

# 以《布魯克林大橋》繪本進行 STEAM 教學之實踐

## ——我是橋梁建築師

文／劉淑雯、葉惠華

### 前言

自主行動、溝通互動、社會參與是「十二年國民基本教育課程綱要總綱」中提出的三大面向，以核心素養為主軸，希望培養的是孩子能適應現在生活及面對未來挑戰，所應具備的知識、能力與態度（教育部，2018）。

在國際間如火如荼展開的 STEAM 教育，強調跨領域課程、統整各學科知識與技能的教育理念，集結動手做的實踐教育與創客運動，與十二年國教相同強調教育不能只停留在知識階段，應該要培養素養。

筆者任教的藝文課由教師自主安排課程，故想嘗試以 STEAM 教育之內涵來設計藝術課程，藉由跨學科課程設計思維，期待有效提升學生學習態度、主動探索和問題解決的能力，並以改良課程與教學的行動研究來提升自身教學知能，達成十二年國教所強調之素養教育以及「自發、互動、共好」的理想。

十二年國教藝術領域課綱中載明：教材編選應與學生之生活經驗連結，透過真實體驗循序漸進，引導學生學習媒材、技法、構成要素、形式原理、符號概念與藝術鑑賞等知能，並鼓勵學生創意表現與多元思考（教育部，2018）。

任教學校旁有一座天橋正面臨老舊拆除的討論，以此為起點，參照符合 NGSS（美國新一代科學標準）的《Eureka! Grade 3-5 Science Activities and Stories》，所收錄利用科學家傳記繪本引領學童進入科學領域的教案設計，透過生活經驗討論、繪本導讀提問、製作模型等課程活動，企圖讓學生了解「結構和功能」-物體的形狀或結構決定了它的許多特性和功能，透過橋梁力學的討論，認識自然領域中的「力與運動」，並運用多元的技法來設計思考進行藝術創作，以及認識女性科學家和科學家堅持到底的特質。

### 壹、教學目標與活動

因應我國十二年國民基本教育課程綱要之素養、跨領域課程設計的需求，本次教學活動參考《Eureka! Grade 3-5 Science Activities and Stories》(Donna Farland Smith、Julie Thomas,2018)中的《Scientists and Engineers Are Persistent-

Learning About John Roebling》內容進行 STEAM 教學設計，透過繪本閱讀與實作過程，認識科學家的堅持不懈的精神與橋梁構造與力學。

### 一、教學對象與目標

國外該教案原對象為國小三至五年級之學生，而本次教學對象為桃園市國小六年級學生，因年紀增長，故針對國外教案進行加深加廣，希望透過此「我是橋梁建築師」課程促進學生彼此合作，相互腦力激盪，運用科學家堅持不放棄的精神挑戰能承重的橋樑設計。

本課程所選定的繪本為科學家傳記家繪本《The Brooklyn Bridge: The story of the world's most famous bridge and the remarkable family that built it.》，內容描述羅布林一家為了建造布魯克林大橋所遭遇的困難與付出的心血，以及女性艾米莉·羅布林在其中的貢獻。另利用介紹橋梁工程的知識繪本《哇！驚奇工程知識繪本 4 世界橋梁》製作教師自編講義。

教學目標共有五個：

- (一) 能認識女性科學家
- (二) 能說明「堅持不懈」的人格特質
- (三) 能了解基礎橋梁構造
- (四) 能了解橋樑力學
- (五) 創造一座能承重二公斤的紙製模型橋

表 1. 「我是橋梁建築師」課程核心素養

領域	核心素養項目	核心素養具體內涵
自然	A2 系統思考與解決問題	自-E-A2 能運用好奇心及想像能力，從觀察、閱讀、思考所得的資訊或數據中，提出適合科學探究的問題或解釋資料，並能依據已知的科學知識、科學概念及探索科學的方法去想像可能發生的事情，以及理解科學事實會有不同的論點、證據或解釋方式。
	A3 規劃執行與創新應變	自-E-A3 具備透過實地操作探究活動探索科學問題的能力，並能初步根據問題特性、資源的有無等因素，規劃簡單步驟，操作適合學習階段的器材儀器、科技設備及資源，進行自然科學實驗。

領域	核心素養項目	核心素養具體內涵
	C2 人際關係與團隊合作	自-E-C2 透過探索科學的合作學習，培養與同儕溝通表達、團隊合作及和諧相處的能力。
藝術	A2 系統思考與解決問題	藝-E-A2 認識設計思考，理解藝術實踐的意義。
	C2 人際關係與團隊合作	藝-E-C2 透過藝術實踐，學習理解他人感受與團隊合作的能力。
	C3 多元文化與國際理解	藝-E-C3 體驗在地及全球藝術與文化的多元性
數學	A2 系統思考與解決問題	數-E-A2 具備基本的算術操作能力、並能指認基本的形體與相對關係，在日常生活情境中，用數學表述與解決問題。
	B3 藝術涵養與美感素養	數-E-B3 具備感受藝術作品中的數學形體或式樣的素養
語文- 國語文	A2 系統思考與解決問題	國-E-A2 透過國語文學習，掌握文本要旨、發展學習及解決問題策略、初探邏輯思維，並透過體驗與實踐，處理日常生活問題。
	C2 人際關係與團隊合作	國-E-C2 與他人互動時，能適切運用語文能力表達個人想法，理解與包容不同意見，樂於參與學校及社區活動，體會團隊合作的重要性。

表 2. 「我是橋梁建築師」課程與 12 年國教議題融合

議題	學習主題	學習內涵
性別平等	性別角色的突破與性別歧視的消除	性 E3 覺察性別角色的刻板印象，了解家庭、學校與職業的分工,不應受性別的限制。
	性別權益與公共參與	性 E8 了解不同性別者的成就與貢獻
閱讀素養	閱讀的歷程	閱 E1 認識一般生活情境中需要使用的，以及學習學科基礎知識所應具備的字詞彙。
		閱 E3 熟悉與學科學習相關的文本閱讀策略

議題	學習主題	學習內涵
		閱 E7 發展詮釋、反思、評鑑文本的能力
	閱讀的態度	閱 E13 願意廣泛接觸不同類型及不同學科主題的文本
品德	品德核心價值	品 EJU4 自律負責

表 3. 「我是橋梁建築師」課程與 SDGs 的連結

SDG 9：工業化、創新及基礎建設
<p><b>9.1</b> 發展高品質、可靠、永續、具韌性的基礎設施，包括區域以及跨境基礎設施，以支援經濟發展和提升人類福祉，並聚焦提供所有人可負擔且公平的管道。</p>

## 二、活動設計

本課程採 6E 教學模式，以 6 個層次實施。授課時間共 400 分鐘（10 堂課）。

### (一) 參與：橋梁在哪兒？（授課時間：30 分鐘）

學生分享曾走過的橋樑經驗，透過生活周遭的橋樑討論橋梁的功能性。

#### 1. 教師提問：

- (1) 生活中曾看過、走過哪些橋？長什麼模樣？
- (2) 認一認照片裡的橋在哪裡，並說出功能性（參看圖 1）

#### 2. 小組討論與發表：

橋有哪些形式與材質？（參看圖 2）

#### 3. 教師統整：

橋的形式與材質，與搭建地點、功能有相關性。



圖 1. 本校附近的橋樑



圖 2. 桃園在地橋梁

## (二) 探索：橋梁好難蓋？（授課時間：50 分鐘）

閱讀繪本《The Brooklyn Bridge: The story of the world's most famous bridge and the remarkable family that built it.》，探索布魯克林大橋製作過程中所遭遇的困境與解決方法，體會工程師堅持不懈的精神。

### 1. 繪本導讀

約翰·羅布林提議要蓋一座橫跨東河的橋，但大多數人認為這是不可能的；當他完成設計稿並成功說服投資人時，他卻去世了。兒子華盛頓·羅布林接手布魯克林大橋的建造，遇到投資人的不信任、工人陸續死亡、沉箱病導致癱瘓等打擊。華盛頓的妻子艾米莉·羅布林接手橋梁建造，卻因女性身分受到質疑。他們陸續解決了施作工人、纜繩斷裂等其他困境，直到 1883 年通車，共花了十四年建造。

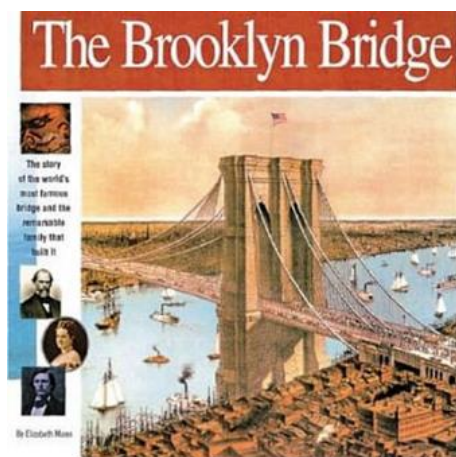


圖 3. 本課程之科學家傳記繪本封面

2. 提問（競賽制，兩兩 PK，速度快者勝）：（參看圖 4）
- (1) 1883 年開通，連接紐約曼哈頓和布魯克林之間的橋，名稱是？
  - (2) 在約翰·羅布林的橋樑設計中必須解決哪些挑戰（設計問題）？
  - (3) 你認為華盛頓·羅布林為什麼要接管布魯克林大橋的建設？
  - (4) 當華盛頓·羅布林患沉箱病時發生了什麼？
  - (5) 你認為艾米麗·羅布林在完成施工過程中面臨哪些挑戰？
  - (6) 羅布林是如何解決尋找願意在橋上做電纜工作的人的問題的？
  - (7) 羅布林是如何確保布魯克林大橋安全的？
  - (8) 羅布林是如何確保布魯克林大橋美麗的？
  - (9) （2 分題）羅布林家族因建布魯克林大橋遭遇重重困難，其中你印象最深刻的是什麼困難？怎麼解決？
  - (10) （2 分題）你覺得羅布林一家人具有科學家的哪一種精神？



圖 4. 學生進行提問競賽

### 3. 教師統整

- (1) 約翰·羅布林認為懸索橋是他的橋樑項目的最佳解決方案。
- (2) 艾米莉·羅布林遭受的困境，與女性身分的關聯。
- (3) 堅持不懈的精神：儘管有障礙或警告，仍能持續做某件事。

#### (三) 解釋：橋樑五大力（授課時間：60 分鐘）

小組利用課桌椅、塑膠鎖鍊、衣架與紙板搭建吊橋，並討論橋樑重要結構與其所承受的力。

#### 1. 搭建模型：（參看圖 5）

選擇 3 位學生，利用椅子、繩索、曬衣架、紙板搭建懸索橋，並分段測試橋樑模型的強度。其餘同學觀察橋樑變化。



圖 5. 搭建吊橋

#### 2. 小組討論與發表：（參看圖 6）

- (1) 橋梁會承受哪些方向的力？
- (2) 這些力對橋樑會產生哪些影響？
- (3) 橋樑基柱的穩定度與橋樑耐重度有何關聯？

### 3. 教師統整

介紹張力、壓力、扭力、剪力及彎曲應力，五種橋梁需承受的力。

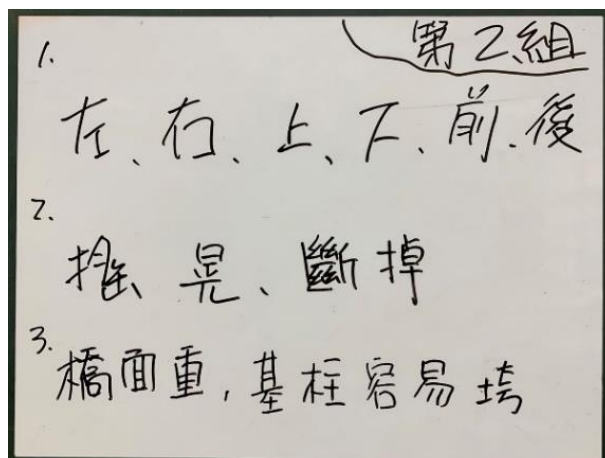


圖 6. 學生討論的答案

### (四) 策畫／實作：橋梁六大款（授課時間：20 分鐘）

學生閱讀擷取自繪本《哇！驚奇工程知識繪本 4 世界橋梁》的教師自編講義，討論不同形式的橋樑對力的承受度。教師示範比較相同材質下，橋的形式對力的承受度。

#### 1. 自學講義：

學生閱讀講義

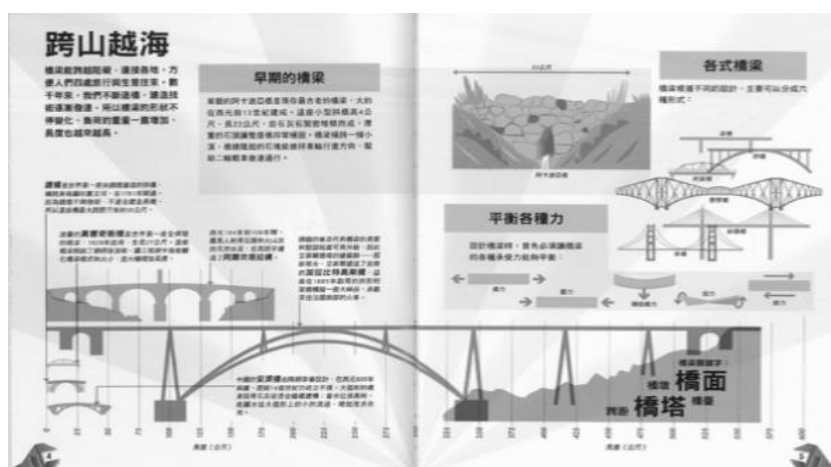


圖 7. 自學講義，取自《哇！驚奇工程知識繪本 4 世界橋梁》第 4、5 頁。

2. 小組討論與發表：

- (1) 布魯克林大橋是哪兩種的綜合體？吊橋＋斜張橋
- (2) 橋梁材質與橋梁長度有無影響？
- (3) 橋梁型式與橋梁跨距有何關聯？

3. 教師統整：

教師操作自製教具，比較相同條件下，四種橋（梁橋、斜張橋、桁架橋、拱橋）的形式對力的承受度。（參看圖 8）

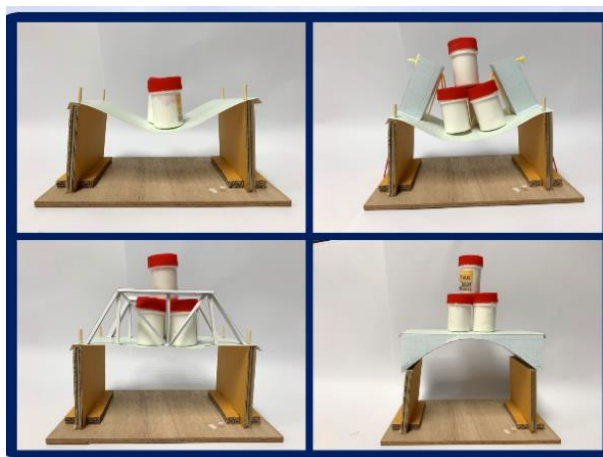


圖 8. 教師自製教具

(五) 深化：橋梁建築師（授課時間：180 分鐘）

依據之前探討出的參考方式，每組搭建紙製橋梁。

1. 欣賞世界橋梁：

教師介紹國外六座具有特色的橋梁。（義大利維里歐橋、英國倫敦塔橋、英國蓋斯黑德千禧橋、法國米約高架橋、新加坡亨德森波浪橋、新加坡雙螺旋橋）



圖 9. 教師自編 PPT

2. 設計發想：

三人一組，學生討論後畫出設計草圖。

3. 實作：

學生利用方格卡紙，製作立體橋梁，兩側橋柱間距至少 15 公分、橋面離地至少 8 公分，並挑戰承重 2 公斤。

- 教師在實作中提供學生形成性反饋，鼓勵學生留意自己的思考策略，而不是在測試跟重測的過程中感到灰心。



圖 10. 學生實作紙製橋梁

(六) 評量：橋梁好棒棒（授課時間：60 分鐘）

作品介紹與分享，用評量表評估學生的作品和觀察結果，並用便利貼來回饋讚美優點：

1. 觀察與預測

學生觀察各組橋梁結構，預測是否能承重 2 公斤，並填寫學生互評評量表。

		六年級 班 號姓名										
		第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	第六組	第七組	第八組	第九組	第十組	第十一組
這座橋梁的型式是... (編號)	拱橋	拱橋	拱橋	拱橋	拱橋	拱橋	拱橋	拱橋	拱橋	拱橋	拱橋	拱橋
	吊橋	吊橋	吊橋	吊橋	吊橋	吊橋	吊橋	吊橋	吊橋	吊橋	吊橋	吊橋
	斜張橋	斜張橋	斜張橋	斜張橋	斜張橋	斜張橋	斜張橋	斜張橋	斜張橋	斜張橋	斜張橋	斜張橋
	桁架橋	桁架橋	桁架橋	桁架橋	桁架橋	桁架橋	桁架橋	桁架橋	桁架橋	桁架橋	桁架橋	桁架橋
懸臂橋	懸臂橋	懸臂橋	懸臂橋	懸臂橋	懸臂橋	懸臂橋	懸臂橋	懸臂橋	懸臂橋	懸臂橋	懸臂橋	
就造型而言，我覺得這座橋的創意與美觀能得幾分？ (1-5 分，整數)	1	2	3	5	4	3	3	5	4	2	3	
我猜測這座橋是否能承重二公斤(○或X) 老師實際測量承重二公斤的結果 (○或X)	X	X	X	○	○	○	○	X	○	○	X	
這座橋成功或失敗的原因是...	橋面太窄	橋面太窄	橋面太窄	橋面太窄	橋面太窄	橋面太窄	橋面太窄	橋面太窄	橋面太窄	橋面太窄	橋面太窄	
這個課程中，我最喜歡的部分(團體)：(團體文章發表會)	3 同學互評並回贈											
	這個課程中，我想對... 說：你數學太優了											
	以及對... 說：老師的活動都好好玩											

圖 11. 學生互評評量表

2. 教師實測

教師利用 2L 寶特瓶、600mL 寶特瓶、300mL 鋁箔包，測量橋梁承重。

### 3. 便利貼回饋

學生填寫便利貼正向回饋給欣賞的組別。



圖 12. 便利貼回饋

本研究課程實施中、後的評量，依評量時機與性能，分為兩種評量：「形成性評量」與「總結性評量」（黃光雄，2002），共有：(1) 知識概念的評量：口頭提問；(2) 過程技能的訓練：實際操作狀況；(3) 學習態度：行為觀察、評定量表、個別晤談；(4) 習得表現：作品與學習單評量。

表 4. 教師用評量表

內容或技能	尚未成熟	起步	發展中	穩健
觀察	學生沒有提供觀察結果	學生列出了一個觀察結果，但沒有將觀察結果與準確的、基於證據的陳述聯繫起來。	學生列出了兩三個觀察結果，但並非所有觀察結果都與準確的、基於證據的陳述相關聯。	學生列出了三個以上的觀察結果，並將所有觀察結果與準確的、基於證據的陳述聯繫起來。
繪圖和插圖	學生沒有畫出設計稿	學生繪畫表明學生無法將他或她的推理與課堂上觀察到的證據聯繫起來	學生繪圖表明學生可以將他或她的推理與課堂上觀察到的證據聯繫起來，儘管繪圖的某些方面可能標記不正確。	學生繪畫表明學生可以將他或她的推理與課堂上觀察到的證據聯繫起來。圖紙的所有方面都正確標記

<b>實作</b>	學生沒有做出紙模型橋	學生做出一個紙模型橋，但結構鬆散脆弱。	學生做出一個紙模型橋，結構穩固，但無法承重 2 公斤。	學生做出一個紙模型橋，結構穩固，且能承重 2 公斤。
<b>小組討論</b>	學生沒有參與討論	學生有參與討論，但並不認真。	學生認真參與討論	學生認真參與討論，並主導、統整小組意見。

## 貳、實施成效

本課程採「滾動式修正」，筆者前後共進行三個班級橋梁實作課程，前述課程設計唯第三個班級完整實施，故實施成效僅以第三個班級來陳述。

本課程教學目標共有五個：1.能認識女性科學家。2.能說明「堅持不懈」的人格特質。3.能了解基礎橋梁構造。4.能了解橋梁力學。5.創造一座能承重二公斤的紙製模型橋。

### 一、女性科學家

學生對艾米莉·羅布林這位女性有深刻的印象。閱讀繪本中，學生對於艾米莉受到性別歧視感到訝異，並佩服她完成了布魯克林大橋的建造。橋梁實作中，筆者聽到有女同學以艾米莉自許。

### 二、「堅持不懈」的人格特質

繪本提問競賽中第 10 題：「你覺得羅布林一家人具有科學家的哪一種精神？」，多數學生能回答堅持、不放棄、努力到底等答案。橋梁實作中，第一組學生因試驗中橋梁無法承受剪力而崩塌全毀，剩餘製作時間僅餘 40 分鐘，明顯不足，其中一位學生說：「我們要像羅布林一樣堅持到底。」運用殘片修補，最後成功撐起 2 公斤。回饋單中多數能體會到「堅持不懈」的特性，例如第 8 組一位成員寫道：「雖然知道橋做出來後可能會塌，但我們一樣堅持要把做一半的半成品做完。」

### 三、基礎橋梁構造

教學中僅將橋梁分橋面、橋墩（橋柱）兩部分，學生能完成紙製模型橋，代表對橋

梁構造有基本認識。課程活動「橋梁六大款」討論時，對於六種橋樑形式中的桁架橋、懸臂橋較為陌生。設計橋梁時，全採用梁橋設計，教師曾建議第 6 組可增桁架橋結構，但學生最後沒有採用。

#### 四、橋梁力學

教學活動「橋梁五大力」中，學生對吊橋的變形很有反應，能仔細觀察吊橋結構與施力方向不同造成吊橋的數種變化，有學生主動說到：「橋柱要蓋穩一點，橋才不容易倒。」。可惜因教室場地空間問題，僅能擇 3 位學童協助教師，無法讓每個學生實際參與搭建。但學生對張、壓、扭、剪、彎曲應力的名詞解釋反應不佳，印象最深的僅有由上往下的壓力和地震所產生的剪力。學生在製作紙模型橋時會自行測試力對橋梁的影響，並進行相對應的調整。

#### 五、紙製模型橋

學生們在教學活動「橋梁建築師」中，學生重新自由分組，每組人數限 3 人以下，有兩位堅持要自己單獨成組，2 人的有 5 組，3 人的有 4 組，全班共分為 11 組。學生在實作過程中均能與同組組員討論，合力解決問題，遇到問題時也能尋求老師協助，單獨成組的 A 同學與同桌的他組同學也能討論，唯 B 同學因實作課程 5 堂課中請假 2 堂課，在製作程度落差之下，有種半放棄的心理狀態。11 組作品中，能成功承重 2 公斤的有 8 組；失敗的 3 組中，有 2 組可承重 0.6 公斤；僅 B 同學的作品承重 0.3 公斤就會變形。

## 六、小結

整體上在教學活動中，學生們大致上都能針對老師的提問給予回應，但在共讀繪本中因篇幅、時間太長而導致部分學生後半段分心，影響教師敘述繪本內容。學生對於科學家的「堅持不懈」的特質能夠直接說出，可知學生能夠理解繪本中的意涵。課程進行時，學生對橋梁力學、紙橋結構與美化等討論熱烈，小組合作氣氛融洽。課程結束後，教師請學生填寫回饋單，多數學生提到「團結合作」、「堅持」等用語，認為此課程十分有趣，回饋給同學的話語多是鼓勵、感謝等正向詞句，例如「加油！我覺得你們都超棒！都有為我們的橋奉獻！感恩」、「我們的橋雖然無法撐住 2 公斤，但我們盡力了，你們已經很棒了」、「雖然有時意見不合，但我們還是完成了」，僅一位有負面回答。有學生在回饋單空白處寫下「我覺得上完這節課後，學到了蠻多的新知識，可以學會怎麼做橋和分辨各種橋，真的很好玩，老師辛苦了！謝謝您！」。整體來說，本課程學生專注力高，互動性高，達成十二年國教所強調之「自發、互動、共好」的理想。

表 5. 作品分享

第 1 組		<p>原設計想利用大象築牆的方式建造橋柱夾層，但工程繁瑣造成製作速度過慢。且在一次試驗中無法承受剪力而崩塌全毀，因剩餘製作時間不足，僅就殘缺部分加以修補、加固。可承重 2 公斤。</p>
第 2 組		<p>圓形橋柱與方形橋面的接合方式並不牢靠，外加兩條橫向 L 型結構試圖補強，造成橋面歪斜卻仍不夠穩固。後來參考斜張橋原理，加裝線材後，成功撐起 2 公斤。橋梁主體完成後，堅持要把橋塔裝上頭髮，形成「巨人抬東西」的意象。</p>
第 3 組		<p>個人組別同學 B 的作品，因請假導致製作時間減少，最後兩堂課中，將之前完成部分全部拆掉，重新仿製教師教具，但因橋面與結合點處理不佳，導致無法承重。教師多次建議改作拱橋，學生卻覺得不熟悉而不採納。</p>
第 4 組		<p>梁橋基本款，因橋面內部結構失誤，承重後橋面會變形，加裝兩側紙片後改善，卻造成橋面離地未達 8 公分高。成功撐起 2 公斤。</p>
第 5 組		<p>個人組別同學 A 的作品，製作過程中與第四組同學互動極高。波浪型橋柱，外加 6 支輔助腳，過程中數次想放棄，因同學和老師的鼓勵堅持下去，最後成為承重最佳的作品。</p>

第 6 組		<p>插梢式梁柱，可調整橋面高低，離完成時間僅剩 10 分鐘仍堅持做橋面美化。雖會微微變形，但仍可承重 2 公斤。</p>
第 7 組		<p>原製作中發現不足以支撐重量，以不斷增加修補結構的方式來加固，重複試驗後終於成功撐起 2 公斤。</p>
第 8 組		<p>規劃上採梁橋與斜張橋結合，卻因橋面製作不良、與橋柱接合點太過薄弱，導致支撐無力，僅勉強承重 0.6 公斤。</p>
第 9 組		<p>非常穩固的橋柱，能承重 2 公斤，但較鬆散的橋面會些微變形。製作快速的一組，花了許多時間來完成馬賽克拼貼畫。</p>
第 10 組		<p>將橋樑發想成飛天獸。橋面結構設計錯誤且鬆軟，接合點設計不佳，用膠帶補強，僅能承重 0.6 公斤。</p>
第 11 組		<p>多次調整橋面結構以求穩固。試圖將梁橋偽裝成吊橋，發現細橋柱變形後才停手。能承重 2 公斤。</p>

我是橋梁建築師 課程回饋	
年 班 號 姓名	
<b>橋梁種類</b>	<b>堅持到底的精神</b>
梁橋	羅布林一家，克服萬難，花了十幾年時間，完成布魯克林大橋。你在這堂課中，有哪些部分和羅布林家族一樣堅持？
拱橋	在建造橋樑時，因為我們是升空橋，
桁架橋	還有橋面，要行車的話，橋面才有什麼關係。
懸臂橋	
斜張橋	
吊橋	
<b>橋梁力學</b>	<b>給同學的回饋</b>
張力	給 4 號、11 號隊友：我們的橋雖然無法完全撐住 200 斤，但我們盡力，你們已經很棒了。
壓力	給 19 號 同學作品：你的作品最厲害，把 200 斤的東西放在上面竟然毫無損壞，真神學！
扭力	
彎曲壓力	
	<b>給葉子的回饋</b>
	這課程中我學到有種堅強的橋，橋是怎麼建成的？我最喜歡這課程的部分是：設計如何建造羅布林大橋的模型。這課程中最困難的部分是：設計如何支撐橋的塔。我怎麼解決？我有幾次失敗，然後選擇橋的型式，就不知道怎麼建了。

圖 13. 學生填寫課程回饋單

## 參、教學省思

### 一、國際視野，在地實踐

閱讀國外教案，欣賞別人是如何藉由繪本閱讀來引導學生培養科學探究能力，吸取其優點以活化自身的課程。將藝文課連結自然科學，讓學生不僅有天馬行空的想像，還多了科學、工程的理性思考。經由「動手做」反覆測試，學生對科學概念有更多的理解。由繪本導入，除創作主題外，還可以談論人文主題，例如本篇的科學家堅持不懈的精神，學生在遇到挫折時能想到繪本中羅布林一家的努力而再堅持一下，無疑讓課堂風景更美好。

此次課程實施，由學校旁老舊天橋為起點，漫談橋梁建築。若在教學活動「橋梁五大力」中增加 921 大地震造成的橋梁破壞圖片，學生應可對力對橋梁的影響更加有感。

### 二、教師教學，勿因設想太多而放棄

在教學活動「橋梁好難蓋？」中，筆者考量學生對英文繪本有恐懼感，將繪本內容濃縮設計成中文學習單，忽略了繪本教學以圖說事的本質；進行提問環節時，有的學生需要看著學習單才能回答正確。之後進行調整，他班改採投影幕全班共閱、教師口述翻譯來閱讀《The Brooklyn Bridge》；學生回答問題時，明顯流暢許多，且比前二班更多人能說出堅持、不放棄的詞句。繪本教學有其優勢，不能因英語恐懼而替代。

由於本課程教授時間在六年級上學期，學生並未學過自然領域力學、數學領域立體

展開圖等觀念，筆者原本害怕學生無法完成能承重的紙製模型橋，而一度想放棄此課程。而後教導起來雖然得鉅細靡遺，有些吃力，尤其在教學活動「橋梁建築師」中，平面紙張轉成立體結構部分，學生往往因為接合點考量錯誤而失敗，導致實作時間過長、挫折感加深，但若事先建立學生基礎造型手作能力及剛、柔性結構、展開圖等概念，實作時應可更加順利。

此課程可與班導師配合，利用晨間閱讀時間進行「橋梁在哪兒？」生活中橋梁討論、「橋梁好難蓋？」繪本共閱，以節省實際藝文課堂時間。還可以融入數學領域比例尺、英文領域單字教學等部分。

只要適當的課程引導、搭好鷹架，學生可吸收成長的範圍是廣大的，教師教學勿因設想太多而放棄。

### 三、學生學習，勿讓眼睛裡的光熄滅

對生活連結的橋樑討論、繪本閱讀後的提問 PK 賽、吊橋結構的研究…學生表現出極大的興趣及參與度，直到紙製模型橋製作時，幾位學生因失敗太多次而不耐煩想放棄，小組合作的優勢就出現了，多數因同儕鼓勵而堅持下去。

實作時二至三人一組，若都是平時較懶散的孩子，作品精緻度則不高，應強制異質性分組，由強帶弱，利用同儕力量相互激勵、截長補短。繪製草圖時應該用學習單而非隨便一張紙，學生才不會任意棄置不顧，隨意修改橋梁結構。也必須先建立學生「穩固的基柱最重要」的觀念，才不會有學生花大量時間製作橋面，橋柱僅是急就章，橋面架上去後就倒塌的慘劇。

橋梁美學方面，學生誤以為貼上圖案做裝飾即是美，對橋梁本身的線條結構沒有做精細的思考。學生設計以梁橋為主，僅 2 座運用斜張橋原理，變化性不大。授課時要就此部分再加以著墨。

學生對某樣事物感興趣時，眼睛裡是發著光的。如何讓學生在學習學科知識的同時，眼睛裡的光不會熄滅，是每一位教育者都要好好深思的。

### 肆、後續發展

考量《Eureka! Grade 3-5 Science Activities and Stories》原是針對國小 3-5 年級設計的教案，筆者在下學期對 5 年級 5 個班的學生進行「我是橋梁建築師」課程，調整如下：

- 一、修改繪本英文部分為中文，讓學生輕易閱讀。
- 二、「橋梁五大力」將全班學生分為三組，利用塑膠鍊條、紙袋提繩、打孔西卡紙，實際進行吊橋建造並測量承重。
- 三、增加因地震而斷裂的橋樑視覺資料

在「橋梁好難蓋？」閱讀繪本時，學生大部分能靜心閱讀全文，提問部分也能大致答對，且對科學家的「堅持不懈」精神能明確答出。唯競賽提問問題太多，耗費太多時間，且學生易起爭執。應修正為大部分記憶性題目在閱讀過程中提問，競賽活動則提問理解性題目 3 題即可。

「橋梁五大力」分組實做吊橋，學生會多方嘗試解決桌面與椅子間磨擦力不足導致橋柱不穩固的問題，然而對橋面鋪設則普遍考慮不周到，15 座吊橋中僅 2 座橋面平穩且無縫隙。

此次作品共 50 座橋梁，包含拱橋 7 座、桁架橋 2 座、吊橋 1 座、斜張橋 1 座、39 座樑橋，學生仍以樑橋設計為主。有 40 座橋可撐起 2 公斤重的飲料罐，成功率達 8 成，僅 1 座無法支撐 320 公克重。139 份學生回饋單中，提到堅持、團隊合作的超過 5 成，完全正向誇獎同學的有 124 位，達 89.21%；有部分同學則是希望對方能夠加強某些部分（例如愛講話、不幫忙等），期望彼此能配合得更好。

有的學童甚至投入更多的熱情，例如嘗試多種紙張型態來分攤重力、運用不同材質將橋梁美化、多數組別自願帶回家加工、自備 5 公斤啞鈴並實測成功…。此「我是橋梁建築師」課程可順利在 5 年級實施教學並達成教學目標。

**劉淑雯**

**Southern California Teachers College 課程總監**

**臺北市立大學學習與媒材設計學系課程與教學碩士班兼任助理教授**

**葉惠華**

**臺北市立大學學習與媒材設計學系課程與教學碩士班研究生**

**桃園市復旦國小代課教師**

## 參考文獻

- [1] Donna Farland Smith & Julie Thomas (2017). Eureka! Grade 3–5 Science Activities and Stories (未出版) . NSTA.
- [2] Elizabeth Mann, & Alan Witschonke (1996). The Brooklyn Bridge: The story of the world's most famous bridge and the remarkable family that built it. Mikaya Press.
- [3] Sally Spray, & Mark Ruffle, (2021)。哇！驚奇工程知識繪本 4 世界橋梁。小光點。
- [4] 黃光雄 (2002)。教學原理。師大書院。
- [5] 教育部 (2020)。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校議題融入說明手冊 (定稿版)。  
[https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/2027/議題融入說明手冊 \(定稿版\) .pdf](https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/2027/議題融入說明手冊(定稿版).pdf)
- [6] 教育部 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要總綱。  
<https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/288/十二年國教課程綱要總綱.pdf>
- [7] 教育部 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校自然科學領域。  
[https://stv.naer.edu.tw/classic/data/course\\_outline/pta\\_18538\\_240851\\_60502.pdf](https://stv.naer.edu.tw/classic/data/course_outline/pta_18538_240851_60502.pdf)
- [8] 教育部 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校藝術領域。  
[https://stv.naer.edu.tw/classic/data/course\\_outline/pta\\_18533\\_2143291\\_60289.pdf](https://stv.naer.edu.tw/classic/data/course_outline/pta_18533_2143291_60289.pdf)
- [9] 教育部 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校數學領域。  
[https://stv.naer.edu.tw/classic/data/course\\_outline/pta\\_18524\\_6629744\\_60029.pdf](https://stv.naer.edu.tw/classic/data/course_outline/pta_18524_6629744_60029.pdf)
- [10] 教育部 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校語文領域-國語文。  
[https://stv.naer.edu.tw/classic/data/course\\_outline/pta\\_18510\\_4703638\\_59125.pdf](https://stv.naer.edu.tw/classic/data/course_outline/pta_18510_4703638_59125.pdf)