲水狀況，地層內水壓並不會推動此塊體滑落，用於觀察地滑發生前山壁滲水狀況，學習災害可能即將發生之意識；重量較輕者會因水壓被推動而導致滑落，因此會直接影響受保護區域安全，此方式可用於觀察地滑發生現象與機制，並可作為雨量、地下水位上升與地滑發生相互之間量化關係試驗。

三、各式工法模擬套組(主動控制功能建置)

此項目主要包含抑制工法及抑止工法兩種坡地防災工法，本計畫為確保工法模組之真實度，因此採用現地照片配合製作工法模組。工法模組有 a.抑制工法，包含：(1)地表排水工法、(2)地中排水工法；b.抑止工法，包含：(1)擋土牆、(2)地錨、(3)格樑護坡。各工法皆有其對於邊坡穩定安全作用，詳細如下：

(一) 抑制工法：此工法模組目的是用於減緩地層內水位上升速

度，透過地表排水工法可直接引導地表逕流排放至安全區域，減少雨水入滲內部水槽水量；地中排水工法是直接排放內部水槽水量，因此可以有效降低水位進而減緩地滑崩落發生。

1. 地表排水工法(如圖 3-3.8 所示)：於模型坡面上製作 4 條縱橫向排水渠道，收集與排放過多的地表逕流。

2. 地中排水工法(如圖 3-3.9 所示)：於模型側邊製作 3 個排水口，利用開關控制管徑大小與數量，來選擇排水速率與防災效果。

(二) 抑止工法：此工法模組目的是利用結構物直接保護坡體，阻擋坡體滑落破壞保護區域，三種不同工法皆可有效阻止滑動塊體滑落，此三種類型為：(1)擋土牆(如圖 3-3.10 所示)、(2)地錨(如圖 3-3.11 所示)、(3)格樑護坡(如圖 3-3.12 所示)：。此外，本計畫除原有抑止工法模組外，另製作抑止工法模組的輕量版本，此輕量版本無法阻止地滑塊體崩落，會導致工法失效而無法保護目標區域，學生可藉此瞭解施工品質的差異。



圖 3-3.1 教具模型成品圖

資料來源：本計畫



圖 3-3.2 灑水槽正面貼圖

資料來源：本計畫

互動教具簡易操作流程



1. 選擇降雨強度-選擇不同顏色按鈕(紅、黃、綠)來給定雨量強度。
2. 觀察警戒水位與地滑現象-看看地下水位抬升與達到警戒水位之地滑現象。
3. 選擇整治工法-自行動手配置工法(地表排水、地下排水與擋土牆設施)，觀察相同降雨強度下，因不同工法配置後地下水位之變動。
4. 體驗成為小小工程師-測試不同降雨強度下，如何組合適當整治工法，防止地下水位抬升，進而阻止地滑發生，我是小小工程師。



圖 3-3.3 灑水槽左側貼圖

資料來源：本計畫



圖 3-3.4 灑水槽右側貼圖

資料來源：本計畫



圖 3-3.5 雨量控制按鈕(紅色對應最大降雨量，黃色對應中等降雨量、綠色對應最小降雨量)

資料來源：本計畫



圖 3-3.6 模型後方窗口與底部水槽

資料來源：本計畫



圖 3-3.7 崩塌塊體(左邊:材質重;右邊:材質輕)

資料來源：本計畫



圖 3-3.8 地表排水工法

資料來源：本計畫



圖 3-3.9 地中排水工法

資料來源：本計畫



圖 3-3.10 擋土牆

資料來源：本計畫



圖 3-3.11 地錨

資料來源：本計畫



圖 3-3.12 格樑護坡

資料來源：本計畫

第四節 地層鑽探成果

本計畫於107年8月1日至8月9日進行地層鑽探與觀測井建置作業，施工期間為確保學童安全，故選定於國小暑假期間進行作業。鑽探工作執行內容：(1)機具進場與孔位確定、(2)地層鑽探取得岩心、(3)水位觀測井之建置、(4)地層描述與地層柱狀圖製作、(5)自主水位量測設備建置、(6)區域地層剖面圖建置。

一、機具進場與孔位確定：

由於現場路線限制導致工程車輛無法進入到預定籃球場地點鑽探(如圖3-2.7)，因此改至學校後門停車空地之位置(如圖3-4.1)進行鑽探。

二、地層鑽探取得岩心：

本鑽孔鑽探深度為24 m，將鑽探孔位取得之土壤與岩心置放於岩心箱，岩心箱則放置於信義國小內進行學展示使用(岩心箱含岩心照片如圖3-4.2與圖3-4.3)。

三、水位觀測井之建置：

鑽孔至預定深度24 m後，本計畫埋設2吋PVC井管，建置流程包含井管與濾水管安置、濾料放置與洗井工作，最後建置完成之水位觀測井如圖3-4.5所示，由於此處為學校常設停車場，因此，水位觀測井井口應校方要求與地面切齊，不另設水位井站體。

四、地層描述與地層柱狀圖製作：

將地層實際分布狀況與各層岩石描述紀錄(如表3-2所示)，該孔的岩芯柱狀圖，如圖3.4.4所示。依據鑽探岩芯成果，此孔在14.5~14.65 m 剛好是風化層與新鮮灰色的岩盤的交界處，入岩之深度原比規劃入岩深度20 m左右還深，乃因實務作業更換地點，而地點較靠近後山，進入岩盤後以砂頁岩互層之岩性為主，符合大寮層之岩性組成，另觀察到有許多岩石的裂隙，地下水會沿著裂隙至新鮮岩盤，所以在岩芯上看到裂隙有褐色的紋路，就是地下水的最好證明。綜觀整孔岩芯之沉積特性顯示，岩心深度2.5~9.8 m 為沼澤相的泥質砂，含碳粒與貝殼碎屑貝殼化石，代表過去環境可能為沼澤的水環境，有一些植物與軟體動物活動的現象，而2.6-2.9 m 與4.7-4.9 m 有較多的貝殼化石，稱為化石密集層；岩心深度17.35~17.45m有生物攝食的長條狀痕跡，垂直淡灰色砂岩與深灰色泥岩的層面，顯示當時溪流平緩，小生物可以向下攝食，因而保存此痕跡於地層中；岩心深度18.0~18.6 m 中，有許多不同的淡灰色砂岩與深灰色泥岩的層面，層面些微的起伏，顯示當時溪流水勢相對較前者強，地層紋路較為擾動，故小生物主要以表面活動或攝食，但皆可保存此痕跡於地層中；而18.6~19.0 m 則為淡灰色砂岩、無深灰色泥岩，顯示該時段為陸地的沖積為主，故無水中的生物痕跡了。以上鑽探的岩芯資料與解釋，可提供學生瞭解實際

地表下的土壤與岩石分布狀況、顏色、生物活動狀態與觸摸的感受。

五、自主水位量測設備建置：

本計畫為讓學生理解教具提到之地下水位概念與地下水位變化和地滑現象發生關聯性之學習，另完成蜂鳴器水壓計自製，並與捲尺結合方便學生進行量測(圖3-4.5)。此設備提供信義國小學生自主使用量測，知悉地下水位高度，未來可再與雨量筒或中央氣象局雨量資料整合，讓學生觀測記錄雨量與地下水位之關係。

六、區域地層剖面圖建置：

本計畫將信義國小內完成之鑽探岩芯資料，整合學校附近歷史鑽探資料(由中央地質調查所地質資料整合查詢系統取得[3])，繪製信義國小鄰近區域地質剖面圖(如圖3-4.6)，讓學生除了建立單孔地質分布概念外，透過剖面圖可更深入瞭解地質延伸方向分布情況，並與教具上所貼之地層分布圖(如圖3-3.5所示)進行連結學習。



圖 3-4.1 機具架設與確定鑽探孔位地點

資料來源：本計畫

計畫名稱：「地滑地搶救大作戰互動教具研發」

鑽孔名稱：信義國小 鑽孔編號：BH-01 總深度：24 公尺



圖 3-4.2 鑽孔岩心照片(1~12M)

資料來源：本計畫

計畫名稱：「地滑地搶救大作戰互動教具研發」

鑽孔名稱：信義國小 鑽孔編號：BH-01 總深度：24 公尺

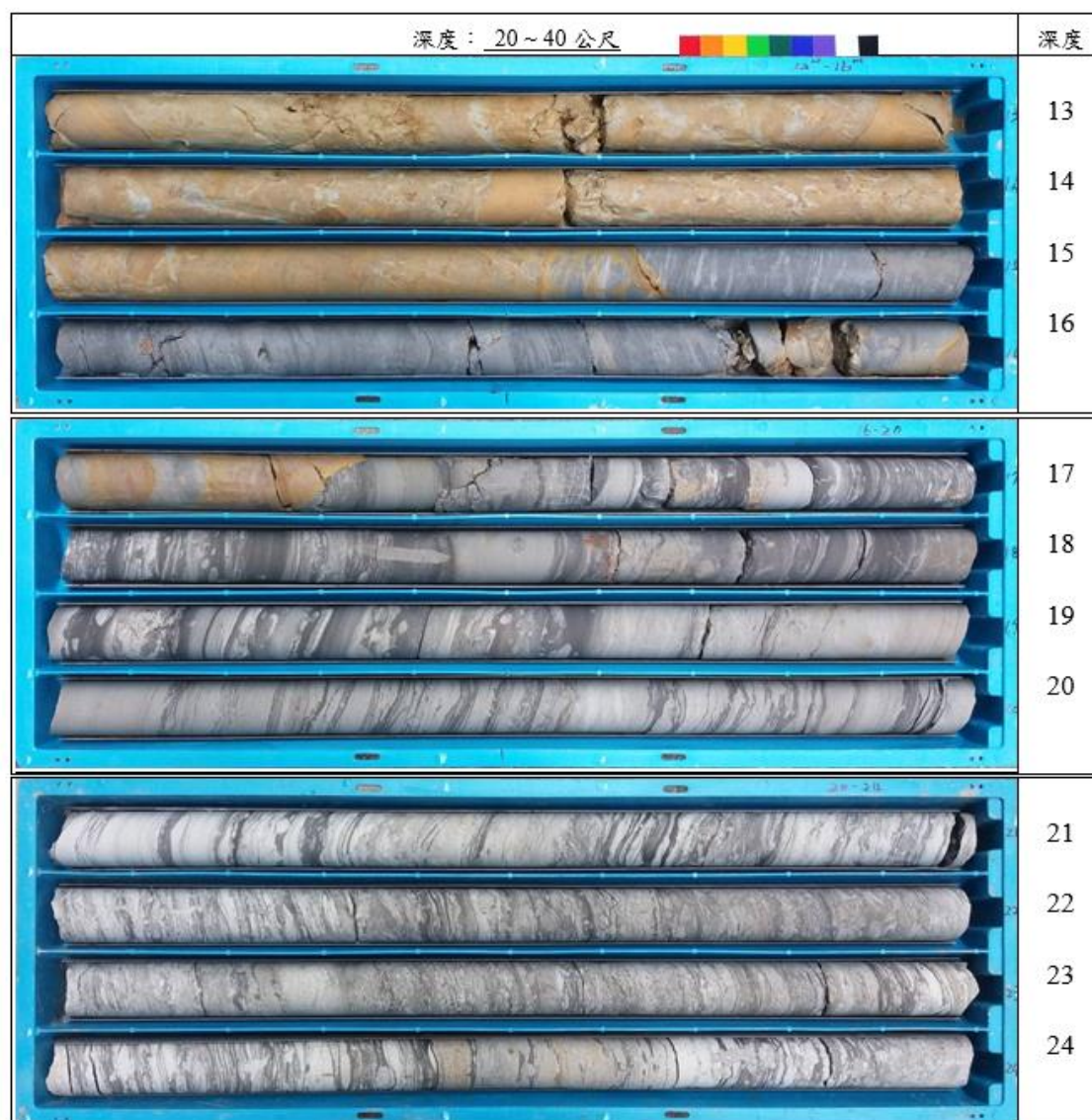


圖 3-4.3 鑽孔岩心照片(13~24M)

資料來源：本計畫

表 3-2 鑽探岩心描述記錄表

深度起 (m)	深度訖 (m)	說明
0	0.4	校舍地面回填水泥與磚頭(可能有 2~3 次更新鋪面跡象)
0.4	1.2	回填砂土與細粒礫石
1.2	2.5	風化泥層
2.5	9.8	沼澤相、泥質砂，含碳粒與貝殼碎屑(2.6-2.9m 與 4.7-4.9m 密集層)
9.8	10.4	灰色泥質砂夾棕黃色細礫岩屑
10.4	14.5	風化岩塊夾泥，原為砂頁岩互層
14.5	16.3	深灰色頁岩與灰色砂岩互層，頁岩成分多，部份有鏽染
16.3	18.6	砂頁岩互層，頁岩與砂岩比例相似
18.6	20.6	灰色砂岩與深灰色頁岩互層，砂岩成分多
20.6	24	灰色砂岩夾薄層頁岩，層理有生物擾動之紋理，多生痕化石

鑽探孔位柱狀圖及岩性描述

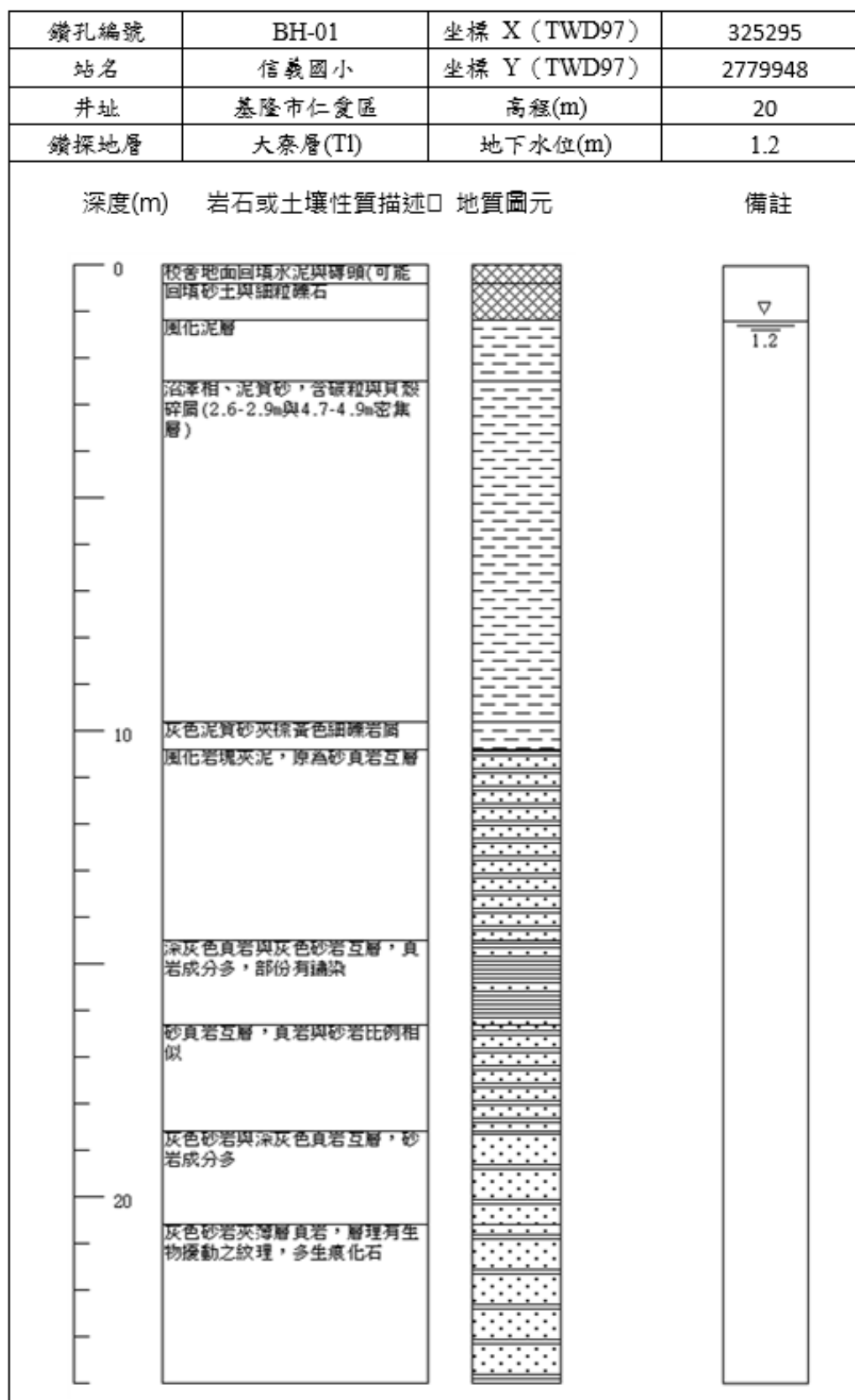


圖 3-4.4 鑽探孔位柱狀圖及岩心描述

資料來源：本計畫



圖 3-4.5 地下水位監測井與簡易地下水位量測設備

資料來源：本計畫

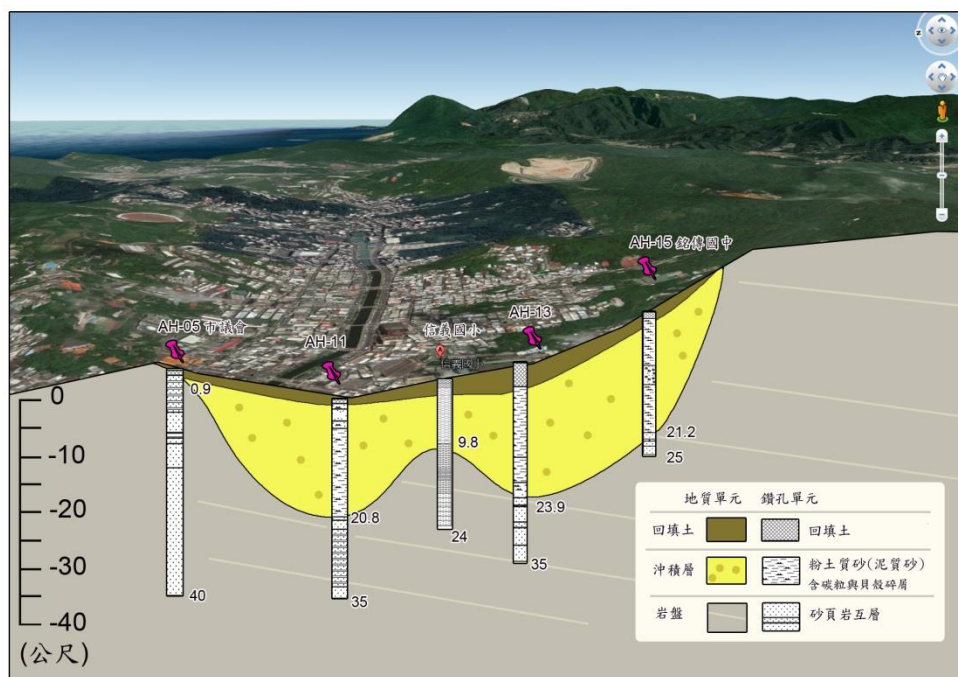


圖 3-4.6 基隆市信義國小附近區域性地質剖面圖

資料來源：本計畫

第五節 教材製作成果

本計畫依據教具功能與地層探勘成果，共規劃四大學習主軸，教材內容包含：(1)地滑現象觀測；(2)整治工法配置；(3)施工品質體驗與自主防災觀念建立；(4)認識地質與地下水。內容詳如以下說明：

一、地滑現象觀測：

教具模擬降雨(模型注水)，觀察地層水壓上升，導致地層滑動的現象發生。此模式可配合水量紀錄表讓學生自己記錄水位，並且觀察降水量和地滑發生時間的關係。

二、整治工法配置：

提供各種不同整置工法套組，思考與規劃有效阻止地滑發生的工法配置，訓練學生解決問題能力。

三、施工品質體驗與自主防災觀念建立：

由不同品質教具模組配置造成的防災效益差別，體驗施工品質，建立工程師該有的素養；同時，由工法失效設計，引入自主防災觀念建立。

四、認識地質與地下水：

藉由鑽探岩芯觀察觸摸與地下水位量測活動，瞭解地質和地下水與地層滑動之關係。

以四大學習主軸為基礎，本計畫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。第一套係為學童設計，為了讓學生在操作互動式教具時能，擁有快樂的學習體驗，內容以說故事的方式呈現，本計畫將水保局過去的圖書繪本人物，山神爺爺、水精靈與炸彈客等人物，編製「雨滴在山中旅行的啟示-大規模崩塌」的故事，透過故事吸引學生專注，並從故事情節引導學生學習教具所欲傳達之大規模崩塌知識，並製作學生學習單，讓老師檢測學習成效。兒童版教材故事內容與學習單請詳見附錄四。

第二套則是為教師編製教學活動手冊，手冊規劃了教學目標、教材分析、教學重點、教學建議、教學準備與教學活動等內容，其中教學活動共規劃四大活動，分別是「激烈的暴雨-地滑現象觀測」、「崩塌搶救，保家衛園-防災整治工法配置」、「施工品質體驗與自主防災觀念建立」與「認識崩塌、地質與地下水之關係」等活動。此教材可以提供教師教學輔助使用，詳細教師版教案手冊內容，請參閱附錄五。另外，為了讓教師可以快速熟習教具操作，本計畫已編製完成一本教具操作指南，從教具準備工作、注意事項、功能說明等，以圖文並列方式呈現，詳見附錄六。

第六節 辦理教具的體驗與推廣活動

針對完成後的教具與相關成果，本計畫於所選定之基隆市信義國小辦理一場學生體驗活動與一場教師環境教育研習活動，分別於107年10月19日進行(1)學生教具體驗活動與107年10月22日進行(2)教師研習訓練，目標係將大規模崩塌模型、工法模擬套組、鑽探岩心、地下水位量測等計畫內容，傳遞給水保酷學校國小師生，將大規模崩塌知識與涵養深耕發芽於基隆信義國小。同時，未來期許這些種子尖兵擴散知識於社區。兩次活動內容如下：

一、學生教具體驗活動：

本計畫於10月19日利用學生早自習時間，請校方協助選派50名五年級學生參與體驗活動，並以兒童版的教材規劃說故事方式呈現，並透過事先製作故事人物看板與活動海報(詳見附錄四)，協助體驗活動進行。活動內容分為：(1)教具操作及知識講解(如圖3-6.1)、(2)學生發問時間(如圖3-6.2)、(3)學生操作教具與體驗(如圖3-6.3)、(4)岩心觸摸與觀察(如圖3-6.4)、(5)地下水位量測(如圖3-6.5、3-6.6)、(6)學習單活動。此次活動透過故事方式已讓參加學生瞭解大規模崩塌知識學習，並且藉由鑽探岩心的觀察、觸摸可以瞭解地底下的地層材質構造，配合地下水位簡易量測設備自行量測的學習，可以瞭解地下水位高低與災害崩塌的關聯性。

二、教師教育訓練：

本計畫請校方協助開設水土保持環境教育研習課程，課程名稱為「地滑地與地下水檢測」，於107年10月22日共計35位老師報名參加教師教育研習，當日學習教材以本計畫所編撰之教學活動手冊為主。活動內容分為：(1)教具操作及崩塌相關知識講解(如圖3-6.7)、(2)教案教學(如圖3-6.8)、(3)教具操作與體驗(如圖3-6.9)、(4)岩心觸摸、觀察及問題解答(如圖3-6.10)、(5)地下水位量測(如圖3-6.11)。此次活動已提供教師大規模崩塌相關知識涵養與訓練教師如何教導水保知識、推廣教具內涵於各年級學生，以及訓練教師教具細部操作及地下水位量測設備的使用。透過此次活動將教師作為水保教育種子向下紮根，並橫向擴散至社區。而訓練過程中老師也提問許多問題，達到很好的雙向溝通與交流。



圖3-6.1 教具操作及知識講解

資料來源：本計畫



圖 3-6.2 學生發問時間

資料來源：本計畫



圖 3-6.3 學生操作教具與體驗

資料來源：本計畫



圖 3-6.4 學生觸摸與觀察岩心

資料來源：本計畫



圖 3-6.5 地下水位量測教學

資料來源：本計畫



圖 3-6.6 學生自主測量地下水位

資料來源：本計畫



圖 3-6.7 教具操作及崩塌相關知識講解

資料來源：本計畫



圖 3-6.8 教案教學

資料來源：本計畫



圖 3-6.9 教師操作教具模型

資料來源：本計畫



圖 3-6.10 教師觀察、觸摸岩心及問題解答

資料來源：本計畫



圖 3-6.11 地下水位量測

資料來源：本計畫

除了酷學校師生教具體驗活動外，本計畫執行期間，另配合大局進行一系列教具參展活動，讓計畫尚未結束前，已將成果協助大局進行水保教育宣傳推廣。於每次參展在展區內，設置大規模崩塌搶救大作戰/互動教具體驗區：以「降雨情境模擬」、「監測地層水壓」、「觀察地層滑動」大規模崩塌搶救大作戰互動教具模型展示，具體呈現山坡地崩塌災害，期能使一般民眾、學生與國小教師在互動學習中感受大規模崩塌情境模擬，以此達到水土保持教育宣導的目的。

透過教具擺設展覽與計畫人員解說，藉此獲得媒體採訪(<https://tw.news.yahoo.com/水土保持酷學校-讓孩子深刻了解土石流-063456659.html>)，並與各界人士意見交流，提供本計畫人員防災教育努力方向與教具可再精進方向。

本計畫期間參與活動包括：(1)第58屆全國中小學科學展覽會、(2)綠光山河High高雄-綠色博覽會(3)水土保持酷學校推廣示範基地記者會、(4)107年水土保持繪本說故事競賽頒獎典禮暨水土保持教育推廣成果發表會。詳細活動內容、活動時間、教具參觀人數與活動照片，如下表3-3所示

表3-3 教具參展活動

活動名稱	活動時間	參觀人數	活動照片
第58屆全國中小學科學展覽會	107.7.23~ 107.7.29	2500人次	圖 3.6.12 ~ 圖3.6.13
綠光山河High高雄-綠色博覽會	107.10.06	600人次	圖3.6.14
水土保持酷學校推廣示範基地 記者會	107.10.26	208人次	圖 3.6.15 ~ 圖3.6.16
107年水土保持繪本說故事競 賽頒獎典禮暨水土保持教育推 廣成果發表會	107.11.5	300人次	圖3.6.17

資料來源：本計畫



圖3-6.12 計畫主持人於全國中小學科展教具解說

資料來源：本計畫



圖 3-6.13 徐森彥組長協助於全國中小學科展教具解說

資料來源：本計畫



圖 3-6.14 計畫主持人於綠色博覽會教具解說

資料來源：本計畫



圖 3-6.15 水土保持示範基地記者會

資料來源：本計畫



圖 3-6.16 計畫主持人於水土保持示範基地記者會教具展覽解說

資料來源：本計畫



圖 3-6.17 計畫主持人於水土保持教育推廣成果發表會解說

資料來源：本計畫

第四章 結論及建議

第一節 結論

本計畫已依計畫目標，完成資料蒐集與酷學校會勘、地滑地教具模型建置、地層資料探勘、教材製作與教具體驗推廣等工作項目，將所有工作成果整合可獲得以下幾點結論：

- 一、本計畫嘗試開發出互動式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，並藉由體驗與探索的深入學習歷程，讓學生獲得參與和自我思考，可以將「工程整治、問題解決與自主防災」的種子深刻植入教師與學生心中，培育水保推廣尖兵或水保從業者。而此創新教具與資源引導之學習模式，正好也呼應未來十二年國教推動的方向：素養導向式教學-培養帶得走之能力，來達成一個人為適應現在生活及未來挑戰，所應具備的知識、能力與態度。
- 二、本計畫完成國內第一套以大規模崩塌議題所開發出之仿真互動教具，讓走山地滑災害縮小尺度，於教室當中被展示使用，開啟此議題於校園之紮根工作。同時，完成一本教具操作手冊(附錄六)。
- 三、本計畫地層探勘工作，共完成一孔24米取芯鑽探、岩芯紀錄、地層柱狀圖、1孔地下水位觀測井建置與簡易地下量測水位計開發，

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，加深學習成效。

四、為了使學生能夠充分學習地滑地相關知識，本計畫設計四大教學活動以搭配教具與地層探勘資料使用，活動包含：(1)地滑現象觀測、(2)防災整治工法配置、(3)施工品質體驗與自主防災觀念建立、(4)認識崩塌、地質與地下水之關係。並完成學生版(附錄四)與教師版(附錄五)教案手冊，學生版的以說故事的方式編列教材內容；老師版的則編製較深入的學習教案內容，提供老師未來上課講義製作之參考。

五、本計畫教具教育訓練部分，於107年10月19日在水土保持酷學校-基隆信義國小完成「學生教具體驗課程」示範，共計50位學生參與體驗；於107年10月22日結合環境教育積分，在信義國小完成「教師教育訓練」課程，共計35位老師完成受訓。另教具推廣的部分，配合大局所參加的全國性活動與自辦性活動，包括中華民國第58屆中小學科學展覽會(7/23-7/29)、綠光山河High高雄—綠色博覽會(10/6)、水土保持酷學校推廣示範基地揭牌活動(10/26)與第4屆水土保持酷學校授證典禮暨創新分享活動(11/5)，讓一般民眾、國小教師與國小校長學習到大規模崩塌相關知識，總計參與教具觀摩的人次達3500人次，已達成顯著宣傳效果。

第二節 建議

- 一、本計畫所產製的互動教具尺寸是參考國小學童身高而設計，而一體成型之設計則方便設備運送到定點後免於組裝之準備工作。然而目前的尺寸與無法組裝的特色，對於全臺頻繁且一日型的參展活動，會造成教具運輸成本過高的困擾。然而教具本身在原功能不變下，可以進行尺寸縮小，與調整成由不同模組組裝而成，且開發成本因尺寸縮小而降低。因此，針對此類型的參展，本計畫建議重新打造一套，藉此大幅降低運輸成本。
- 二、本計畫於計畫執行過程中發現教具如經常使用的情況下，需要定期保養，例如：地表入滲孔與地下排水孔可能會有阻塞情況發生，導致入滲地下水與排水的效率降低；崩塌滑動塊體表面光滑度因長期使用容易改變，導致降雨進入地層中水槽產生之水壓力，並無法順暢推動滑動塊體的滑落。另外，調控降雨等級的按鈕易於搬運過程受損，或經常按壓造成彈性疲乏，建議可以更改材料及按鈕位置。

參考文獻

- [1] 六一兒童網(2017)，孤單的大樹，取自；
<http://www.61ertong.com/wenxue/yuyangushi/20170118/265712.htm>
1
- [2] 行政院農業委員會水土保持局，水保學校開學，教案分享包，
土石流防災大富翁，取自；
http://learning.swcb.gov.tw/Learn_swcb_NEW/plans.aspx?n=IN2013053010530003
- [3] 經濟部中央地質調查所 (2015)，地質資料整合查詢系統，取
自；<http://gis.moeacgs.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys8/index.cfm>
- [4] 中時電子報(2015)，水保局攜手科工館 推土石流防災教育，取
自；<http://www.chinatimes.com/realtimenews/20150729004230-260405>
- [5] Science Daily (2018)，How do teachers integrate STEM into K-12
classrooms? 取自；
<https://www.sciencedaily.com/releases/2018/02/180227155844.htm>

附錄

附錄一、期初審查會議委員意見回覆辦理情形

開會地點：水土保持局第三會議堂

開會時間：107 年 5 月 22 日(星期二)下午 1 時 30 分

主持人：徐組長森彥(宋副組長文彬代)

項次	審查意見	回覆辦理情形
一、	P2-1 互動式教具研發(地滑、地質探勘)是否有配合臺灣現場實景內容來設計?另建議融入科技(如 VR 觀察、電腦畫面)。	1.互動式教具研發(地滑、地質探勘)係參考臺灣多處地滑地之現場實景內容，以模擬降雨入滲，造成地下水位上升及孔隙水壓升高後，導致岩體剪力強度降低，進而發生地層滑動之情境來設計此互動教具與其相關之教材。 2.謝謝委員建議。本計畫主軸是以素養導向教學為目標來進行水保教育之扎根工作。透過互動教具、地層探勘與地下水位觀測，把知識、能力和態度整合運用在擔任一位小小水保工程師之情境化與脈絡化的學習過程，特別注重實作學習歷程、方法與策略，透過實踐力行的表現展現學習成效。因此，科技方面並非本計畫考量範疇，但會透過影片的方式輔助教學，使學童能在實際操作之前對地滑現象與治理工法能有所理解。
二、	P2-2 靜態水保教材相關地滑地、地質差異的內容整理。	謝謝委員建議。後續針對教育訓練水保教材納入地滑地發生與地質關連性地內容進行整理與製作。

三、	P2-4 防災教育三部曲，需要多少時間來教學及體驗?地層探勘與水位量測→可觀測地滑→水保教材具展示。	本計畫預估需要 2 堂課時間(1 堂約 50 分鐘)來完成防災教育三部曲所有的體驗與操作。
四、	基隆信義國小校園地層探勘→警戒水位面板→設計各式整治工法(抑制工法、抑止工法設施模具)，有多少學生可以實際操作，是否需要專業教師帶領?	本計畫將會舉辦一場針對示範學校教師的教育訓練，藉此讓教師成為本計畫團隊與示範學校學生之種子教師。另外，預計也將舉辦一場針對高年級學生之體驗活動，以此活動成果做為參考，並與教師進行會議討論後，將教學內容提升為適合學生自主學習，透過自主操作教具，獲得與地層滑動相關之參數數據，達成真正的素養教學。
五、	簡易水位量測(簡易水壓計)如何整理圖示和說明。	本計畫會先觀測當地水位變動區間，製作簡易之地下水位表格圖，提供學生直接將量測數據繪畫至本團對所提供之圖表，藉此觀測每天之水位變化。

六、	P2-21 教材說明圖示意良好，但是由信義國小教師來帶領，或由參觀老師帶領，是否有規劃工作坊的研習？	本計畫已規劃於 107 年度第一學期上課期間，擇日提供教師水保教育工作坊與高年及學生教育體驗各一場次。
七、	學生學習完地滑地互動式教具後，是否有學習轉移的機會？設計時能融入科技畫面做輔助。	1. 本計畫主軸是以素養導向教學為目標來進行水保教育之扎根工作。透過互動教具、地層探勘與地下水位觀測，把知識、能力和態度整合運用在擔任一位小小水保工程師之情境化與脈絡化的學習過程，特別注重實作學習歷程、方法與策略，透過實踐力行的表現展現學習成效。學生在學習完地滑地互動教具深入學習歷程後，能將在過程中的問題發現與處理方式培養出帶得走之能力，此即為學習轉移的基底，使其應用於實際生活與工作上。 2. 謝謝委員建議，但由於此計畫主軸是希望學生透過親手觸摸的方式來達到最大感受度，因此科技方面並非本計畫考量範疇，但會透過影片的方式輔助教學，使學童能在實際操作之前對地滑現象與治理工法能有所理解。
八、	地滑探測地點選擇：建議九份國小、新竹梅花國小。	本計畫主要搭配曾獲得水土保持酷學校團隊，與之合作，並給予更多學習資源。而本計畫選擇之基隆信義國小即是第三屆水保酷學校之獲選學校，將之作為示範學校。由於該校學生人數為基隆市最多之國小，此教育能造成最大之效率與效益，因此選擇該示範學校作為鑽探地點，可讓學生清楚知道腳底下踩著的土地下方實際土壤岩性分布情況與地下水位變動情形。
九、	本案為傳統教具研發，對學生應該很有實益。建議可加上影音、網路、動畫、多媒體等工具，結合虛擬教具，豐富教學成效。	謝謝委員肯定。本計畫會透過影片的方式輔助教學，使學童能在實際操作教具之前對地滑現象與治理工法能有所理解。

十、	建議可於教具說明利用 QR code,運用手機 App,可往前推到 u-learning(無所不在的學習),加深學生學習興趣。	謝謝委員建議,本計畫將製作教具說明 QR code,讓學員可以透過手機 App,迅速獲得教具相關說明。
十一、	提升學生學習的認知層次是可以提供學生學習的深度和廣度,說明:教具模型可以協助學生理解地滑和水位的因果關係,是否可以進一步提供學生「運用」、「分析綜合」甚至到「評鑑」,讓科普教育的認知學習層次更為扎根,增加學生對該教具模型的黏著力和學習遷移。	謝謝委員肯定。本計畫核心主軸是以素養導向教學為目標來進行水保教育之扎根工作,預期可獲致如委員提及之學習成效。

附錄二、教具模型參觀暨工作會議徐森彥組長建議意見回

覆辦理情形

開會地點：教具模型工廠

開會時間：107 年 7 月 2 日(星期一)下午 14 時 00 分

參加人員：徐森彥組長、許世孟 博士、董名家、李宗憲

項次	審查意見	回覆辦理情形
一、	互動式教具模型是否有實踐 DFC(Design For Children)理念?	本計畫依照為了孩子設計(DFC)的理念創作互動式教具深入學習歷程元素，以培育小小工程師為本計畫主軸，希望透過素養導向教學的學習方式，培育童學程為水保工程師的志向。
二、	互動式教具降雨模擬是否能夠結合現實生活降雨畫面？例如多少釐米的累積降雨量會造成怎樣的影響。	謝謝委員建議。本計畫將利用影片方式撥放各種降雨量的實際影片，並計算互動式教具的降水量，來模擬降尺度後的實際降雨量情形。
三、	教具上方灑水系統之周邊，建議加入水保酷學校 Logo、教具名稱、教具使用方法與製作單位等資訊。	謝謝委員建議。本計畫後續針對委員建議辦理。

附錄三、期中審查會議委員意見回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
一、	期中報告書缺乏摘要與關鍵字，請補充。	已於期末報告摘要與關鍵字加入。
二、	P2-5 本計畫發現國小教師對於地層滑動現象與抑止工程、抑制工程的瞭解度不足夠，因此決定辦理教育訓練補強，請明確說明如何辦理教育訓練。	依據與國小老師及學生接洽過程，發現大部分的老師或學生對於土石流現象較清楚瞭解，初看到本計畫所開發出來的教具，多會直覺式的喊出這是土石流？本計畫已透過學生教具體驗課程、老師水土保持環境教育研習活動與教具參展活動來澄清，並將大規模崩塌的知識開始植入師生與一般民眾心中，以上內容詳見第三章第六節。
三、	P2-10 一、地滑教具模型設計概念，抑制工法包含：地中排水工法、地表排水工法；抑止工法包含：重力式擋土牆、預力地錨、格梁護坡模組等。請增加說明以上的教具模型之科學概念。	謝謝委員建議。已將相關工法之科學概念增補至本文第二章第三節。
四、	P2-12 如圖 2.2.1 紫色部份所示，但是所有圖示都是黑白，無法看見紫色部份，所以會影響閱讀，建議使用不同符號或灰階來表達想要表達的內容。後面所有用顏色表示的圖示，例如：圖 2.3.2 底圖黃色為沖積層，...，都請更正。	謝謝委員建議。圖示不清楚部份已修正，如圖 2.3.1、圖 2.3.2 與圖 2.4.2。
五、	P2-19 圖 2.3.5 地層柱狀圖示意圖，看不懂所要表達的內容，請增加說明。	謝謝委員建議。避免讀者誤解，已將此圖刪除，並以實際地層調查成果展示，如圖 3.4.4 與圖 3.4.6。
六、	P3-3 圖 2.4.1 教材說明圖，是否配合第四節教材製作的五個向度：一、針對互動教具的功能編輯使用手冊，二、整治工法配置遊戲，三、防災觀念製作，四、海報製作，五、地滑地互動教具模型製作簡報製作，進行說明，比較正確。	謝謝委員建議。依據教材說明圖撰寫內容，請參閱第二章第五節。

七、	P3-4 到 P3-6 圖 3.1.1 土石流潛勢溪流與整治工程，圖 3.12 土石流防災彈珠台，圖 3.1.3 山坡地保育工法配置-簡易工法模型，圖 3.1.4 野溪治理工法配置-積木，圖 3.1.5 崩塌地復育工法配置-簡易工法模型，希望能在圖說後面做簡單說明，讓閱讀者知道該圖的圖意。	謝謝委員建議。圖解說明已依委員建議，於每章圖後增加教具補充說明，如圖 3.1.3-3.1.11 所示。
八、	P3-13 地滑地教具模型初步建置成果，請針對國小學童需要的科學概念去說明，不要只有說明要做什麼事情。	謝謝委員建議。本計畫團隊已針對國小學生編製兒童故事版的內容與教案，藉此傳遞需要的科學概念於(請參閱附錄四)
九、	P3-14 到 P3-17 圖 3.3.1 模型初步架構完成圖，圖 3.3.2 模型簡易外觀完成圖(1)，圖 3.3.3 模型簡易外觀完成圖(2)，圖 3.3.5 模型降雨模擬測試圖，圖 3.3.6 擋土工法單體製作簡易完成圖，希望能在圖說後面做簡單說明，讓閱讀者知道該圖的圖意。	謝謝委員建議。依據委員意見修改，模型完整建置成果，請參閱第三章第三節。
十、	本研究計畫應用地滑地教具模型設計及地層資料探勘方式，此類方式不僅以前沒人開發過且非常有創意。	謝謝委員肯定。此為國內第一套專為大規模崩塌所製作的學習教具。
十一、	P2-10，P2-14，P4-2 有關地滑地教具模型及地層資料探勘的解說或操作等，建議更易讓國中小學生瞭解及步驟撰寫說明書。	本計畫已編製兒童故事版的內容，讓小學生透過故事學習到地滑相關知識，此概念已通過基隆信義國小 50 位學生教育訓練獲得印證，而此受訓過之小朋友也立即賦予該校解說志工之責任，協助其他校內學生學習，請參閱第三章第六節。另教具的操作指南也已編列完成請參閱附錄六。
十二、	續上題，相關操作說明可結合資訊化如用 QR-CORD 連結等。	目前本計畫利用教具上的圖案結合 AR 技術呈現實際走山的影片、實際戶外看到之整治工法與地層剖面圖，透過此連結讓解說者更易於說明講解教具所要傳遞之內涵，詳細操作說明，請參閱教師版之教學活動手冊，如附錄五。

十三、	地滑地教具模型，頗受學童喜愛，若能再精進設計如何能看見水滲進至土壤中，為地滑的誘因之一，且其產生之滑動面因水的影響而慢慢滑動，讓參觀者更深刻體驗土地滑動所造成之影響。	謝謝委員意見。此設計可做為未來第二代教具努力方向。
十四、	未來辦理教具推廣時，若能將梨山地滑地之治理研究成果，製作摺頁及相關宣導品，將更能促進宣導效果。	謝謝委員意見。本計畫已設計一個宣傳DM，如附錄七所示，於展覽會場展示時可以提供民眾索取。
十五、	請將此教具設計成教案模式：包含單元名稱、教學年級、教學活動相關領域、教學時間、目標、重點、建議、學習技能等符合教師教學實際需求。	謝謝委員意見。本計畫已依委員建議，完成教案撰寫，請參閱教師版之教學活動手冊，如附錄五。
十六、	針對此教具製作經費分析表供後續用運參考。	謝謝委員意見。經費分析如附錄八所示。
十七、	建議展示之教具可行動性及便利性考量。	目前教具設計是配合信義國小酷學校定點展示與使用所設計，教具以一體成形及具備輪子可推動等特性，只需裝水與插電，不需進行任何組裝即可使用，達到組裝便利與校園移動方便性；對於需經常移動全國展示的情況，本教具於重新製作時，可在功能不變下，再將模型縮小，同時設計組合式安裝，對於運輸上成本的問題可獲得解決。
十八、	計劃書未針對辦理教育訓練明確說明舉辦形式及對象。	本教具教育訓練分三大類：(1)國小高年級以上學生，以 50 人為單位，以說故事的方式，讓學生理解大規模崩塌相關知識；(2)國小教師，教具已設計成教案模式，針對教案內容傳授老師教案內容知識，期許老師成為種子教師，進行知識擴散；(3)一般家長與小孩，至公開活動進行展示與解說，計畫執行期間共參加以下四個公開活動：中小學科展、綠光山河教具展、107 年水土保持酷學校推廣示範基地揭牌記者、水土保持教育成果展)，以上內容詳見第三章第六節。

附錄四、兒童故事教案及海報

1. 兒童故事教案內容：

主題：雨滴在山中旅行的啟示-大規模崩塌

人物：水精靈(雨滴)；山神爺爺(山坡地)；山裡的炸彈客(崩塌塊體)

故事主軸：

當颱風暴雨來襲時，水精靈就會開始落到山神爺爺的身體上。各位小朋友知道山神爺爺的身體長的甚麼樣子？答案是我們多半看不到山神爺爺真正的身體，眼睛只能看到山神爺爺的表面被泥土、植物(森林樹木草地)等覆蓋，而山神爺爺它身體內部是由一層一層不同材料的質地構造組成，因為它的身體會吸水，也可將不同分層比喻成不同吸水能力的海綿，像小朋友看到的這個剖面，分成三層吸水能力由上而下遞減。

當水精靈從天上嘩啦嘩啦往下掉落到山神爺爺的身體時，就開啟了水精靈在山中的旅行。水精靈會降落在山神爺爺的身體表面，一開始水精靈會被爺爺表層覆蓋植物保護免以往下游游亂滑亂竄(水土保持重要)，同時也被泥土吸收，並慢慢滲入爺爺體內部(涵養地下水資源)，但隨著暴風雨的強度越大與越久，無法進入爺爺身體內的水精靈就會跟泥土滑到下游造成土砂災害，滲入爺爺

身體的水精靈被爺爺身體的海綿給吸收，爺爺喝了好多水精靈，覺得自己好飽也越來越重。突然間，山裡的彈客出現了，把爺爺的身體炸了一塊出來(崩塌塊體)，讓爺爺受了重傷，水精靈也很慌張從爺爺身體跑出來，炸出來的塊體因而滑落破壞了山下的房子與道路，水精靈也跟著被沖到山下了。

問題思考：如何讓小精靈在山中的這趟旅遊可以優游自在？地表排水、地中排水等工法引入

體驗活動：讓小朋友體驗當大地醫生診斷山神爺爺身體(岩芯觸摸與地下水量測)。

2. 學生學習單

1. 是什麼原因讓山裡的炸彈客出現(走山發生原因)？
2. 如何讓水精靈在山中悠遊自在旅行?(工法防治)
3. 如果你是一個大地醫生，你如何幫山神爺爺檢查身體?
(鑽探岩芯觸摸與地下水位量測)

3. 海報(84.111x59.408cm)



附錄五、教師版教案手冊及教師研習簽到表

教師版教案手冊：

大規模崩塌搶救大作戰 教學活動手冊



大規模崩塌搶救大作戰

背景故事：

近年來由於氣候變遷，臺灣坡地災害頻傳，尤其大規模崩塌對人民生命與財產所造成損失更是巨大，因此水土保持的工作與知識傳遞紮根顯得愈加重要。本教案係將大規模崩塌中之深層崩塌發生現象與防治工法，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，並且配合排水、護坡工法的套組，讓學生學習思考如何減緩、防治坡地災害的發生。此外，本教案另外提供實際地層鑽探岩芯，讓學生見識與觸摸地層的組成成分與樣態，且備有簡易地下水位計讓學生透過地下水位量測活動，可清楚瞭解地質、地下水與地層滑動之關係，並與教具作虛實連結，藉此深化學生於地滑教具所學之防災知識。



讓學生理解地滑發生的機制與整治方法

--

教學年級：國小 4~6 年級

相關領域能力指標：

教學時間：90 分鐘

學習技能：水保相關知識學習、問題發現、分析問題、解決問題之能力。

相關詞彙：大規模崩塌、降雨入滲、警戒水位、排水工法、邊坡保護工法。

教學研究

教學目標

- (1)瞭解山坡地大規模崩塌中深層崩塌發生原因。
- (2)透過自行調整降雨強度，學習地下水位上升與崩塌發生速率之關係。
- (3)選擇防治工法，學習各種工法防治坡地災害發生的原理。
- (4)選擇工法組合，學習各種組合工法，防治坡地災害之成效。
- (5)體驗擋土牆施工品質優劣，對坡地下方保全對象防護之影響
- (6)透過工法失效之察覺，建立自主防災觀念。
- (7)透過實際岩芯觸摸、地下水位量測與教具操作，瞭解崩塌與地下水位和地質之關係。

教材分析

臺灣地理環境複雜，且位於菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊之交錯帶，因此造就高山、丘陵眾多，平地相對較少(占總土地面積約 26.36%)，因而在這樣的環境下，人民居住的環境受到限制，導致不少的居民選擇住在山坡地。山坡地的居住需要一定程度的開發，且需要承擔自然災害發生的風險，如：土石流、崩塌、落石等。

臺灣夏季好發颱風，過量的降雨常造成坡地災害的發生，例如：2009 年 8 月 8 日莫拉克風災造成人員嚴重傷亡與財產損失，而其中最為驚人的坡地災害是大規模崩塌中「深層崩塌」，其導致高雄縣甲仙鄉小林部落遭到大量土石掩埋而滅村。因此，大規模崩塌的災害成因與災害防治觀念等知識傳播扎根很重要。

因應許多坡地災害的發生，可選擇工程的方法來處理。為此，教具提供不同的工法模型，讓學生學習工法實行後之防災效益。同時，學生可以進行不同工法搭配，嘗試何種工法組合，得到最佳防災效益。

鑒於防災教育近年趨於重要，本創新教具資源，讓孩子更深入瞭解坡地災害的發生機制，培養學生建立對災害的認識與理解，同時透過教具讓學生體驗擔任工程師的操作經驗，藉此灑下培育未來水保工程師之種子。

教學重點

貫徹水土保持教育深根校園的理念，讓學生可以將大規模崩塌的相關訊息透過教具操作、岩芯觸摸與地下水位量測，加深學習印象，並藉由工法的選擇與組合，觀察大規模崩塌防治成效，提供學生可學習成為一個小小工程師的舞台。本課程共分四大活動主題，活動一「激烈的暴雨-地滑現象觀測」-明瞭強烈的降雨與雨水入滲地下水層，是造成地層滑動重要的因素；活動二「崩塌搶救，

保家衛園-防災整治工法配置」-理解工程手段對於山坡的穩定產生之效益，並體驗不同工法的配置會帶來的防治效果；活動三「施工品質體驗與自主防災觀念建立」-宣導工程施工品質維護之重要性，並透過工程失效演練，建立自主防災觀念；活動四「認識崩塌地質與地下水之關係」-明瞭地質與地下水之關係，進而推升崩塌機制觀念建立。

教學建議

本課程主要目的是藉由可看見、可觸摸的實體教具模型，提供學生觀察大規模崩塌發生現象，並加入實際模擬降雨進入地層的元素來強化學生對於此大規模崩塌的印象。本教學內容之設計，係以透過實際模擬降雨進入地層的元素，強化學生對於此大規模崩塌的印象與發生機制瞭解，多讓學生動手操作，並要求學生觀察降雨強度、地下水位上升速率與滑動體觸動發生時間，思考各物理量之間關係，再透過警戒水位觀察，藉以判別山坡地受豪雨侵襲時，地層穩定度狀態。

各種防災工法模組設計，讓學生手動學習坡地災害與防災工法的相互關係，體驗擔任水保工程師解決問題的成就感，而非傳統的僅聽述防治工法原理。

岩芯觸摸與地下水位量測體驗，讓學生真切知道地層的組成材料與感受地下水位脈動，並順勢教導崩塌與地質和地下水位之關聯性。

教學準備

活動一：激烈的暴雨-地滑現象觀測

教具模型底部蓄水槽注水八分滿

抽水馬達接上電源

確認抽水馬達保持在水面下，避免馬達暴露空氣中空轉，造成馬達損壞

下載 AR APP 軟體：HP REVEAL



iOS



Android

活動二：崩塌搶救，保家衛園-防災整治工法配置

(1)工法套組準備：地表與地中排水工法、重力式擋土牆、格樑護坡、地錨。

活動三：施工品質體驗與自主防災觀念建立

(1)工法套組準備：地中排水工法、重力式擋土牆(低品質)、格樑護坡(低品質)、地錨(低品質)。

活動四：認識崩塌、地質與地下水之關係

地質鑽探岩芯

準備水壓計

教學活動

暖身活動

利用 AR 擴增實境技術，讓同學在教具解說操作前，先觀看實際大規模崩塌發生之動態影片

(https://www.youtube.com/watch?v=nGDI5zy_axs)，以及各種工法實際照片，對於真實世界所發生的現象與各工法之實體長相，有初步之認識，有助於後續教具互動活動之進行。

主活動

活動一：【激烈的暴雨-地滑現象觀測】

教學目標：認識地滑發生機制。

引起動機

導致邊坡下方居民生命財產受嚴重威脅，利用仿坡地的實體模型與模擬降雨之灑水系統吸引學生關注。

發展活動

過教具右側邊的地層剖面，解說地層分布狀況(由上而下可以概略分成崩積層、風化岩層與新鮮岩盤)、滑動面可能存在位置及地下水位位置，同時建立學生降雨與地下水位變動之觀念。

此互動教具，「降雨情境模擬」部分，模擬小、中、大三種不同等級降雨量，分別用綠、黃、紅按鈕區分降雨等級大小，紅色按鈕是最大降雨量，是最危險降雨情境。降雨發生後，雨水會開始滲入地層當中，地下水開始蓄積於地層中，請同學從教具左側觀察地下水隨著降雨持續慢慢抬升情況，當水位達到警戒水位時，此時地層材料像海綿一樣吸滿著水，短時間增加邊坡剪應力或降低邊坡材料的抗剪強度，進而促動滑動土體滑動，而滑落土砂也對下邊坡的道路與房子造成嚴重破壞，這就是地層滑動機制的觀察。將電源接上，利用降雨強度按鈕控制不同的降雨量，模擬雨水滲入地層，當地下水位達到臨界水位

時，導致滑動體滑落崩塌發生，並且請同學觀察降雨量大小與崩塌發生時間之關係。

講述颱風豪雨引致的崩塌，會對山坡地下方的家園造成危害，讓學生體會到居住於山坡地旁可能遭遇天然災害之風險。

綜合活動

強度、地下水位上升速率與崩塌發生時間之關係。

引導學生思考山坡地可能之潛在危害。



讓學生瞭解地層剖面分布狀況、滑動面位置與地下水位位置

活動二：【對抗天災-防災整治工法】

教學目標：學習運用工法減緩、防治地滑發生，並體會擔任小小工程師。

引起動機

利用【活動一】大規模崩塌的危害，老師發問：「請問各位同學，該如何預防崩塌的發生？」讓學生主動思考防災的方法，等待學生回答完畢後，再拿出各種工法模型介紹並教導學生如何安裝。

發展活動

教具提供之整治工法配置套組，包含抑制工法與抑止工法兩類，抑制工法有地表縱橫向排水與地下排水兩種；抑止工法有擋土牆、格梁護坡、地錨等，並說明各防治工法之概念與原理。

操作整治工法，(1)把地表縱橫向排水打開，水就會被引導到安全之處，減緩雨水入滲至地層之水量；(2)地中排水工法打開，地下水位即可降低，教具有三個不同排水量，可以依據實際狀況進行配置，而地下排水工法相較地表排水工法，對於降低地下水位效果較顯著；(3)擋土工法的配置部份，可以直接阻止滑動土體對下邊坡造成的傷害，但是擋土法有其保護深度的限制，如果滑動面深度超過擋土設施保護深度時，擋土工法將無法發揮其作用。



擋土牆工法



地錨工法



地表排水工法



格網護坡工法

配合實際工法圖片，讓學生透過模型操作與現實工法做連結
最後讓學生自己安裝不同的工法，親自體驗看看各種工法對於滑動體滑落的防治效果。

綜合活動

老師請學生換位思考成為一個工程師，讓學生自己配置不同工法組合，對抗地滑災害的發生，並分析不同工法組合配置之效益。

活動三：【施工品質體驗與自主防災觀念建立】

教學目標：認識工程施工品質對保護坡地下方保全對象與防災自我動手建立之重要性。

引起動機

外表看似正常之保護居民安全構造物，是否潛藏不為人知的危機。

發展活動

老師換上質地較輕之重力式擋土牆、格樑護坡、地錨等構造物，看看是否能夠阻止滑動塊體滑落至下邊坡，並與正常質地之構造物所獲得之結果進行比較。

老師調降地中排水管排水量，模擬排水管被泥砂阻塞之現象，建立學生要定期檢查工法運作的功效，並自我採取清理措施。

綜合活動

身為一個工程師，除了學會工程設計外，討論在施工品質上如何落實原設計之標準。

想想防災工作如果當地民眾自發先做，請學生討論可能對於避免災害發生好處。

活動四：【認識崩塌、地質與地下水之關係】

教學目標：真實體驗地底下真實土壤與岩石組成與構造，並瞭解地下水在不同地層間流動能力；學習如何量測與紀錄地下水位，而水位的發生位置對崩塌發生之影響。

引起動機

：「請問各位同學，想不想知道地下有哪些東西存在?地下水位在哪裡？」，讓我們透過鑽探岩芯資料與水位計一探究竟。

發展活動

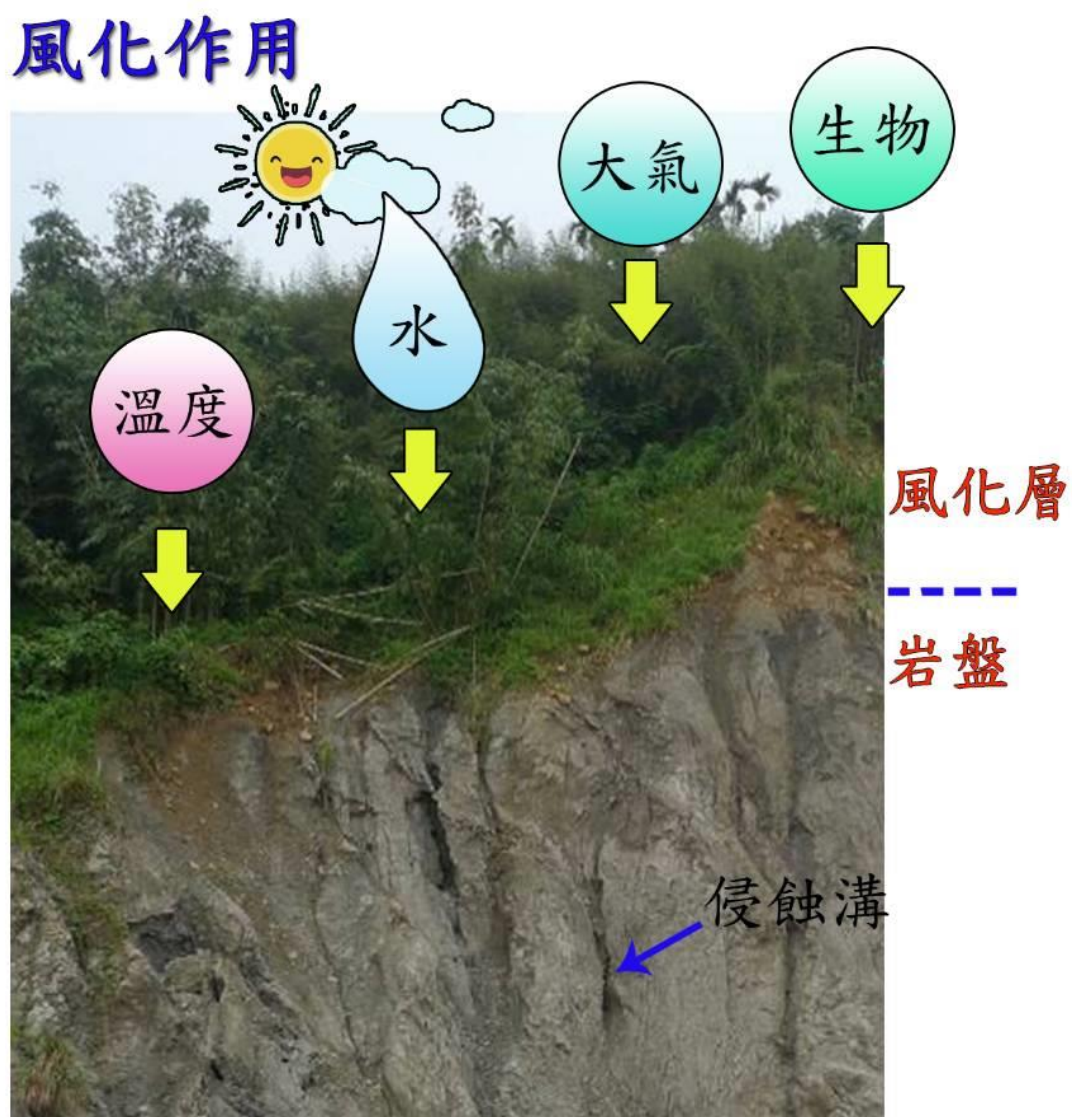
準備好的岩芯資料，讓學生用手觸摸岩芯在不同深度的質地，學會辨識風化層與岩石之差異與交界面的位置，順勢提出可能成為一個滑動面位置之觀念。

準備好的岩芯資料，讓學生觀察岩石中出現裂縫(岩體破碎指標)與裂縫出現褐色的紋路(地下水於裂隙流動的證據)，所各自代表地意意，請學生討論可能對於崩他發生的影響。

利用蜂鳴式水壓計，學習如何量測目前的地下水位深度。

綜合活動

思考坡地下土壤與岩石組成與構造，如何主宰地下水在地層中分布與流動。思考地下水位與地表差距與降雨量和崩塌發生之關係。



地表露頭看的之風化層與岩盤，學習從岩芯資料判斷風化層與岩石



鑽探岩芯資料，顯示風化岩層、岩石、兩種岩岩性交界面與地下水於裂隙流動的證據



簡易地下水量測儀器，透過感應的方式可以量測到地下水水位實際位置

總結與評量

總結

本課程將大規模崩塌中之深層崩塌發生現象與防治工法，搬到教室提供學生學習使用，搭配 AR 數位資料、岩芯資料與地下水位量測，虛實整合出一套學習課程，強化學生對大規模崩塌內容與防災觀念認識與理解。

大規模崩塌在地質脆弱與颱風豪雨頻繁的台灣是一個自然現象，在大規模崩塌問題防治上，需仰賴滑動深度調查、發生機制瞭解與工法使用限制瞭解等，如此我們將可以有效控制大規模崩塌之發生機率。

最後，教師帶出結論：居住在山坡地的居民必須要具備大規模崩塌災害風險管理之素養，定期檢查地表是否裂縫發生、地中排水管是否受泥砂阻塞、地表排水道是否暢通、結構物是否有龜裂現象發生等崩塌前兆，貫徹自主防災工作，使之降低災害發生風險。

評量

學生能正確說出地滑發生機制。

學生能說出各種功法的用途、成效與使用上限制。

學生能說出崩塌、地質與地下水之間關係。

學生知道如何量測地下水位深度。

延伸閱讀

1.甚麼是大規模崩塌？

大規模崩塌的定義：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；此類深層的崩塌，近於高速運動的地滑。

大規模崩塌可能存在之地形特徵：

坡頂緩斜面

崩崖、反斜崖、裂縫

二重或多重山稜線

線狀凹地

圓弧形滑動體

坡趾隆起

坡面及側邊蝕溝、裂縫

岩盤潛變現象

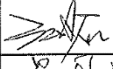
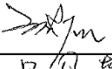
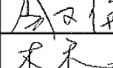
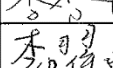
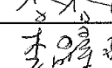
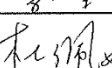
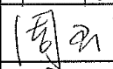
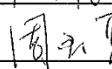
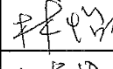
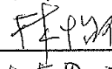
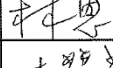
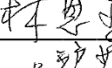
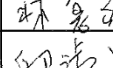
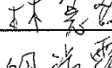
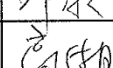
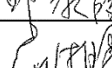
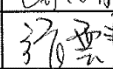
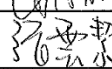
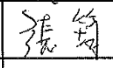
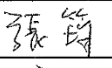
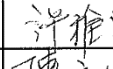
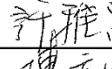
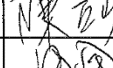
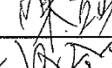
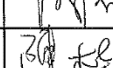
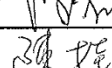
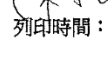
其它老崩塌地地形

教師研習簽到表

教師在職專業進修研習簽到表

研習名稱： [環境教育]基隆市信義國小水土保持環教研習-地滑地及地下水檢測(限信義國小

參加)
研習承辦單位：基隆市 市立信義國小研習時間： 2018/10/22 ~ 2018/10/22 ☐ 上午 ☐ 中午 ☒ 下午 ☐ 夜間

編號	服務學校	教師名稱	簽到	簽退	備註
基隆市 仁愛區					
1	市立信義國小	江妙如			
2	市立信義國小	吳盈榮			
3	市立信義國小	李文儀			
4	市立信義國小	李秀欣			
5	市立信義國小	李曜丞			
6	市立信義國小	杜佩娟			
7	市立信義國小	周玉惠			
8	市立信義國小	林怡伶			
9	市立信義國小	林恩丞			
10	市立信義國小	林慧萍			
11	市立信義國小	邱淑霞			
12	市立信義國小	高湘琴			
13	市立信義國小	張雲絮			
14	市立信義國小	張筠婕			
15	市立信義國小	許雅惠			
16	市立信義國小	陳立玲			
17	市立信義國小	陳金蓮			
18	市立信義國小	陳桂玉			

第 1 頁 / 共 2 頁

列印時間：2018/10/22 上午11:23:28

研習名稱：[環境教育]基隆市信義國小水土保持環教研習-地滑地及地下水檢測(限信義國小參加)

編號	服務學校	教師名稱	簽到	簽退	備註
基隆市 仁愛區					
19	市立信義國小	傅秀玲	傅秀玲	傅秀玲	
20	市立信義國小	曾梅嵐	曾梅嵐	曾梅嵐	
21	市立信義國小	黃香君	黃香君	黃香君	
22	市立信義國小	黃素楨	黃素楨	黃素楨	
23	市立信義國小	黃淑怡	黃淑怡	黃淑怡	
24	市立信義國小	廖祝娟	廖祝娟	廖祝娟	
25	市立信義國小	劉慧娟	劉慧娟	劉慧娟	
26	市立信義國小	蔡嘉琪	蔡嘉琪	蔡嘉琪	
27	市立信義國小	鄭小玲	鄭小玲	鄭小玲	
28	市立信義國小	鄭名?	鄭名?	鄭名?	
29	市立信義國小	駱素秋	駱素秋	駱素秋	
30	市立信義國小	謝芬玲	謝芬玲	謝芬玲	
31	市立信義國小	謝惠虹	謝惠虹	謝惠虹	
32	市立信義國小	鍾琪玲	鍾琪玲	鍾琪玲	

教師在職專業進修研習簽到表

研習名稱： [環境教育]基隆市信義國小水土保持環教研習-地滑地及地下水檢測(限信

義國小參加)
研習承辦單 基隆市 市立信義國小

研習時間： 2018/10/22 ~ 2018/10/22 ☐ 上午 ☐ 中午 ☒ 下午 ☐ 夜間

編號	服務學校	教師名稱	簽到	簽退	身分證字號
1	信義國小	林志尹	林志尹	林志尹	
2	"	林瑞璇	林瑞璇	林瑞璇	
3	"	邱惠香	邱惠香	邱惠香	
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					

第 1 頁 / 共 2 頁

列印時間：2018/10/22 上午11:22:41

附錄六、教具操作手冊

地滑地搶救大作戰互動教具 操作手冊



用心栽培下一代，打造水保新世代

目錄

目錄.....	附錄 6-2
圖目錄.....	附錄 6-3
一、教具說明.....	附錄 6-4
(一) 教具製作背景說明.....	附錄 6-4
(二) 教具教學目標.....	附錄 6-5
(三) 教具操作前準備工作與操作後之善後工作.....	附錄 6-5
二、教具各模組說明.....	附錄 6-7
(一) 降雨情境模擬模組.....	附錄 6-7
(二) 地層水位觀測模組.....	附錄 6-9
(三) 地層滑動觀測模組.....	附錄 6-10
(四) 整治工法模組.....	附錄 6-12
(五) 施工品質體驗與自主防災觀念建立模組.....	附錄 6-15
三、操作流程.....	附錄 6-17
(一) AR 虛擬實景.....	附錄 6-17
(二) 選擇降雨強度.....	附錄 6-17
(三) 觀察警戒水位與地滑現象.....	附錄 6-17
(四) 選擇整治工法.....	附錄 6-17
(五) 工程品質體驗與自主防災觀念建立.....	附錄 6-18
(六) 體驗成為小小工程師.....	附錄 6-18
四、教具操作注意事項說明.....	附錄 6-20

圖目錄

附圖 1-1 模型底部方形蓄水槽注水約八分滿.....	附錄 6-6
附圖 2-1 降雨控制按鈕.....	附錄 6-7
附圖 2-2 模擬降雨灑水至山坡地.....	附錄 6-8
附圖 2-3 地層內的方型蓄水槽.....	附錄 6-9
附圖 2-4 地層水位高度的觀測窗.....	附錄 6-10
附圖 2-5 崩塌塊體地下水出水口.....	附錄 6-11
附圖 2-6 崩塌塊體(左邊:材質重;右邊:材質輕).....	附錄 6-12
附圖 2-7 地表排水工法.....	附錄 6-13
附圖 2-8 地中排水工法.....	附錄 6-14
附圖 2-9 擋土牆工法.....	附錄 6-14
附圖 2-10 格梁護坡工法.....	附錄 6-15
附圖 2-11 地錨工法.....	附錄 6-15
附圖 3-1(a)實際模型照片.....	附錄 6-19
附圖 3-1(b) AR 掃描位置.....	附錄 6-19

一、教具說明

(一) 教具製作背景說明

近年來由於氣候變遷，臺灣坡地災害頻傳，尤其大規模崩塌對人民生命與財產所造成損失更是巨大，因此水土保持的工作與知識傳遞紮根顯得愈加重要。本教具為增添「水土保持酷學校」的學習資源而設計開發一個全新體驗的學習模型，具備十二年國教課綱之核心素養元素，將教具模型的創作以虛實兼備、自主學習的教育效果為首要目標，並將教具模型勾勒出四大水土保持教育面向：(1)災害現象發生、(2)現象成因理解、(3)思考與解決問題、(4)規劃執行與創新應變。透過四個教育面向可達到國小學童對於水土保持教育的知識學習、思考能力培養、態度素養提升。

基於此教育理念，本教具係將大規模崩塌中之深層崩塌(地滑)發生現象與防治工法，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，並且配合排水(地中排水工法與地表排水工法)、護坡工法(格樑護坡、地錨、擋土牆)的套組，讓學生學習思考如何減緩、防治坡地災害的發生，由此達到思考與解決問題的教育內涵。

(二) 教具教學目標

本教具共規劃以下六大教學目標，提供學生一個學習平台，獲得地滑發生機制、防治工法與自主防災等知識。

1. 瞭解山坡地大規模崩塌中深層崩塌發生原因。
2. 透過自行調整降雨強度，學習地下水位上升與崩塌發生速率之關係。
3. 選擇防治工法，學習各種工法防治坡地災害發生的原理。
4. 選擇工法組合，學習各種組合工法，防治坡地災害之成效。
5. 體驗擋土牆施工品質優劣，對坡地下方保全對象防護之影響
6. 透過工法失效之察覺，建立自主防災觀念。

(三) 教具操作前準備工作與操作後之善後工作

本教具採一體成型設計，無須任何的組裝工作，操作者僅需將教具模型底部方形蓄水槽注水約八分滿，其餘則是檢查蓄水槽內抽水馬達是否平躺於蓄水槽底部，以及抽水管路是否開通，最後將抽水馬達接上電源即可進行教具之操作。操作完畢後之教具務必把蓄水槽之水排出，避免孳生蚊蟲。可透過既有抽水馬達將大部分的水抽出，但過程中需注意馬達是否暴露於空氣中造成空轉，其餘水則用適當舀水器具，以人工方式舀出。



附圖 1-1 模型底部方形蓄水槽注水約八分滿

二、教具各模組說明

(一) 降雨情境模擬模組

本教具運用三顆不同馬力之沉水式馬達，模擬不同強度之降雨情境，將雨量強度區分成小、中、大三種等級，藉以模擬中央氣象局大雨、大豪雨與超大豪雨等三種不同等級降雨量。為了方便操作員清楚使用欲模擬之降雨等級，教具分別用綠、黃、紅按鈕區分降雨等級大小，如 2.1 圖所示。紅色按鈕是最大降雨量，是最危險降雨情境，綠色按鈕則為最小降雨等級。



附圖 2-1 降雨控制按鈕

沉水式馬達將模型底部方形蓄水槽所蓄積的水抽到教具上方之灑水槽，灑水槽底部鑽等間距孔洞，藉此模擬降雨灑水至山坡上，如圖 2.2 所示。而降在山坡上的水後續慢慢滲入至地層中，造成地下水位上升，增加地層滑動之風險。



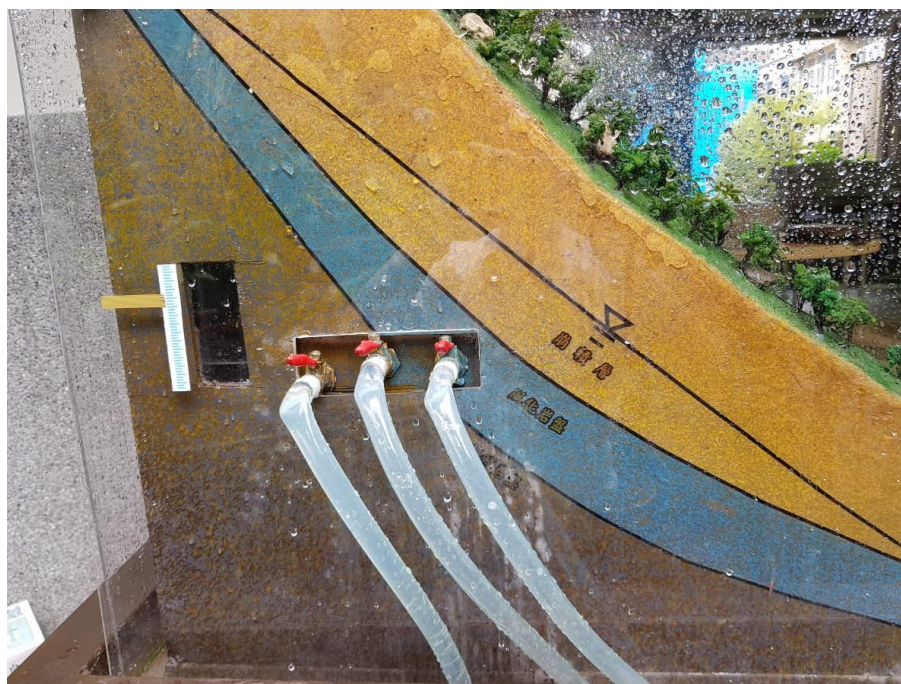
附圖 2-2 模擬降雨灑水至山坡地

(二) 地層水位觀測模組

為了讓灑水系統降下之雨水進入到山坡體內，本教具於山坡的表面打設滲水孔洞，讓雨水滲入地層中的方型蓄水槽，如圖 2.3 所示。而蓄水槽的水位高度觀測，則於教具的左側，設計一個透明的地下水位監測窗，如圖 2.4 所示，並於觀測窗貼上崩塌塊體滑動時之地下水位警戒高度(如圖 2.4 米色的貼條)。透過此觀測窗，學生可以記錄不同降雨量下，地下水位上升之速率，並與地滑發生時間建立關係。



附圖 2-3 地層內的方型蓄水槽



附圖 2-4 地層水位高度的觀測窗

(三) 地層滑動觀測模組

當地下水位上升至崩塌發生之臨界水位時，地下水位將會推動崩塌塊體，進而導致崩塌塊體滑落，圖 2.5 展示崩塌塊體地下水位出水口，而該出水口的水位高度，即是圖 2.4 地層水位觀測窗所貼之米色膠帶的位置。另本教具製作重量不同之崩塌塊體之材質，包含輕(如圖 2.6 之右圖)與重(如圖 2.6 之右圖)兩種塊體材質，輕材質部分則在出水孔出水時即可輕易推動材質輕的崩塌塊體，學生可觀測到塊體滑落之現象，以及塊體滑落后對保全對象之衝擊；重材質的部分則在出水孔出水時，尚不足以立刻造成此塊體滑落，但可以讓學生觀察到坡體滲水之現象，學習此現象背後代表之高滑動潛勢的意義。



附圖 2-5 崩塌塊體地下水出水口



附圖 2-6 崩塌塊體(左邊:材質重;右邊:材質輕)

(四) 整治工法模組

為了讓學童可以體驗擔任小小工程師，本教具模型開發了三種類型之整治工法，包含地表排水工法(如圖 2.7 所示)、地中排水工法(如圖 2.8 所示三個排水閥)與擋土工法，而擋土工法又設計三種類型，包含擋土牆(如圖 2.9 所示)、格梁護坡(如圖 2.10 所示)與地錨(如圖 2.11 所示)。學童可再搭配 2.2 節地層水位觀測模組瞭解地表排水與地中排水之效益。



附圖 2-7 地表排水工法



附圖 2-8 地中排水工法



附圖 2-9 擋土牆工法



附圖 2-10 格梁護坡工法



附圖 2-11 地錨工法

(五) 施工品質體驗與自主防災觀念建立模組

外表看似正常之保護居民安全構造物，是否潛藏不為人知的危機？

此模組主要設計讓學童認識工程施工品質對保護坡地下方保全對象之重要性，本教具開發質地較輕之重力式擋土牆、格樑護坡、地錨等構造物，看看是否能夠阻止滑動塊體滑落至下邊坡，並與正常質地之構造物所獲得之結果可。如圖 2.7 所示中間的工法單元係採用非固定式，該單元可讓學童換至不同重量材質，體驗崩塌塊體滑落時，是否能夠順利阻擋崩塌塊體對下由保全對象之影響。另外針對圖 2.8 地中排水工法之排水閥調整打開的角度，可模擬排水量與原設計排水量之差異，藉此模擬施工品質不佳的狀況。

自主防災觀念建立模組則一樣可利用圖 2.8 地中排水工法之排水閥調整打開的角度或數量，可模擬排水孔被泥砂堵塞情況，造成地下水壓無法宣洩，降低擋土設施之穩定度。

三、教具操作流程

本教具實際操作流程如以下操作步驟：

(一) AR 虛擬實景-下載 HP Reveal 並追蹤頻道 <http://auras.ma/s/hBAUR>，

使用 AR 掃描教具上方水槽圖片可撥放出實際崩塌影片與工法照片(如圖 3.1(a)與 3.1(b))，此步驟先讓學童知悉現實世界地滑發生的情況與工法樣態。

(二) 選擇降雨強度-選擇不同顏色按鈕(紅、黃、綠)來給定預計模擬之雨量強度(如圖 2.1)。

(三) 觀察警戒水位與地滑現象-觀察模型左側面水位觀測面板，可藉此觀察水位上升與警戒水位位置(如圖 2.4)，另再注意崩塌塊體發生滑動現象(如圖 2.2)。

(四) 選擇整治工法-自行動手配置工法(地表排水、地下排水與擋土牆設施)，觀察相同降雨強度下，因不同工法配置後地下水位之變動與對保全對象之保護狀態。

1. 擋土牆工法(如圖 2.9)：可安裝在如下圖 2.9 位置，用以阻擋地滑塊體破壞下方保護區。

2. 格樑護坡、地錨工法(如圖 2.10、2.11)：可安裝在如下圖 2.10 位置，用以阻擋地滑塊體破壞下方保護區。

3. 地中排水工法(如圖 2.8)：自行選擇打開紅色排水閥數量，可直接

排出地中水槽內的水量至教具下方方型橘色水槽，藉此可降低地下水位或減緩地下水位上升的速度。

4. 地表排水工法(如圖 2.7)：可將地表縱橫向之排水道長條形覆蓋條打開，形成排水渠道，藉此蒐集雨水引導地表水直接排放至下方水槽，讓進入地中水槽之雨量減少。

(五) 工程品質體驗與自主防災觀念建立-(1)替換與原工法較輕之材質模型作為邊坡保護之構造，體驗與原材質抵擋崩塌塊體之成效；(2)地中排水工法之排水閥調整打開的角度，模擬排水量與原設計排水量之差異，藉此模擬施工品質不佳的狀況；(3)自主防災觀念建立模組則一樣可利用地中排水工法之排水閥調整打開的角度或數量，可模擬排水孔被泥砂堵塞情況，造成地下水壓無法宣洩，透過自主觀察於汛期前進行清除堵塞之泥砂。

(六) 體驗成為小小工程師-測試不同降雨強度下，如何組合適當整治工法，防止地下水位抬升，搶救地滑發生，再從中學習各種工法組合之效益。



圖 3-1(a)實際模型照片

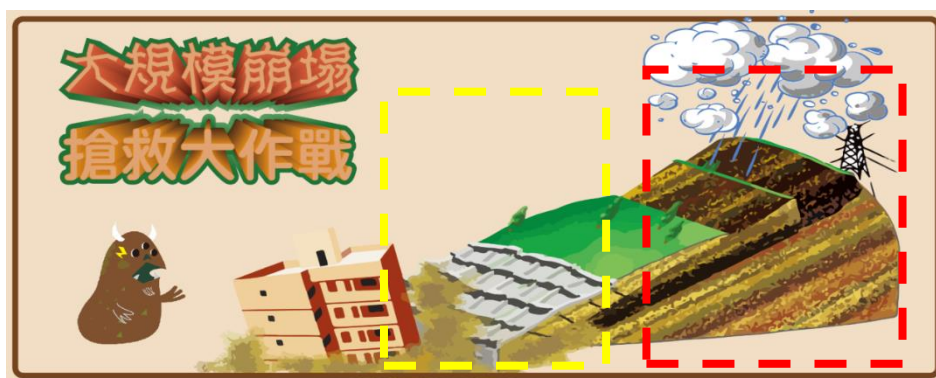


圖 3-1(b) AR 掃描位置(黃色區域撥放工法照片、紅色區域撥放
崩塌影片)

四、教具操作注意事項說明

本教具係運用沉水式馬達，模擬降雨情境，此過程會將教具底部方形橘色蓄水桶的水抽至地層中，蓄水桶的水因而減少，此會造成沉水式馬達暴露於空氣中造成空轉，導致抽水馬達因而燒壞，因此教具使用過程中需注意以下幾點狀況：

操作前需先確認蓄水桶之水位是否足夠。

操作過程，需隨時觀察馬達是否暴露於空氣當中。

當模擬超大降雨量時，雨水可能較易濺出於地表，造成水源流失，馬達暴露於空氣當中的風險會大大提高，必要時再補充水於蓄水桶中。

馬達之插座較易被水濺到，使用上需多加小心觸電之發生。

附錄七、教具 DM

內頁：(寬：29.7cm，長：21.2cm)

行政院教育委員會
2018
水土保持酷學校
臺灣海洋大學

大規模崩塌搶救大作戰 互動教具

互動學習
真實感受

降雨情境模擬
地層水壓監測
地層滑動觀察

提供工法套組
思考有效工法
規劃整治策略

建立施工品質
與自主防災觀念

體驗擔任小小
水保工程師之
情境化與脈絡
化學習過程

用心栽培下一代，打造水保新世代

附錄八、教具經費分析

地滑地模型教具製作經費分析				
單位：元				
項目	價格	數量	總價	備註
降雨模擬系統	30,000	1 式	30,000	抽水馬達 3 支 電路與水路系統 三種降雨強度選擇鈕 降雨灑水槽
地層蓄水系統	5,000	1 式	5,000	方形蓄水鐵桶 鐵桶焊接
迴水系統	5,000	1 式	5,000	方型塑膠桶一個 迴水系統架焊接
山坡地 主體模型	50,000	1 式	50,000	山坡地主體架構 坡面植生鋪設與美化 3 個崩塌塊體 地中出水孔製作 4 個運輸輪製作 4 面防水壓克力板
工法套組模型	10,000	1 式	10,000	縱橫向地表排水道 3 個地中排水孔 3 種擋土工法模型
保全對象模型	6,000	1 式	6,000	道路、房子、車子等模 型 保全對象模型板
模型外表美工	4,000	1 式	4,000	模型外表烤漆 地層分布圖印製 地下水位觀察面板 灑水系統左、右與前方 教具內容說明印製
			110, 000	

附錄九、期末聯合審查意見回覆辦理情形

一、計畫編號：107 保發-11.1-保-01-06-001(3)

二、計畫名稱：地滑地搶救大作戰互動教具研發

三、計畫執行機關：國立臺灣海洋大學河海工程學系

四、計畫主持人：許世孟 助理教授

項次	審查意見	回覆辦理情形
一	建議可發展土石流、崩塌、地滑等不同現象之教具以增科普效果。	謝謝委員建議，本計畫目前係以崩塌、地滑地現象觀察為主，教具再加土石流可作為後續計畫研發之參考。
二	可發展便攜帶型教具，作為水土保持防災教育宣導的行動教具。(偏鄉)	謝謝委員建議，攜帶型教具可作為未來計畫研發之重點。
三	本研究為第一款大規模崩塌教具設計極具創新性，可持續推廣及運用，推廣對象也可擴增至一般成人，讓民眾了解何謂大規模崩塌。	謝謝委員建議，本計畫教具參與大局推廣活動也有一般成人參觀，並得到相當程度之回饋，將於日後繼續推廣本計畫教具。
四	水土保持小小工程師培訓 1500 位，與國小合作融入課程。	謝謝委員建議，本教具除了可觀測地滑發生現象外，也具備操作工程治理效益量化之模組，與國小合作融入教學課程，將可達到培訓水土保持小小工程師目的。
五	如何永續？如何與國小課程整合？	本計畫開發出來的教具，目前已與基隆信義國小(全校學生約 1500 名)進行教具永續使用之合作，協助該校完成高年級 50 位小小種子工程師培訓工作，後續將由這些小朋友擔任志工，對低年級同學進行解說服務。另外，本計畫也於該校培訓 35 位教師，並提供其相關教案參考手冊，可整合於該校自然課程當中。
六	商品化此教材是否可行？	本計畫所開發的教具已於國內大型展覽活動進行展示，並有 3500 人次參觀紀錄，已屬商品化之潛力產品，如再將教具進行模組化設計，教具價格可大幅再降低，更可擴散其使用性。
七	科普應包含水保工程、自主防災等觀念。	謝謝委員建議，相關科普知識觀念本計畫已於成果報告書中第三章第三節地滑地模型建置成果此章節呈現，於教具模型上涵蓋水保抑制與抑止工程、各工法自主配置模組等設計，應可將科普效果發揮最大化。

八	本案嘗試用土木觀點切入水保防災的具體作法，其由 STEM 元素為問題出發點，設計出模型、AR/VR/遊戲的方式來推動一些酷學校推廣，成功地將水保需要知識轉換成民眾/小學生可接受的資訊。	謝謝委員肯定。
---	--	---------