

105 至 108 美感教育課程推廣計畫
107 學年度第 1 學期 學校實驗課程實施計畫
儲備核心教師

主題式課程
成果報告書

委託單位： 教育部 師資培育及藝術教育司
執行單位： 臺中市立居仁國民中學
執行教師： 徐韻琴 教師
輔導單位： 中區 基地大學輔導

目錄

實驗計畫概述

- 一、 實驗課程實施對象 1
- 二、 課程綱要與教學進度 1

實驗課程執行內容

- 一、 核定實驗課程計畫調整情形 9
- 二、 實驗課程執行紀錄 10
- 三、 教學研討與反思 24
- 四、 學生學習心得與成果 25

經費使用情形

- 一、 收支結算表 28

附件

- 一、 成果報告授權同意書 29
- 二、 著作權及肖像權使用授權書 30

三、實驗計畫概述

一、實驗課程實施對象

申請學校	臺中市立居仁國民中學
授課教師	徐韻琴
實施年級	二、三
班級數	五班
班級類型	<input checked="" type="checkbox"/> 普通班 <input type="checkbox"/> 美術班 <input type="checkbox"/> 其他_____
學生人數	150 名學生

二、課程綱要與教學進度

課程名稱： 書擋結構設計					
課程設定	<input checked="" type="checkbox"/> 發現為主的初階歷程 (本期計畫以初階單一 構面學習為主)	每週堂數	<input checked="" type="checkbox"/> 單堂 <input type="checkbox"/> 連堂	教學對象	<input checked="" type="checkbox"/> 國民中學二、三年級 <input type="checkbox"/> 高級中學 年級 <input type="checkbox"/> 職業學校 年級
學生先修科目或先備能力：					
* 先修科目：					
<input checked="" type="checkbox"/> 曾修美感教育實驗課程：構成、比例。 <input type="checkbox"/> 並未修習美感教育課程					
* 先備能力：					
於都市生活的孩子，接觸汽車、大樓鋼構、機械工程機會多，對智高有一定的熟悉度，但如何應用熟悉的物件進行生活的改善或相關問題的解決，較無概念或想法。					

一、課程活動簡介：

以智高積木進行結構（桁架、拱形、薄殼）的積木練習，而後應用於書擋設計。

在兩節前導課程的從「支撐人體」活動認識結構力學、輔具於肢體上的應用及問題思考後，讓學生找出增加斜撐以強化框架結構，而後才帶入第一階段桁架結構的類型、橋梁的應用與設計練習。

第二階段則從石頭堆疊而成的拱形結構，認識重力傳遞的方式，理解拱形結構是以拱心石形成穩定結構的關鍵，再進一步從穹頂的加厚支撐、交叉式穹頂的傳導力、不同建材的拱形結構設計方式、操作上承式拱橋練習來建立拱形結構的相關概念。

第三階段則由「弧面」的角度帶入薄殼結構，在觀察雞蛋實驗影片後，帶入菱形網格於建築上的應用，並比較麻省理工學院禮堂和阿利耶夫文化中心，理解薄殼與空間桁架的差異。而後以台中花博「聆聽花開的聲音」提問，澄清觀念並賞析在地文化。

綜合運用前述三大項結構之一，以智高元件組裝應用於輔具設計，並將輔具實裝於肢體部位，測試並調整結構強度。

最後由書擋設計的生活應用進行發想，結合結構美感特點，將「實用」與「美感」結合於結構構面上。

二、教學目標

既有目標/能力指標：

對自然界的結構有初步的概念，如：大樹、蜘蛛網。

學生將會：

建立結構支點、重力均衡的認知，並搭配結構美感特性，應用於解決生活相關問題。

核心概念：

1. 結構構面的概念
2. 合宜的結構美感
3. 結合結構的書擋設計

關鍵問題：

如何應用結構形式，強化支點撐起結構物，並爭取較大的使用空間？
結構美感有何特點？如何使視覺重量維持平衡？
如何在結構支撐重力與視覺美感之間取得平衡，設計兼顧結構美感與實用性的書擋？

學生將知道/知識：

桁架結構、拱形結構、薄殼結構、結構美感、結構應用、程式設計

學生將能夠/技能：

結合結構概念，應用均衡的結構配置，設計具有結構美感的書擋。

三、教學策略：

相關策略設計與書寫說明

1. 請列出課程各項單元

(1) 輔具設計思考、支撐人體活動 (二節課)

在兩節前導課程從「支撐人體」活動認識結構力學與觀察支點，從樂高機械手臂引起動機，小組針對輔具設計思考的活動，討論輔具優缺點（輪椅與機械外骨骼的比較、伊藤真波的小提琴輔具可改善處），引導學生提出可參考輔具的應用形式，並關心傷者的需求及可能協助其解決問題的方式。

(2) 積木組裝結構練習 (六節課)

以智高積木進行結構（桁架、拱形、薄殼）的積木練習，讓學生從找出如何強化框架結構開始，增加斜撐讓結構穩固，進而推論出：三角形的結構最具穩定性，而後才帶入第一階段桁架結構的類型、橋梁的應用與設計練習。桁架橋的設計主要讓學生將斜撐與桁架有更多樣化的組合體驗，並從操作過程中，發展出個別的結構美感。

第二階段則從石頭堆疊而成的拱形結構，認識重力傳遞的方式，再進一步理解穹頂的加厚支撐、交叉式穹頂的傳導力、不同建材的拱形結構設計方式（木橋、鐵橋），操作上承式拱橋練習來建立拱形結構的相關概念。這階段主要是因應智高的長條形素材，由「線條」的角度觀察拱形結構的支撐方式，使斜撐的應用更為多元，並運用直線產生曲線造型。

第三階段則由「弧面」的角度帶入薄殼結構，在觀察雞蛋可承受的最大化重力擠壓實驗影片後，得以分析出：「蛋殼是因將力量平均分散，又有集中的一個接觸點，所以能承受重量」，帶入菱形網格於建築上的應用（羅馬體育館、路思義教堂、馬德里水塔），並在比較 Saarinen 的麻省理工學院禮堂和 Zaha Hadid 的阿利耶夫文化中心後，理解薄殼與空間桁架的差異。而後以台中花博「聆聽花開的聲音」提問，澄清觀念並賞析在地文化。

綜合運用前述三大項結構之一，以智高元件組裝應用於輔具設計，並將輔具實裝於肢體部位，測試結構強度。

(3) 結合結構美感之書擋設計 (四節課)

藉由自學桌遊，理解基礎程式邏輯（變數、迴圈、條件式、順序性），與同學分享程式語法於遊戲中的應用時，也提供彼此觀摩成長的交流互動。

透過美感電子書的結構單元之範例，介紹「師法自然」、「平衡穩定」、「輕巧反重」、「交織形抗」等結構美感特點，理解人們在生活環境中，對結構平衡所產生心理上的需求。最後由書擋設計進行發想，結合結構美感特點，將「實用」與「美感」結合於結構構面上。

2. 其中一單元應包含完整六堂課的階段步驟簡列

積木組裝結構練習及書擋設計

桁架基礎概念 → 組裝桁架橋結構 → 結構美感特點 → 書擋設計 →
積木組裝書擋 → 強化書擋結構。

3. Show & Tell 提問與反思

人體支點活動：

「橋的支點位於何處具有支撐力？」、「人體的哪些部位具支點的支撐力？」、「可用何種方式協助支撐？」、「造型的靈感來源？」—觀看「吉娃斯愛科學 5-結構力學」影片後，透過提問回顧重點。而後小組合力撐起一名組員，思考省力又能支撐組員重量的方式（要求各組的支撐不能相同，以求最多嘗試支點的可能性）。

輔具設計思考：

「輪椅的圓形輪子和機械外骨骼比較後，有發現什麼樣的問題？」、「拉提琴的輔具有何可改善的地方？」—引導學生觀察輔具的支撐方式、肢體部位的需求差異、環境的可能阻礙，進而思考「受傷時的不便與感受」及結構相關概念，產生對傷者的同理心，而後針對固定傷肢的輔具進行設計思考，使其在關心傷者需求的同時，也建立透過結構美感協助其解決問題的思考模式。

積木組裝結構：

（1）桁架：「將方形與三角形結構比較看看，哪一種較穩定？」、「加強結構時，擺放的構件方向是否會影響支撐？」、「交撐型桁架中，固定哪裡可以協助支撐？」、「何種斜撐能爭取較大的使用空間？」—透過智高元件的實際操作，感受方形框架結構的不穩定性，加上斜撐後，比較兩者的差異，並形成「桁架可使用較少的材料，並達到較高穩定性」的概念。而後實際操作智高元件練習桁架橋的組裝。

（2）拱形：「拱形結構有何空間使用上的優點？」、「加入拱心石有何用處？」、「木造拱形橋將直線木條以什麼樣的形式組成拱形結構？」—從空間的使用需求，思考拱形結構的特點，理解平衡穩定的拱心石堆疊配置，觀察木造拱形橋結構形式後，實際操作智高元件練習拱形橋的組裝。

（3）薄殼：「蛋殼的站立方式（橫臥或直立）哪個可承受的壓力較大？為什麼？」、「力網絡內部是何種形式的基本結構？」、「與拱形結構的差別在哪？」—透過蛋殼承重實驗的觀察，思考曲面的弧度對支撐力的影響，賞析菱形網格在建築上的應用後，結合拱形結構的實作經驗，練習以智高元件組建曲面。

結構美感：

4

「師法自然的結構中，樹枝與蜘蛛網有什麼樣共通的形式？」、「平衡穩定的結構美感中，運用了哪些美的形式原理？」、「輕巧反重的結構美感有何特點？如何使視覺重量維持平衡？」、「交

輔具設計：

「如何應用三種結構形式，支撐、固定受傷的關節部位？」、「如何使輔具更服貼於肢體上，而不會感到不適？」—之前練習過桁架、拱形、薄殼三種結構形式，嘗試了框架斜撐、曲線成形、曲面空間後，理解智高零件從「直線」到「曲面」組建的可能性，再進行輔具支撐的結構設計，方能因應肢體關節的活動模式進行包覆式固定設計。

程式桌遊：

「在遊戲中，程式邏輯如何轉化為指令？」—小組票選出程式的主題概念後（各組皆不相同為原則），從說明書中，自學：排列障礙物、依指令牌旋轉或移動小船，藉此理解遊戲方式與程式概念的關係，而後各組分享程式語法（變數、迴圈、條件式、順序性）於桌遊中的應用。

結構美感：

「師法自然的結構中，樹枝與蜘蛛網有什麼樣共通的形式？」、「平衡穩定的結構美感中，運用了哪些美的形式原理？」、「輕巧反重的結構美感有何特點？如何使視覺重量維持平衡？」、「交織形抗的結構美感中，如何透過張力穩定結構？」—透過自然結構材料的觀察分析，搭配建築物件的對照，思考結構的美感形式的特點，找到平衡穩定的關鍵，進而理解結構因應心理需求所達成的美感設計。

書擋設計：

「採用何種結構進行書擋設計？」、「設計的結構具有何種結構美感特點？」、「如何以最少的智高零件，運用結構美感特點組建書擋？」、「組裝結構時，如何表現原先設計的結構美感？」、「如何改造結構，使其更精簡、更穩固？」—書擋設計以一人獨力完成為原則，若二人欲合作共同設計，一人先完成初步結構，第二人再思考如何改造結構，使其更精簡、更穩固。

四、預期成果：

1. 學生針對固定傷肢的輔具進行設計思考，使其在關心傷者需求的同時，也建立透過結構美感協助其解決問題的思考模式。
2. 綜合應用三種結構形式，操作練習框架斜撐、曲線成形、曲面空間後，理解智高零件從「直線」到「曲面」組建的可能性，再進行輔具支撐的結構設計。
3. 透過自然結構材料的觀察分析，發現結構的美感形式特點，找到平衡穩定的配置，進一步運用均衡的結構設計，學習到結構設計的系列概念與生活應用方式。

參考書籍：(請註明書名、作者、出版社、出版年等資訊)

Pierre von Meiss 著, 吳莉君譯 (2017)。《**建築的元素**》。原點出版。

Christopher Williams 著, 甘錫安譯 (2015)。《**形式的起源**》。臉譜出版。

Mario Salvadori 著, 顧天明、吳省斯譯 (2004)。《**建築生與滅：建築物為何站起來?**》。田園城市出版。

江尻憲泰著, 張心紅譯 (2017)。《**建築結構入門**》。易博士出版。

川口衛、阿部優 等著, 蕭雅文譯 (2007)。《**建築構造的設計：流體力學&造型**》。楓書坊出版。

高木任之著, 陳銘博譯 (2013)。《**圖解超簡單結構力學**》。世茂出版。

Francis D. K. Ching, Barry S. Onouye, Douglas Zuberbuhler 著, 張正瑜譯 (2018)。《**圖解建築結構：樣式、系統與設計**》。易博士出版。

唐寰澄 (1994)。《**橋樑美的哲學**》。明文書局出版。

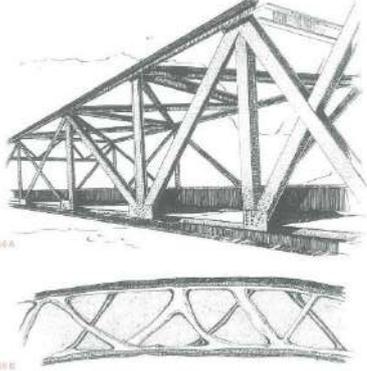
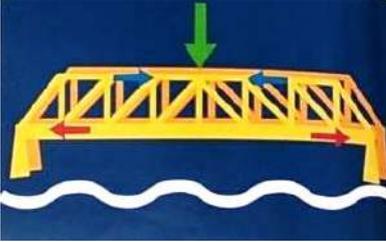
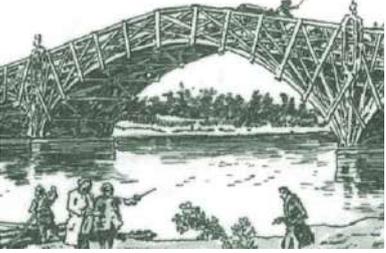
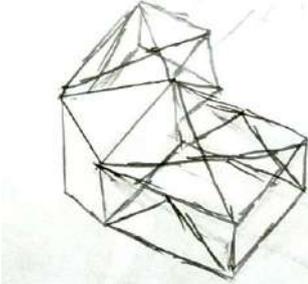
五十川芳仁 (2015)。《**樂高創意寶典：機械與機構**》。碁峰資訊出版。

教學資源：

美感電子書、智高「結構密碼-橋樑與摩天大樓」、書擋範例、自編教材、影片：18 歲斷臂少年：樂高手臂、吉娃斯愛科學 5：結構力學、伊藤真波的小提琴演奏、身障者站起來-機械外骨骼、兩分鐘翻轉你的觀念--輔具介紹、建築下的文藝復興：巨匠的圓頂、萬神廟圓頂 3D 圖、雞蛋重力實驗、聆聽花開的聲音：台中花博、路思義教堂施工過程影片。

教學進度表

週次	上課日期	課程進度、內容、主題
1	10/01	人體支點活動：觀看「吉娃斯愛科學 5-結構力學」影片後，透過提問回顧重點。而後小組合力撐起一名組員，嘗試省力又能支撐組員重量的方式，分享活動相關想法。 
2	10/08	設計思考：以 18 歲斷臂少年：樂高手臂引起動機，小組針對輔具設計思考，觀察輔具的支撐方式、肢體部位的需求差異、環境的可能阻礙，整理可供小組參考應用的輔具想法，並記錄於學習單上。透過智高元件的實際操作，感受方形框架結構的不穩定性，加上斜撐後，比較兩者的差異。 

3	10/22	<p>桁架結構：以莫斯科馬術學校體育館觀察「交撐型桁架」，介紹斜撐結構、種類、空間特性、華倫桁架於鐵橋的應用與生物結構的關聯、屏東社福館遊具的八面桁架，並以智高元件操作桁架結構。</p>	
4	10/29	<p>桁架設計：介紹桁架橋的基本結構，及桁架類型：長形（如：華倫式）、三角形（如：雙柱式）於不同建築的應用，操作桁架橋設計練習。</p>	
5	11/05	<p>拱形結構：介紹「組積樣式」，觀察羅馬水道橋的用途、拱心石堆疊過程、穹頂的推力作用、羅馬萬神廟圓頂建造動畫、聖母百花大教堂穹頂設計動畫、木造拱形橋之拱形結構、Garabit 高架橋鋼結構，操作上承式拱橋練習。</p>	
6	11/12	<p>薄殼結構：觀察蛋殼承受重力實驗影片，介紹薄殼結構按曲面生成的形式類型、推力網格法，認識菱形網格於建築上的應用，並比較麻省理工學院禮堂和阿利耶夫文化中心，理解薄殼與空間桁架的差異。而後以台中花博「聆聽花開的聲音」澄清觀念。</p>	
7	11/19	<p>輔具設計：運用桁架、拱形、薄殼結構之一的形式，小組討論肢體部位的個別需求、關節與智高元件長度關係、因應服貼程度的曲面設計，應用於輔具設計並記錄繪製於學習單上。</p>	

8	11/26	<p>輔具實作：將輔具以智高元件組建完成後，實裝於肢體部位，測試並調整結構強度。</p>	
9	12/10	<p>程式概念：自學「海霸王」桌遊，透過操作建立程式邏輯（變數、迴圈、條件式、順序性）概念，小組分享增進理解。</p>	
10	12/17	<p>結構美感：透過美感電子書的結構單元之範例，介紹「師法自然」、「平衡穩定」、「輕巧反重」、「交織形抗」等結構美感特點，理解人們在生活環境中，對結構平衡所產生心理上的需求及應用。</p>	
11	12/24	<p>書擋設計：賞析坊間書擋設計，以結構美感特點進行對照解說，之後將初步想法繪製於學習單上。</p>	
12	12/31	<p>書擋組裝：將設計好的書擋以智高元件進行組裝，調整並強化結構後，置入五本課本測試承重力，與同學分享並闡述各自觀察到的結構美感。</p>	

實驗課程執行內容

一、核定實驗課程計畫調整情形

初始計畫：以結構為主軸概念，從樂高機械手臂引起動機，思考「受傷時的不便與感受」，小組針對固定傷肢的輔具進行設計思考的活動，在關心傷者需求的同時，也建立透過結構美感協助其解決問題的思考模式。

透過不同結構材料特性的觀察分析，佐以塊狀、長條智高積木練習可能的組合形式，及各材料最為壯美的結構面貌。再來藉由堅固感、穩定性、平衡、側向推力，理解重力之美、支撐原理。而後選擇前述概念之一，搭配智高積木應用於輔具設計，將所學遷移至解決生活相關問題，體驗空間美感概念、結構均衡形式。

之後以桌遊理解基礎程式邏輯，藉由資訊应用能力與結構美感產生交集的方式，進一步聯想其他生活範圍的便利性與應用之可行性。最後與同學分享成果的同時，也提供彼此觀摩成長的交流互動機會。

修改計畫：以智高積木進行結構（桁架、拱形、薄殼）的積木練習，而後應用於書擋設計。在兩節前導課程的從「支撐人體」活動認識結構力學、輔具於肢體上的應用及問題思考後，讓學生從找出如何強化框架結構開始，簡單的增加一個斜撐，就可以讓結構穩固，進而推論出：三角形的結構最具穩定性，而後才帶入第一階段桁架結構的類型、橋梁的應用與設計練習。

第二階段則從石頭堆疊而成的拱形結構，認識重力傳遞的方式，以羅馬水道橋介紹因地制宜的現實需求，理解拱形結構是以拱心石形成穩定結構的關鍵，再進一步從穹頂的加厚支撐、交叉式穹頂的傳導力、不同建材的拱形結構設計方式、操作上承式拱橋練習來建立拱形結構的相關概念。

第三階段則由「弧面」的角度帶入薄殼結構，在觀察雞蛋可承受的最大化重力擠壓實驗影片後，帶入菱形網格於建築上的應用，並在比較麻省理工學院禮堂和阿利耶夫文化中心後，理解薄殼與空間桁架的差異。

綜合運用前述三大項結構之一，以智高元件組裝應用於輔具設計，並將輔具實裝於肢體部位，測試並調整結構強度。

藉由自學桌遊，理解基礎程式邏輯（變數、迴圈、條件式、順序性），與同學分享程式語法於遊戲中的應用時，也提供彼此觀摩成長的交流互動。

最後由書擋設計的應用進行發想，結合結構美感特點，將「實用」與「美感」結合於結構構面上。

二、執行內容紀錄

主題一、人體支點活動、輔具設計思考

單元 1-1 人體支點活動

a. 課程實施照片



b. 學生操作流程

小組合力撐起一名組員，思考省力又能支撐組員重量的方式（要求各組的支撐不能相同，以求最多嘗試支點的可能性），並分享活動相關想法，記錄於學習單上。

c. 課程關鍵思考

師：「橋的支點位於何處具有支撐力？」、「人體的哪些部位具支點的支撐力？」、「可用何種方式協助支撐？」、「造型的靈感來源？」

生：「支點是用背跟膝蓋當支點，這個靈感來自拱橋的動畫」、「我們用手抓著手把他撐起來，靈感來自日常生活中用的椅子」。

單元 1-2 輔具設計思考

a. 課程實施照片





b. 學生操作流程

從影片觀察輔具的支撐方式、肢體部位的需求差異、環境的可能阻礙，分享各自心得後，記下可修改的方向於學習單上。透過智高元件的實際操作，比較方形框架結構與加上斜撐後的差異。

c. 課程關鍵思考

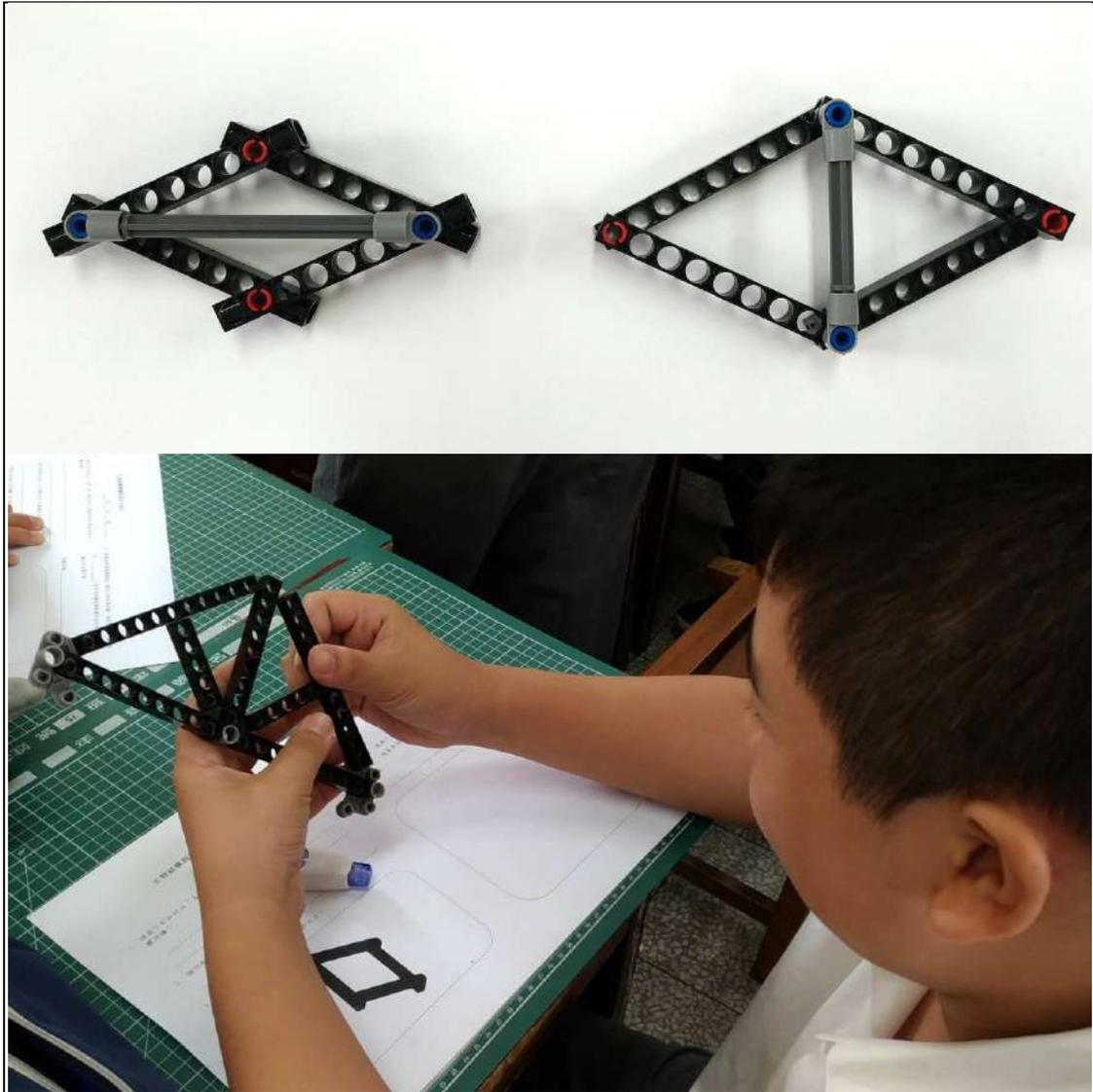
師：「輪椅的圓形輪子和機械外骨骼比較後，有發現什麼樣的問題？」、「拉提琴的輔具有何可改善的地方？」

生：「難適應地形」、「坐久了容易血液循環不良」、「不方便撿東西」、「不能符合體型的需求」、「拉提琴的時候，把位容易浮動」、「速度只能緩慢移動」、「太陽春，肩膀的位置過於明顯」、「力量不好控制」。

主題二 積木組裝結構練習

單元 2-1 桁架結構

a. 課程實施照片



b. 學生操作流程

以智高元件操作桁架結構，練習屋頂製作及結構補強。

c. 課程關鍵思考

師：「將方形與三角形結構比較看看，哪一種較穩定？」、「加強結構時，擺放的構件方向是否會影響支撐？」、「交撐型桁架中，固定哪裡可以協助支撐？」、「何種斜撐能爭取較大的使用空間？」

生：「三角形結構比較穩定」、「中間的支撐應該裝在鈍角那一邊，才不會往下垮掉」、「固定屋頂中間的木材可以協助支撐」、「馬薩式斜撐能爭取較大的使用空間」。

單元 2-2 桁架橋設計

a. 課程實施照片



b. 學生操作流程

認識桁架橋的基本結構，及桁架類型：長形（如：華倫式）、三角形（如：雙柱式）於不同建築的應用，繪製喜愛的桁架類型於學習單上，並將其以智高元件組裝桁架橋。

c. 課程關鍵思考

師：「桁架橋以何種形式支撐結構？如何加強結構的穩定？」

生：「用直立和橫向的鋼鐵來支撐」、「斜向的支撐加強結構的穩定」。

單元 2-3 拱形結構

a. 課程實施照片



b. 學生操作流程

觀察羅馬水道橋的用途、拱心石堆疊過程、穹頂的推力作用、羅馬萬神廟圓頂建造動畫、聖母百花大教堂穹頂設計動畫，分析木造拱形橋、Garabit 高架橋

鋼結構的組成形式，設計並操作上承式拱橋練習。

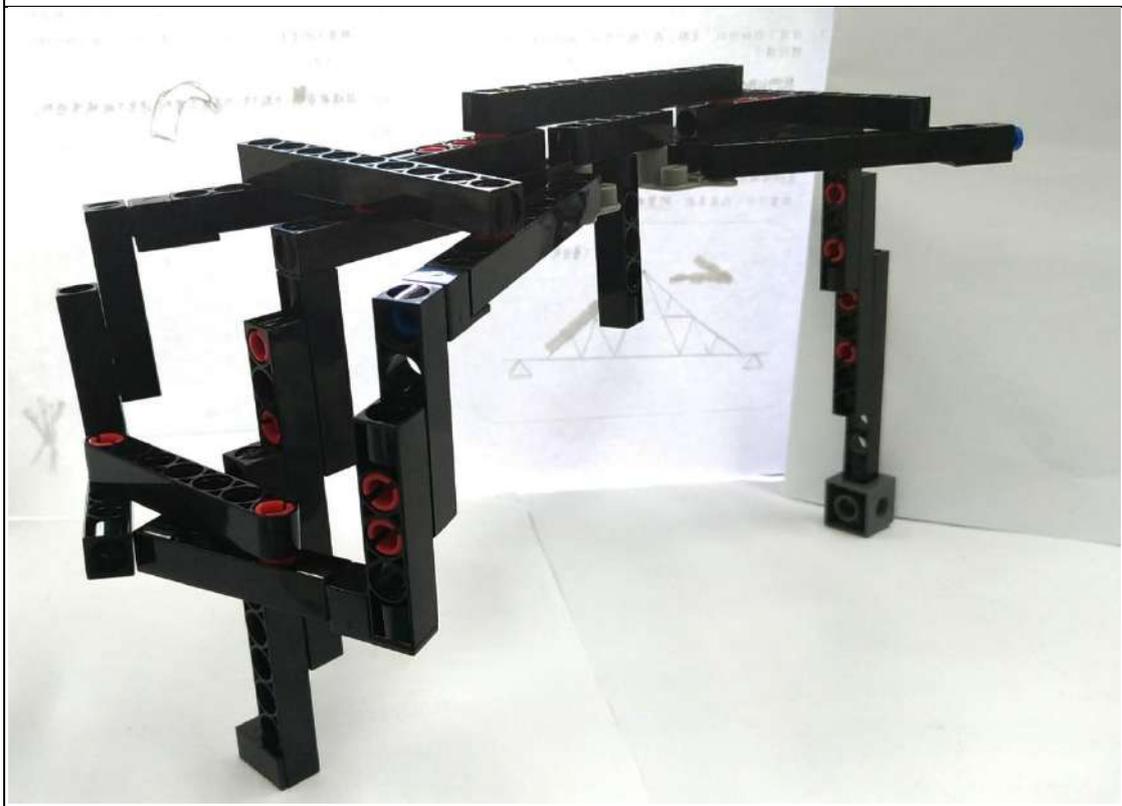
c. 課程關鍵思考

師：「拱形結構有何空間使用上的優點？」、「加入拱心石有何用處？」、「萬神廟圓頂為何中央會有五層凹槽？」、「木造拱形橋將直線木條以什麼樣的形式組成拱形結構？」

生：「可以讓空間往上拉升」、「拱心石可以穩定兩邊堆上來的石塊」、「中央的五層凹槽可以減輕重量」、「中間一根直的撐高度，兩邊像屋頂一樣斜的調整長度後可以製造弧度」。

單元 2-4 薄殼結構

a. 課程實施照片





b. 學生操作流程

觀察蛋殼承受重力實驗影片，認識薄殼結構曲面的形式類型、推力網格法、菱形網格於建築上的應用（羅馬體育館、路思義教堂、馬德里水塔），並比較 Saarinen 的麻省理工學院禮堂和 Zaha Hadid 的阿利耶夫文化中心，理解薄殼與空間桁架的差異，而後討論台中花博「聆聽花開的聲音」的空間桁架，設計並操作薄殼曲面練習。

c. 課程關鍵思考

師：「蛋殼的站立方式（橫臥或直立）哪個可承受的壓力較大？為什麼？」、「力網絡內部是何種形式的基本結構？」、「與拱形結構的差別在哪？」

生：「直立的，因為立起來受力面積小」、「三角形桁架的基本結構」、「薄殼很薄，往四個端點延伸都有弧度，拱形結構只有一邊有弧度」。

單元 2-5 輔具設計

a. 課程實施照片

3. 看過肢障者的輔具後，請與小組成員討論，決定想設計的輔具部位：手肘，原本的輔具有何缺點？想以何種 結構改造它呢？請畫下來。

缺點：不夠堅固，轉接處容易斷掉

改造：加粗，用桁架去連接
結構：桁架



3. 看過肢障者的輔具後，請與小組成員討論，決定想設計的輔具部位：小孩單手的左手，原本的輔具有何缺點？想以何種生物結構改造它呢？請畫下來。

缺點：結構軟弱，支撐不足，力道無法控制，速度不能精準控制。

改造：利用固定距離加粗牙肉



b. 學生操作流程

小組討論肢體部位的個別需求、關節與智能元件長度關係、因應服貼程度的曲面設計，應用於輔具設計並記錄繪製於學習單上。

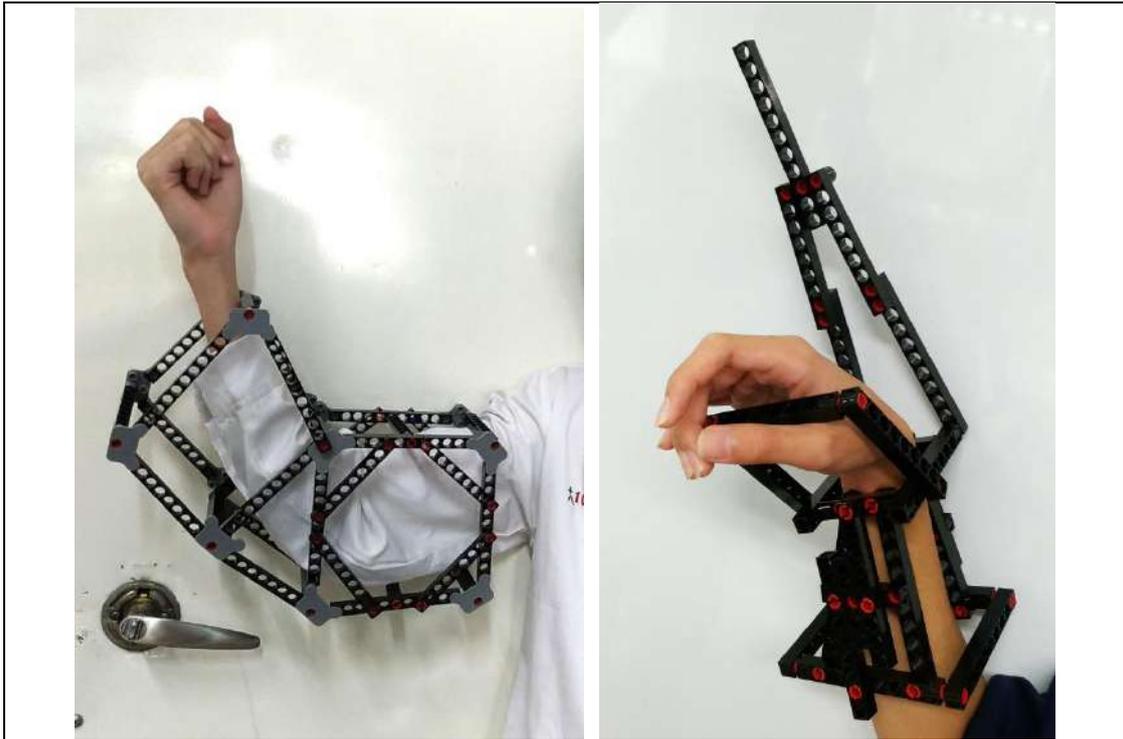
c. 課程關鍵思考

師：「與小組討論想設計的輔具部位？」、「原本的輔具有何缺點？」、「如何改造它呢？」

生：「手肘」、「不夠堅固，轉接處容易斷掉」、「加粗，用桁架去連接」。

單元 2-6 輔具實作

a. 課程實施照片



b. 學生操作流程

將輔具以智高元件組建完成後，實裝於肢體部位，測試並調整結構強度。

c. 課程關鍵思考

師：「如何應用三種結構形式，支撐、固定受傷的關節部位？」、「如何使輔具更服貼於肢體上，而不會感到不適？」

生：「桁架可以做外形和強化的支撐，關節的地方用拱形或是薄殼結構，較方便包覆曲線」、「把不舒服的地方用海綿墊著」。

主題三 結合結構美感之書擋設計

單元 3-1 程式概念

a. 課程實施照片



b. 學生操作流程

以說明書自學「海霸」桌遊，透過操作建立程式邏輯（變數、迴圈、條件式、順序性）概念，小組分享遊戲所得以增進理解。

c. 課程關鍵思考

師：「在遊戲中，程式邏輯如何轉化為指令？」

生：「一起出海神卡和媽祖卡，就可以消除漩渦」、「有達成條件的話，就可以進行一個動作」、「拿到 3 倍卡的話，一個右轉就等於三個右轉」。

單元 3-2 結構美感

a. 課程實施照片



b. 學生操作流程

透過美感電子書的結構單元之範例，介紹「師法自然」、「平衡穩定」、「輕巧反重」、「交織形抗」等結構美感特點，理解人們在生活環境中，對結構平衡所產生心理上的需求及應用。

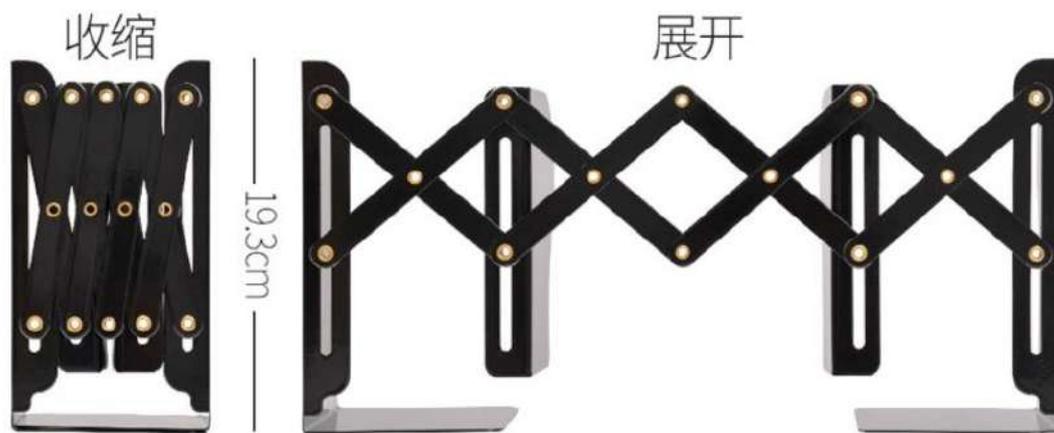
c. 課程關鍵思考

師：「師法自然的結構中，樹枝與蜘蛛網有什麼樣共通的形式？」、「平衡穩定的結構美感中，運用了哪些美的形式原理？」、「輕巧反重的結構美感有何特點？如何使視覺重量維持平衡？」、「交織形抗的結構美感中，如何透過張力穩定結構？」

生：「樹枝與蜘蛛網都有放射狀的結構」、「對稱、反覆」、「支柱很細，上面比較寬比較重，用 Y 字型往旁邊撐開」、「像繩索一樣把支架撐開」。

單元 3-3 書擋設計

a. 課程實施照片



b. 學生操作流程

賞析坊間書擋設計，以結構美感特點進行對照解說，之後將初步想法繪製於學習單上。

c. 課程關鍵思考

師：「採用何種結構進行書擋設計？」、「設計的結構具有何種結構美感特點？」、「如何以最少的智高零件，運用結構美感特點組建書擋？」

生：「薄殼，交織形抗，用菱形網格設計交錯的曲面」、「桁架，師法自然，用鯨魚當參考的外形，內部支撐用桁架強化結構」。

單元 3-4 書擋組裝

a. 課程實施照片



b. 學生操作流程

將設計好的書擋以智高元件進行組裝，調整並強化結構後，置入五本課本測試承重力，與同學分享並闡述各自觀察到的結構美感。

c. 課程關鍵思考

師：「組裝結構時，如何表現原先設計的結構美感？」、「如何改造結構，使其更精簡、更穩固？」

生：「要有一致的長度，接合的元件不要太明顯」、「從另一個角度加支撐，外形不要太複雜」。

三、教學觀察與反思

成果反思：

自 106-2 期的美感計畫執行至今，每在撰寫計畫前，都會回想高嘉宏老師曾給的大方向提點：「為什麼要做這樣的 kit？前後課程的關係是什麼？」，運用這樣的思考模式來檢視自己的課程設計後，就會很容易發現天馬行空的想法下所隱藏的種種問題。

原先的課程規劃是以輔具及程式驅動為應用成果，但執行到初次輔具設計時，發現學生多半將結構體視為「包覆肢體」的外殼，缺乏支撐重量的功能，僅有少數應用桁架概念組裝輔具，如此一來結構之美又該如何應用在生活中呢？因此，在利用桌遊「海霸王」建立程式認知並發表基本概念後，取消原本的程式驅動輔具階段，改向美感網站取經，整理出「師法自然」、「平衡穩定」、「輕巧反重」、「交織形抗」等結構美感特點，我想，這些都是因應人們在生活環境的觀察及心理上的需求所衍生而出的特點，輔以書擋的實例相互對照，可以將「實用」與「美感」結合於結構構面上。於是，學生的書擋設計不再是雜亂的智高元件組合，開始嘗試最少支撐點的輕巧感、注意對稱、反覆的視覺原則，結構因此和生活產生了美的聯結。

參加 21 世紀核心素養命題工作坊時，看見李政軒教授提到的：「If you can't measure it, you can't improve it. (Lord Kelvin)」，「前後測」雖不是美感的本質，但若將前測視為了解「起點行為」的方式，便可進一步引導學生「發現問題」。

因此，學校於今年寒假為小六生舉辦的資優領袖營時，首次為孩子們開設與美感相關的桁架結構課，我修正了原先課程中，讓學生從智高元件的方形框架結構找出強化的方式，改以原始人的角度去思考：「如何以最少的結構物支撐起這鍋湯？」同樣是增加斜撐讓結構穩固的目的，但有了這樣的前測練習，可以讓學生在動手操作過程中，自然而然地發現：組合結構可以有哪些方式？如何讓結構更精簡？支點的位置對整體結構有何影響？斜撐的應用也因此有了更多樣化的結果。經由這次的短時段課程實驗，也讓我發現：「桁架」不論是在平面或立體空間上，都有豐富的結構形式，日後在進行相關課程時，會是很好的發展主題。

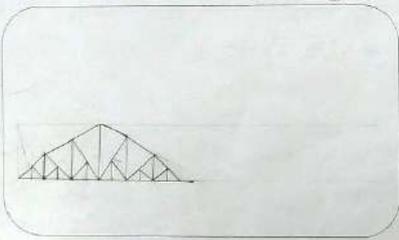
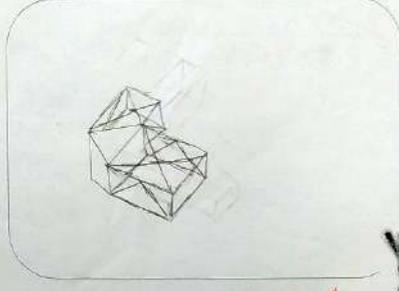
四、學生學習心得與成果

(四)

結構小改造學習單

2 年 18 班 9 號 張志成

- 請寫下你如何以「支點」與「施力方向」協助平衡小組成員的人體結構?
以手、腳為支點分散重量
- 結構有許多應用於現代建築、橋樑上，你最喜歡哪一種呢？請畫下它，我最喜歡：桁架橋
- 看過啟渾者的輔具後，請與小組成員討論，決定想設計的輔具部位：手腕，原本的輔具有何缺點？想以何種結構改造它呢？請畫下來。
缺點：不夠堅固，容易鬆動
改進：加粗，用桁架去連接
結構：桁架

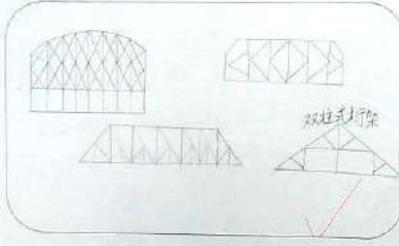
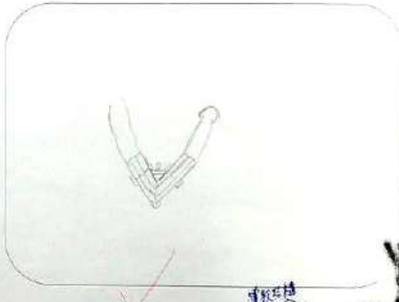



可增加扶杆結構，更為穩固

結構小改造學習單 No.1

2 年 18 班 19 號 張志博

- 請寫下你如何以「支點」與「施力方向」協助平衡小組成員的人體結構?
以其他成員的手臂和手掌支撐站立同學的身體
- 結構有許多應用於現代建築、橋樑上，你最喜歡哪一種呢？請畫下它，我最喜歡：桁架橋
- 看過啟渾者的輔具後，請與小組成員討論，決定想設計的輔具部位：抓手的位置，原本的輔具有何缺點？想以何種生物結構改造它呢？請畫下來。
缺點：容易滑動，可能拿得不够穩
改進：應把兩片鐵片改成較多抓點以更換固

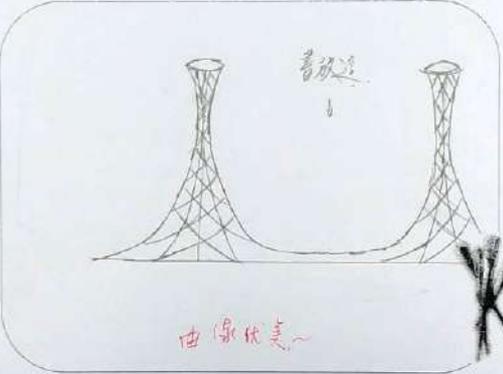
增加抓點

結構改造學習單

書擋結構設計學習單

3年 5班 10號 劉書岑

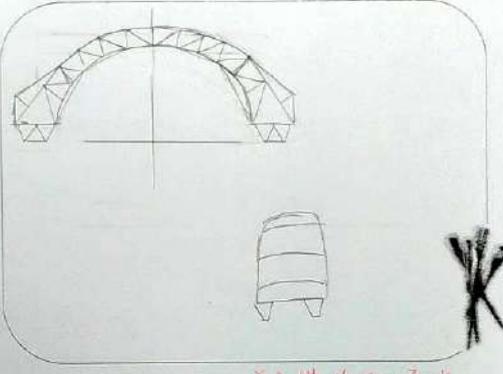
- 請寫下你以何種結構進行設計的基本形式?
扇形結構
- 你所設計的結構具有何種特點呢？(師法自然、均衡穩定、輕巧反重、交織形抗)
交織形抗
- 你會如何應用基本結構進行設計呢？請畫於下方。



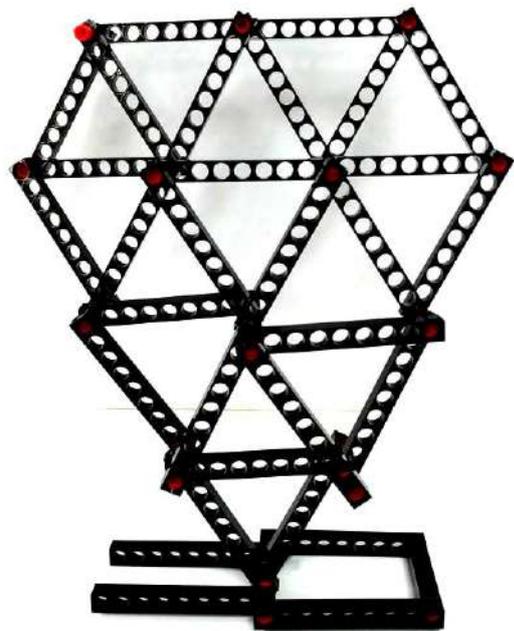
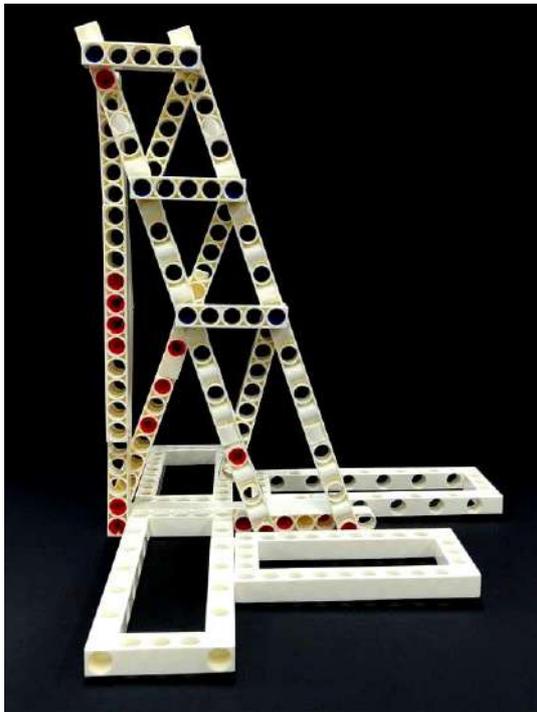
書擋結構設計學習單

三年 4班 25號 李欣晴

- 請寫下你以何種結構進行設計的基本形式?
桁架
- 你所設計的結構具有何種特點呢？(師法自然、均衡穩定、輕巧反重、交織形抗)
均衡穩定
- 你會如何應用基本結構進行設計呢？請畫於下方。



書擋結構設計學習單



書擋結構

