

營建科技教學活動設計－橋樑構造教學示例

林財世

高雄師大工業科技教育學系教學碩士班研究生

壹、前言

隨著科技的進步，人類建造橋樑的技術與日俱增，橋樑的建材種類也不斷地被開發運用，從早期由石塊、木頭或磚塊所構築之橋，乃至今日的鋼筋混凝土橋、鋼橋或鋼索懸吊橋等。而現今我們常見的大型橋樑大都採用具創意的造型和先進的施工技術，不僅利用鋼材構造或是採用混合型式的材料來建構橋樑，在造型上更結合了力與美，呈現出萬千的氣象，使得橋樑除具備交通運輸功能外，還兼具藝術景觀的功能。因此，一座兼具力與美的橋樑工程，一方面可以形成四通八達的運輸網路，縮短跨越兩地的時間與空間；另一方面也成為地方上代表性的地標，甚至是一個國家富庶繁榮與進步的指標。

橋樑的形式通常概分為：樑橋(beam)、拱橋(arch)、吊橋(suspension)、懸臂橋(cantilever)和斜張橋(cable-stayed)等五種，而一座橋樑可以是其中一種或兩種以上的結合。橋樑的建造過程，從勘探、設計、施工、建造到架設建構，均需考量諸多的因素。除了要克服跨越各種地形的障礙、計算跨越這些阻礙所需的橋樑長度外，還必須考慮橋樑本身的垂直載重和其他各項作用力的影響。此外，風力、水力、溫度以及橋樑的交通流量等，也都需要納入考慮。

在九年一貫的課程中，生活科技之學習應以探究和實作的方式來進行，強調手腦並用，以活動導向為主，並兼顧設計與製作。本教學活動設計理念，即是希望學生藉著參與本活動，能練習資訊搜集與探究的能力，並培養合作的觀念。藉由橋樑資料的搜集、整理與觀賞 Discovery「偉大橋樑」教學 DVD 影片，讓學生能認識橋樑的演進過程和發展史，並透過搭拱橋教學活動的進行，以了解拱橋的原理和構造形式，進而建立學生的科技素養、了解營建科技的範疇與培養小組分工合作的精神。

本教學活動設計緊扣著生活科技活動的精神，重視「科技探究」、「動手做」和「做中學」，讓學生從實際動手搭拱橋的過程中實踐知能理論，並得到學習的樂趣，進而達到自我肯定的目標。

貳、教學活動：橋樑構造教學設計

叁、教學時間：6 節

肆、適用對象：國中二年級

伍、教學目標

- 1.使學生瞭解橋樑的種類、建構材料、演進及發展趨勢。
- 2.使學生認識橋樑的形式和結構體。
- 3.培養學生資料蒐集分析及分享知識的能力。
- 4.使學生瞭解力與美的原理及轉換。
- 5.使學生能學習團隊合作的精神。
- 6.透過實際操作，培養動手做、做中學的學習，培養解決問題的能力。

陸、分段能力指標

- 4-2-1-1 了解科技在生活中的重要性。
- 4-3-2-1 認識國內外的科技發明與創新。
- 4-4-1-3 瞭解科學、技術與工程的關係。
- 4-4-2-2 認識科技發展的趨勢。
- 8-4-0-2 利用口語、影像（如攝影、錄影）、文字與圖案、繪圖或實物表達創意與構想。
- 8-4-0-3 了解設計的可用資源與分析工作。
- 8-4-0-4 設計解決問題的步驟。

柒、教學資源與材料

1.教學媒體：

筆記型電腦、單槍投影機、樑橋結構的 PowerPoint 教學檔案、Discovery®【偉大的橋樑】教學 DVD 影片、認識橋樑學習單(自製)、數位相機。

2.材料：

木條（10mm×20mm×400mm）×40 枝 ×組別。

捌、教學活動

活動一：認識橋樑（四節課）

節數	活動內容		備註
	教師活動	學生活動	
0	1.課程準備、材料請購 2.設計學習單、教學簡報、教學活動海報	1.請學生尋找橋樑的相關資料或上網搜尋 2.將資料整理成書面報告，上課時繳交。	*教師應提前告知同學回家找尋資料
1	1.簡介營建科技 (10 分鐘) 2.介紹各種橋樑的形式和建構材料 (10 分鐘) 3.說明運輸與橋樑的關係，使學生瞭解橋樑建築的重要性 (5 分鐘) 4.引導學生分享所蒐集的橋樑資料與資訊 (20 分鐘)	1.注意聽講並做筆記 2.討論與分享 3.繳交書面報告。	
1	1.利用 PowerPoint 簡報講解橋樑的各種形式、及其橋樑結構體的張力、壓力、支撐反作用力 (25 分鐘) 2.探討與說明 (20 分鐘)	1.注意聽講並做筆記 2.討論與分享	科學領域概念： 1.能量形式轉換 $W=F \times S$; 2.力的支撐原理 $F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$
2	1.播放 Discovery®【偉大的橋樑】教學 DVD 影片(片長約 50 分鐘) 2.教師歸納總結，與學生互動討論並分享心得 (10 分鐘) 3.發放學習單，請同學針對此次活動課程的上課內容，來做學習單的填寫。(30 分鐘) 4.解說下一堂課，所要進行之活動內容(搭拱橋)。	1.專心聽講、做筆記 2.觀賞偉大的橋樑 DVD 影片 3.填寫【偉大的橋樑】學習單 4.討論與分享	*DVD 影片:為協和國際多媒體公司所出版 *學習單如附錄一

活動二：拱橋大挑戰（二節課）

節數	活動內容		備註
	教師活動	學生活動	
1	1.教師將學生分組，約 4~5 人一組。(5 分鐘) 2.教師發放搭拱橋材料~木條，每組先分配 40 枝木條。(5 分鐘) 3.教師利用教學活動海報，講解活動內容，使學生了解拱的原理和搭拱橋的教學活動的競賽規則、評分標準。(25 分鐘) 4.教師示範以木條搭拱橋，並發放每位同學一張搭拱橋操作步驟單。(10 分鐘)	1.小組分組，並選小組長一名。 2.注意聽講並做筆記。 3.學生根據教學海報或搭拱橋操作步驟單來進行搭拱橋競賽。 4.小組成員討論分工和研究如何進行搭拱橋	* 搭拱橋操作步驟單如附錄二
1	1.小組開始進行搭拱橋的教學活動。(20 分鐘) 2.各小組完成作品後，先測試拱橋是否牢固、平穩。(5 分鐘) 3.各小組可以依照搭拱橋的原理，來調整和補強拱橋木條的強度和造型。(5 分鐘) 4.完成搭拱橋作品 5.成果分享與解說(15 分鐘) 6.教師檢視學生作品，進行評量 (10 分鐘) 7.各小組成員與所完成的作品拍照合影留念。 8 教師總結課程	1.小組成員開始動手搭拱橋 2.進行分組競賽活動 3.小組相互評分	* 木條若不足的小組，可以向老師領取。 * 準備評分表、小組互評表 * 教師準備數位相機

玖、活動競賽與教學評量

教師可條列出競賽規則、評量標準，來實施教學評量。本教學活動設計則是將認知、情意、技能的評量項目融入學習單和競賽活動評量內，條列如下：

(一)競賽活動

- 1.每組利用所分配的 40 枝木條，來搭一座拱橋。

- 2.小組必須在不使用其他輔助器材下，透過小組成員合作，僅使用木條來搭拱橋。
- 3.各組的拱橋作品，應考慮到橋樑的穩固性、美觀、承載強度。
- 4.各組完成作品後，應計算小組共使用多少數量的木條，教師依照各組所完成的拱橋作品，針對結構整體造型、負載承重來給予評分(教師可利用課本的重量，疊在拱橋作品上來測試，以五本課本為上限)、進行小組互評並填寫互評單。

(二)教學評量

1.認知部份：

- (1)偉大橋樑的學習單填寫。(25%)

2.情意部份：

- (1)上網找尋資料並將蒐集的資料整理分析，完成書面報告(10%)。
- (2)學生參與活動的學習態度和課堂參與分享討論 (10%)。
- (3)小組成員合作分工的情形 (5 %)。

3.技能部份：

- (1)是否在規定時間內完成用木條搭成橋樑(拱橋) (15%)?
- (2)針對學生作品拱橋，其結構性、造型美觀、承載負荷來給予評分。(15%)
- (3)小組自評互評的結果。(20 %)

拾、本活動之建議

- 1.學生收集橋樑資料的書面報告，教師最好能夠將報告的格式作一規範和解說。
- 2.本教學活動的進行，若學校沒有科技專用教室，建議教師也可以在普通教室實施教學。學生於分組後，可以將普通教室桌椅併桌來進行搭拱橋活動。
- 3.教師於在解說橋樑結構時，可以引導學生去思考與討論，橋樑在遇到什麼狀況下會斷裂？（例如：地震、負荷承載過大、基柱結構受損）；影響橋樑斷裂的因素有哪些？（例如：遇到外來的張力、剪力），透過周遭發生過的實例(例如圖1、2，高屏大橋的斷裂)來說明和解釋。



圖 1 斷裂的高屏大橋(1)



圖 2 斷裂的高屏大橋(2)

4.若時間允許，建議老師可以多增加一節課程，讓學生來進行『搭拱橋的極限挑戰』，將學生分為二～三大組，挑戰木條超過 40 枝的拱橋搭設競賽，讓學生有充裕的時間來完成「大拱橋」，增強學生學習的動力和挑戰性，並於活動後討論分享成果。

拾壹、教學活動過程

(一)資料蒐集與分享



圖 3 同學互相討論研究老師所搭設之拱橋範本和方法

(二)構想發展



圖 4 架構不同結構的橋樑，來測試橋樑的承載負荷

(三)設計橋樑樣式



圖 5 各小組成員依照搭拱橋操作步驟單，發揮創意、分工合作設計橋樑

(四)執行製作



圖 6 小組同學聚精會神，合力架設橋樑作品

(五)評量與發表



圖 7 通過評量測試的喜悅



圖 8 小組成員發表作品與感想

拾貳、結語

生活科技活動本身有它多元學習的意義與價值，學生科技素養的內化是日積月累、新舊經驗交織而成的。課程設計融入「科技探究」、「動手做」和「做中學」的教學策略，乃是生活科技最重要的精神，也是每一位教師在授課前，應具備的教學能力。因此，引導學生在學習過程中，除了在科技領域獲取知識外，更要與生活經驗作一結合，才能成為有用的知識。

參考書目

李淑珺譯 (2003)：巧奪天工-世界偉大建築巡禮。台北：秋雨文化事業股份有限公司。

曾瑞蓮、謝鐵惠(1999)：科技教育活動示例彙編。高雄：國立科學工藝博物館。

蔡雅雯編(2003)：自然與生活科技學習領域研習手冊。台北：教育部。

劉柏宏譯 (1988)：結構系統。台北：科技圖書股份有限公司。

盧昭蓉、蘇芳儀編（1998）：中華科技學習讀本。高雄：國立科學工藝博物館。

【附錄一】



Discovery® 【偉大的橋樑】學習單

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

一、請畫出以下各種橋樑的結構(“影片中出现”或“你已知道的”均可)?

拱 橋	桁架（懸臂）橋
吊 橋	斜張橋

二、是非題

- () 1、現在新造的所有大橋，在建造時都會評估風力造成的影響。
- () 2、在日本建造的橋樑，一般會較歐美國家顯得輕巧。
- () 3、薄桁架路面較中空桁架容易受風力影響。
- () 4、鹽分會腐蝕鋼筋水泥的結構及補強材料。
- () 5、台灣建築橋樑的自然條件與日本比較相似，與英美大部份的地區不同。
- () 6、紐約布魯克林橋已存在超過“一百年”的時間。
- () 7、奧勒岡州新灣河橋採取新施工法主要是經濟（節省經費）的考量。

- () 8、斜張橋主要承受力量的部份是”橋塔”。
- () 9、阪神大地震後，日本明石海峽大橋設計與施工重新做了評估與修正。
- () 10、相對於其他結構，吊橋在結構上適合用於大跨距。
- () 11、舊金山金門大橋已毀於十餘年前芮氏七點一級的加州大地震中。
- () 12、日本明石海峽大橋測試及施工的時間超過二十年。

三、選擇題：

- () 1、吊橋主要承受力量的部份是 (A) 橋塔 (B) 橋柱 (C) 兩側橋墩 (D) 橋面。
- () 2、華盛頓州他科馬海峽大橋毀於 (A) 潮水 (B) 風力 (C) 颱風(颶)風 (D) 本身重量。
- () 3、紐約布魯克林橋的”橋塔”使用的材料是什麼？(A) 石材 (B) 鋼筋水泥 (C) 鋼骨 (D) 合成材料。
- () 4、粗壯的桁架(懸臂)橋最早的代表作是 (A) 加拿大魁北克橋 (B) 紐約布魯克林橋 (C) 奧勒岡新灣河橋 (D) 蘇格蘭福思河鐵軌橋。
- () 5、日本何種自然現象對橋樑構成嚴峻的考驗？(A) 颱風 (B) 雨量 (C) 季風 (D) 以上均是。
- () 6、解決日本明石海峽大橋超高橋塔上下固定不動，卻中間搖晃問題的方法是 (A) 加強桁架 (B) 逆向擺錘 (C) 斜向與縱向的交錯鋼索 (D) 超大水泥支柱。
- () 7、日本明石海峽大橋最出色的驚人成就是 (A) 最美觀 (B) 橋塔最高 (C) 跨距最大 (D) 跨越斷層。
- () 8、何者是日本明石海峽大橋多年評估也疏忽的項目？(A) 中段搖晃 (B) 地震強度 (C) 斷層位置 (D) 橋面受風。
- () 9、何種橋樑是短跨距時最常見的結構？(A) 拱橋 (B) 吊橋 (C) 桁架橋 (D) 斜張橋。
- () 10、橋樑的主要作用是 (A) 都市地標 (B) 提供安全可靠的通道 (C) 設計師一展長才 (D) 結構力學實驗。

() 11、現今全世界最高且最長的”吊橋”是(A)舊金山金門大橋(B)紐約布魯克林橋(C)日本明石海峽大橋(D)華盛頓州他科馬海峽大橋。

() 12、首座使用強化鋼材的流線型大橋是(A)紐約布魯克林橋 (B)曼哈頓華盛頓橋 (C)舊金山金門大橋 (D)日本明石海峽大橋。

※答案欄 是非題

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
答案												

※ 答案欄 選擇題

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
答案												

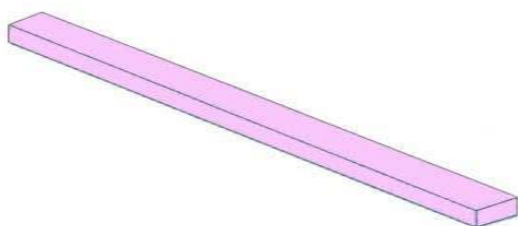
四、影片中令你(妳)印象最深刻的畫面是……

五、你(妳)能舉例一座台灣境內的橋樑嗎？它是什屬於什麼形式？有什麼特色？

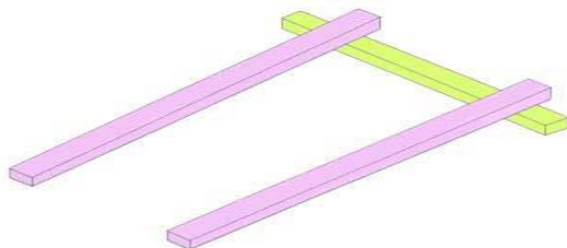
【附錄二】教學活動海報

※ 搭拱橋的操作步驟單

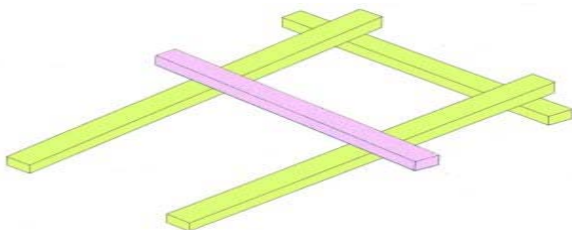
【步驟 1】取一木條平置於地面或桌面



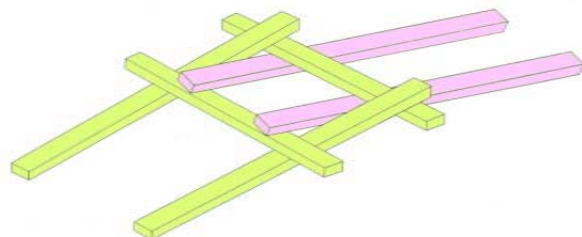
【步驟 2】另取二根木條以水平方式置於先前木條之上方(需與原木條保持垂直)。



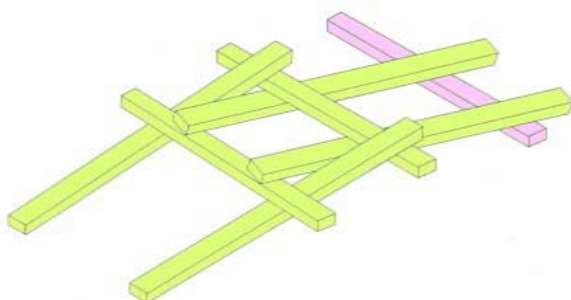
【步驟 3】再取一木條置於水平木條之中間上方。



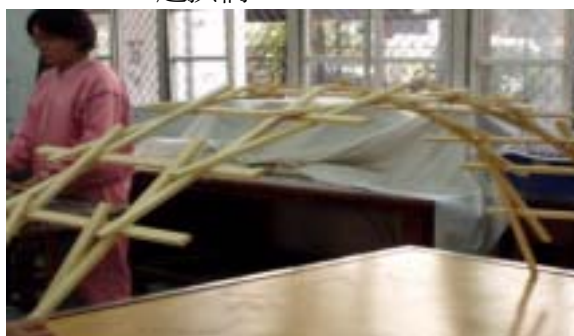
【步驟 4】抬起右側垂直木條後，將另二根木條如圖示插入放置



【步驟 5】再取一根木條置於步驟 4 新搭木條右端下方。



【步驟 6】重複進行步驟 4 與步驟 5,即可搭起拱橋。



(* 教師可將此步驟表做成『搭拱橋操作步驟單』，每位學生一人一張來進行活動)

【附錄三】教學活動相關表件

表一 小組成員分組表

班級：____年____班 組別：_____活動名稱：_____

職稱	座 號	姓名	工作職掌
組長			
組員			
組員			
組員			
組員			
組員			
組員			

表二 小組自評互評表

班級：____年____班 組別：_____組員座號：_____

※計分方式：小組評分，依每一項目分別給分，最高為10分，最低 1分。

組 別	拱橋是否完成、是否穩固(10分)	拱橋外觀、承載(10分)	合計	小組優缺點、評鑑得分說明與建議
第一組				
第二組				
第三組				
第四組				
第五組				
第六組				
第七組				
第八組				

(橋樑承載負荷的測試，教師可以準備一些課本備用，小組成員亦可用生活科技課本來測試)