

營建科技活動單元—懸索橋

林珍瑩

前言

九年一貫的課程中，生活科技與自然已結合成為一個學習領域，本活動即朝向結合自然與生活科技的教學目標而設計，本單元預期讓學生達成以下能力指標：（括弧中為九年一貫基本能力指標編號）

- 一、了解科學、科技與數學的關係（基本能力指標 4-4-1-1）
- 二、了解科技與科學的關係（基本能力指標 4-4-1-2）
- 三、了解科學、科技與工程的關係（基本能力指標 4-4-1-3）

一、適用對象：國中一年級

二、教學時數：8 節課（8 小時）

三、活動場景

日常生活中常見的橋樑可分為桁架橋（樑式橋）、拱橋、懸索橋（如吊橋、斜張橋），而其中又以懸索橋最為節省材料，因此將就懸索橋的特性，設計一個能承載的懸索橋，並將測試懸索橋的載重功能。

四、具體目標

本活動所要達成之具體目標如下：

1. 了解基礎結構力學。
2. 認知懸索橋基本結構。
3. 安全正確的使用機具及材料。
4. 將上課所學及網路上資料運用於設計中。
5. 從網路上蒐集相關資料。
6. 發揮團隊精神設計、製作懸索橋模型。
7. 透過實際操作培養動手做的精神。
8. 欣賞自己及其他組別的優點。

五、重要概念

1. 圖學—製圖能力（科技）

2. 鋸切、鑽孔、砂磨、組裝等製作技術能力（科技）
3. 電腦操作能力（科技）
4. 設計能力（科技）
5. 運用材料規劃能力（科技）
6. 橋樑的結構（科技）
8. 基本運算能力（數學）
9. 結構力學（科學）

六、機具與材料

表 1 機具與材料表

(一)機具表			
名 稱	規 格	數 量	備 註
剪刀		1 支/組	學生自備
熱熔槍		1 支/組	學生自備
線鋸（線鋸機）		1 支(台)/組	學生自備
手搖鑽（手電鑽）		1 支/組	附金工鑽頭 ϕ 1mm
電腦		3 支/組	可以上網
(二)材料表			
名 稱	規 格	數 量	備 註
白木（角材）	1.2cm × 1.2cm × 180cm	1 支	學生自備
白木（角材）	0.6cm × 0.9cm × 180cm	12 支	學生自備
漆包線	學生自行選擇	學生自定	學生自備
洋眼		20 個	學生自備
熱熔膠		學生自定	學生自備
白膠		學生自定	學生自備

七、活動流程

節數	教師活動		學生活動
2	1. 講解橋樑基本結構		聽講、做筆記
	2. 講解懸索橋基本結構及簡單結構力學		聽講、做筆記
	3. 講解造橋遊戲軟體，讓學生體認橋樑結構，並從網路上蒐集相關資料		小組討論、實際操作
1	4. 講解活動內容及限制		聽講、做筆記
	5. 導引學生設計		小組設計模型
4	6. 示範工具、材料使用		聽講、做筆記
	7. 導引學生製作		小組製作、測試模型
1	8. 作品評鑑—參照評鑑項目		欣賞作品、發表作品

八、評鑑項目

1. 橋樑設計的創意與美觀（造型、黏接點、橋塔及橋面結構……）。
2. 是否讓材料達到最大效用。
3. 載重測試—靜態測試及動態測試。
4. 學習報告是否記錄詳實。
5. 是否發揮團隊合作精神。
6. 成品是否與設計圖相符。

九、條件限制

1. 橋樑結構用 1.2cm × 1.2cm × 180cm 白木及 0.6cm × 0.9cm × 180cm 白木組成，總重不超過 450g（在測試前秤重）
2. 橋樑跨距 ≥ 120cm（兩端橋台之間的距離最少為 120cm）
3. 橋面寬度 10cm（以 0.6cm × 0.9cm × 180cm 白木組成）
4. 橋面與橋台搭接長度為 5cm。
5. 橋面與地面相距 15cm。
6. 一律使用熱融膠或白膠做接合，懸索材料採用漆包線。

十、教學資源

1. 造橋遊戲軟體一：the West Point Bridge designer 4 (可下載) 下載網站：<http://bridgecontest.usma.edu/download.htm> 簡介：請見附錄四。
2. 造橋遊戲軟體二：spant-it (可下載) 下載網站：<http://www.bechtel.com/buildingMinds/spanGame.html> 簡介：請見附錄四。
3. 造橋遊戲遊戲三：build a bridge (線上遊戲) 連結網站：<http://www.pbs.org/wgbh/nova/bridge/build.html> 簡介：請見附錄四。
4. 國立中央大學土木工程學系，橋樑工程研究中心。見：<http://www.cv.ncu.edu.tw/Civil/cber/index.html> 簡介：有各式橋樑的介紹，包含橋樑的結構、施工、修補等知識，另有各式橋樑圖片可供欣賞。
5. 台北縣政府—讓我們看橋去。見：http://163.29.155.22/BMIS_internet/ 簡介：介紹橋樑的歷史以及台北縣各個橋樑及所在的河川。另有台灣及日本橋樑圖片可供欣賞。

十一、活動建議

1. 在載重部份可利用現有資源，如體育室的啞鈴。
2. 在靜態測重部份，應注意橋的兩端同時施重，受力不均易造成橋樑斷裂。
3. 漆包線過度彎曲易斷，建議使用吊橋中纜繩纏繞方式。

參考文獻

國立中央大學土木工程學系，橋樑工程研究中心。見：<http://www.cv.ncu.edu.tw/Civil/cber/index.html>

NOVA ONLINE Super Bridge. 見：<http://www.pbs.org/wgbh/nova/bridge/>

台北縣政府，讓我們看橋去。見：http://163.29.155.22/BMIS_internet/

吳千華等 (民87)，生活科技第一冊。台南：南一。

曾敏雲 (民89)，「可開橋面」的跨海大橋。生活科技教育，33 (5)，31-40。

蔡俊鏡 (民88)，斜張橋。台北：科技圖書。

黃夢平 (民77)，橋樑建築。台北：明文。

※附錄參見第 22-28 頁。

(作者現為台灣師大工技系碩士班研究生)

附錄一 活動記錄表

橋樑工程師

一、問題澄清

1. 老師所給的問題是什麼？

2. 老師所給的資源和限制是什麼？(請詳細列出符合要求之項目)

a. 時間限制： 年 月 日開始至 年 月 日完成

b. 評鑑標準：

c. 條件限制：

d. 材料限制：

二、分析問題

1. 有哪些方法可以增加橋樑的結構強度？

2. 如何加強並穩固懸索（漆包線）的承載力？

3. 分析資源：(請詳細列出)

a. 這項作業需要哪些材料？

b. 這項作業需要哪些工具、機器、設備等？

c. 這項作業需要收集哪些資料？

三、問題解決程序預估

列出完成作業所需進行之工作項目：

構想草案及草圖（至少三個，可翻面再繼續）

說明部份請預估材料數量、橋樑結構是否能夠符合總重要求，以及可能遇到的困難

草 圖	草 案 說 明
草案__提出日期： 年 月 日 提出構想者座號：____	能在限定時間內完成嗎？
	能達到評鑑標準嗎？
	能符合條件限制嗎？
	結構強度符合需要嗎？
	實行此草案可能會遇到的困難？
草案__提出日期： 年 月 日 提出構想者座號：____	能在限定時間內完成嗎？
	能達到評鑑標準嗎？
	能符合條件限制嗎？
	結構強度符合需要嗎？
	實行此草案可能會遇到的困難？
草案__提出日期： 年 月 日 提出構想者座號：____	能在限定時間內完成嗎？
	能達到評鑑標準嗎？
	能符合條件限制嗎？
	結構強度符合需要嗎？
	實行此草案可能會遇到的困難？

設計圖（請由構想草案中挑選出最符合要求的構想，說明選擇原因，並在設計圖中標示各部位的尺寸）

本組認為草案_____為最佳構想，因為

- 1. _____
- 2. _____
- 3. _____（空間不夠可寫在背面）

本組所建造的橋樑命名為_____，設計圖如下所示。

設計圖（請用尺畫及標示尺寸） 提出日期： 年 月 日 參與設計者座號：
--

在設計與製作懸索橋模型的過程中，是不是有遇到問題呢？請分別寫下來。

- 問題一：_____
- 解決方法：_____
- 問題二：_____
- 解決方法：_____
- 問題三：_____
- 解決方法：_____

材料及工具需求

根據設計圖，預計所需用到的材料及工具填列下表。

編號	名稱	規格	數量	用途	負責人
1					
2					
3					

工作步驟

根據設計圖，將工作步驟、工作內容及所需工具與材料填在下表。

編號	工作內容	所需工具及材料	負責人
A			
B			
C			

附錄二 評鑑表（學生用）

Part 1 組內評量

一、本組所完成的懸索橋有哪些特色？趕快寫下來分享給大家知道吧。

1. _____
2. _____

二、本組的懸索橋測量結果如下：（符合要求請在□中打v）

- 橋面高度 = _____ cm
 橋面寬度 = _____ cm
 橋樑跨距 = _____ cm
 橋樑總重 = _____ g
 靜態載重 = _____ 磅
 動態載重 = _____ 磅

三、完成懸索橋模型之後，還有沒有進一步改善空間呢？請把你認為可以讓所做的懸索橋更好的建議寫下來。

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

本組懸索橋照片

Part 2 組間互評

四、在看了及聽了別組的報告，是不是想要讚美一番，或是想要給點建議呢？請在下面的表格中寫下來。

組別	優 點	建 議

Part 3 個人評量

五、經過了這次活動，你是不是得到不同的心得呢？是不是有些事不吐不快？通通寫下來吧！

附錄三 活動評分表（參考表格）

組別：_____

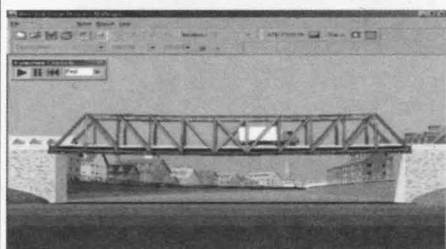
領域	評分項目	得分	備註
認知	設計是否符合懸索橋原理		
	設計是否符合要求條件		
	設計是否符合最節省材料原則		
	設計是否有創意		
技能	機具操作是否正確		
	製作是否能依設計圖施工		
	作品是否能達到要求功能		
情意	作品是否美觀		
	團隊精神（小組討論、分工情形）		
	確實記錄活動過程於活動記錄表		
	維持工作檯面清潔，使用後清掃、工具歸位		
	欣賞他人作品並給予回饋		

小組作品相片

以 100 分為評分標準，分數比重由教師自行調配。

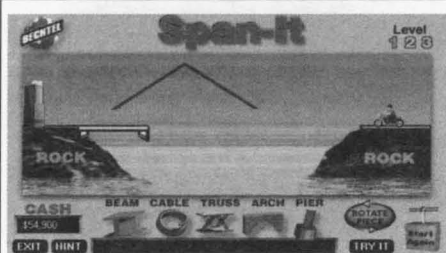
附錄四 造橋遊戲軟體簡介

the West Point Bridge designer 4 (可下載)



簡介：選擇自己想要建造的橋樑種類，設連接點及所使用材料（柱）的粗細，建構好後可測試，要能讓貨車通過才算成功；其中材料的粗細將會影響造價。（生活科技教育月刊 35 卷 5 期 - 「可開橋面」的跨海大橋，有更詳細的解說）

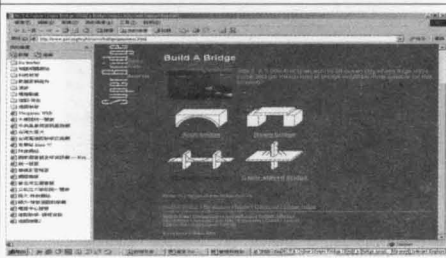
spant-it (可下載)



簡介：有三個 Level，利用有限的金錢購買材料，利用這些材料搭建橋樑，使各 Level 中的交通工具能夠到達彼岸，此軟體供教學用，若有困難可 e-mail，該網站不公開答案，但若為教學需要則會提供解答。

（備註 - 遊戲提示解說皆為英文）

build a bridge (線上遊戲)



簡介：經由各種地形由四種橋樑挑選出最適合此種地形的橋樑，將會有立即的回饋及解說。（可參考生活科技教育月刊 35 卷 5 期 - 「可開橋面」的跨海大橋，有更詳細的解說）

附錄五、活動實作紀錄

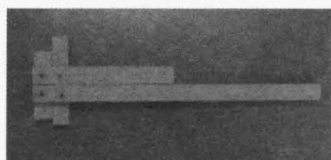


圖 1 橋面切割模具



圖 2 繩索綁法



圖 3 小組討論



圖 4 小組製作



圖 5 線鋸機操作



圖 6 現場修補

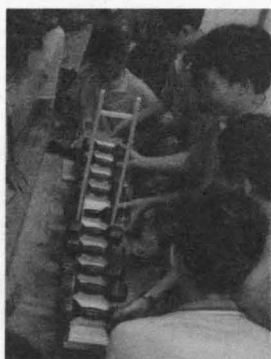


圖 7 靜態測試

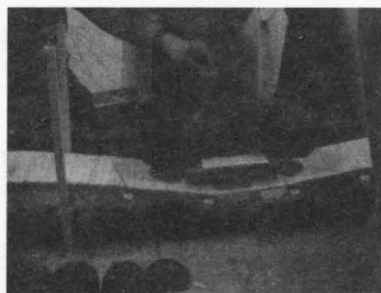


圖 8 動態測試

(感謝麗山國中張銘傑老師以及林平勺老師提供建議以及進行活動實施)