

**【附件三】教育部教學實踐研究計畫成果報告格式(系統端上傳 PDF 檔)**

**教育部教學實踐研究計畫成果報告(封面)**  
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program (Cover Page)

計畫編號/Project Number : PEE107113

學門分類/Division : 工程

執行期間/Funding Period : 2019/07/22 ~ 2019/09/20

結合翻轉教室與 3D 列印應用於材料力學、結構學等結構力學課程之實作教材開發  
(材料力學、結構學、結構力學實驗/

Mechanics of material、structural analysis、structural analysis laboratory)

計畫主持人(Principal Investigator) : 關百宸

執行機構及系所(Institution/Department/Program) :

國立臺灣海洋大學/系統工程暨造船學系/大學部

繳交報告日期(Report Submission Date) : 2019/9/15

## 結合翻轉教室與 3D 列印應用於材料力學、結構學等結構力學課程之實作教材開發

一. 報告內文(Content)(請繳交 3 至 10 頁成果報告，不含封面、參考文獻、相關佐證附件與連結，檔案大小以 20mb 為限。)

### **1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose)**

請描述所選擇研究議題的問題挑戰與背景、教學實務現場遇到之挑戰以及該議題的重要性與影響力。

工程領域與力學相關系所都必須修材料力學與結構學兩門課程，在國內許多工程師證照考試也將這兩門課程列為必考科目，過往在大學端在這兩門課程的教學多仰賴課堂上理論的闡述、數學的推導與例題的示範，需要長時間的課程、補強與自習訓練。因此，一般學生在修習這兩門課程時需要較強的學習興趣與自我要求，這個狀況與工學院數學相關的課程很類似。

目前材料力學為系上大二上學期必修課程，修課人數為 55~60 人，結構學(結構原理)則是大三上學期領域必選修課程，修課人數為 50~55 人。目前兩門課程皆為三學分，課程助教每週會提供兩小時課後輔導。每週有五到六題的作業。結構學另外有搭配結構力學實驗(大三上，1 學分)，期末必須參與紙橋大賽，做為實作設計的驗收。材料力學的主要角色在於建立工程師對結構單元的基本認識，從描述工程材料強度開始，一路介紹拉、剪、扭與彎，四種受力情形下，材料的剛性、強度、變形與破壞過程。這些觀念在課堂上多使用口頭描述與數學推導的方式解釋，對學生來說比較無法引起興趣，但是在教學過程中，只要能夠使用能實體的材料示範，很快可以讓他們記憶並且了解。舉拉伸與扭矩破壞為例，如果用數學與莫爾圓解釋兩種受力會造成破壞行為，常常會需要很長的時間。結構學在國外學校系所已經改變成結構矩陣分析與有限元素法合併的課程，也就是直接使用電腦計算技巧來求解大型結構問題，跳過了舊式結構學的分析方法，比如彎矩分配法、共軛樑與彎矩面積法等技巧。但是受限於許多證照考試的題目沒有跟上，導致應該花多一點時間教授的進階內容都被簡單略過。如果能有教材可以導入結構行為的視覺化，並搭配位移法與力法的概念，使用影片教學的方式帶入結構矩陣等課程內容，並教導建立結構分析程式，學生在修完這門課以後，才有辦法完成一般證照考試的內容與實用的結構分析程式使用的能力。

學生由於較早開始可以選擇自己喜歡的專長課程，數學課程的比重也越來越低。根據觀察，學生對數學幾何的想像力也有下降的趨勢，這些變化都會直接反應在材料力學與結構學課程的理解速度上，在課程教授上也需要更多的時間。另外，這兩門課程也在近幾年由原本的一週四小時授課降為三個小時。使得教學與學習的效率必須要提高，才能讓大多數的學生都能具備至少能應付工程師工作所需的基本程度的知識。目前都是勉強增加助教每週額外開設兩小時的輔導課程，由於需要全班一起上課，時間難調整，出席率也不高。因此，影片除了包含基本課程內容外，也應該加入較多的例題教學，讓學生能夠隨時觀看。在影片製作方面，在本計畫中所發展的教材，未來希望能夠朝完全開放方式分享。

### **2. 文獻探討(Literature Review)**

請針對本教學實踐研究計畫主題進行國內外相關文獻、研究情況與發展或實作案

例等之評析。

近年來 3D 列印技術逐漸普及，被運用於教學領域中[1]，提供快速的模型設計與製作，取代原本需要特別訂製的教具模型，教學者不需要特殊的專業技能和工具，得以簡單地將課程內容中的空間和物理現象實體化，可增進學生對抽象知識的認識[2]。一般在藝術、商業或科學等領域中，使用電腦分析數據、繪圖建模，學生的想法和創意容易局限於螢幕畫面中[3]，透過 3D 列印可以很快的將模型製造出來，讓他們能親眼看到模型、學習對於 3D 空間的認知，快速找到錯誤並修正原來設計[4]。藉由繪圖和 3D 列印的設計、實作、觀察的過程，增加學生在工程上解決問題的能力和技巧[5]。

另外，使用電腦輔助教學已行之有年，隨著科技的發展以及教育理念的變遷，教育型態開始改變，進而發展出線上開放式課程（Open Course Ware），線上開放式課程始於 1999 年美國麻省理工學院的 Open Course Ware (OCW) 計畫，由交通大學首先引入並於台灣推廣，開放式課程具有開放、便利等網路資源特性[6]，根據麻省理工之教學經驗，有 96% 的教育工作者認為開放式課程對於改善課程很有助益，96% 訪客認為會推薦給其他人[7]。隨著開放式課程的發展，逐漸有聲音認為應該要有更具互動性、動態性以及社交性的開放式課程學習工具，並且有人認為課程的評定是必須的，因而發展出磨課師(Massive Open Online Courses)[8]，磨課師與開放式課程類似，但磨課師更為靈活，如表 1[9]。

表 1 磨課師與線上開放式課程比較 [9]

	磨課師	線上開放式課程
上課地點	線上	線上
上課方式	分段課程(5~10 分鐘)	課程紀錄影片(1~3 小時)
線上練習與評量	○	×
即時線上討論與回饋	○	×
線上同儕合作學習與討論	○	×
虛擬線上實驗	○	×
學習成效評量與認證	○	×

由發展線上開放式課程轉變至發展磨課師提供了發展更加認真、嚴謹的線上課程模型的機會，由線上開放式課程的經驗可證，磨課師不會只是影片和例題的蒐集，而是一項扎實的教學計畫[10]。在高等教育預算縮減以及學生和員工學習需求改變的現代，磨課師將作為中間轉換的角色[11]。

根據台灣大學土木工程學系的使用經驗，使用磨課師進行圖學課程的教學，雖課程準備繁瑣，但因開放的性質，提供了更多人學習的機會，其單年完成課程的人數超過授課教師任教九年所教授的學生總數，並有 38% 學生認為課程設計對於加強圖學的觀念很有幫助、36% 學生認為課程設計對於增進圖學技巧很有幫助、69% 的學生喜歡該課程、28% 喜歡該課程且沒有學生表示不喜歡該課程[12]。

翻轉教室（Flipped Classroom）的概念與磨課師類似，同樣都有線上課程，但不同於磨課師的完全線上教學，翻轉教室為學生利用非上課時間觀看教師預先錄製好的影片，原先的家庭作業則是帶到課堂上練習，藉此增加教師與學生的互動[13]。在磨課師有效提供課程內容的同時，翻轉教室則能夠使學生更活躍於參與學習[14]。翻轉教室提供學生在課前預習的機會、激勵學生於課堂前準備以及提供一套評估學生理解的機制[15]。

### 3. 研究方法(Research Methodology)

可包含實驗場域、研究對象、研究架構、資料蒐集方法與工具與分析方法等項目，但不限於列舉內容。

#### 磨課師教材內容

本計畫所設計的為系列性的課程，本次所參與的課程為 107 學年度上學期的材料力學(修課人數為 53 人)，結構學(結構原理，修課人數為 50 人)與結構力學實驗(修課人數為 14 人)，期末必須參與紙橋大賽，做為實作設計的驗收。課程內容皆取自於基礎力學課程，將其拍攝為教學用影片，使學生能夠於課後自習，教材由老師，助教與同學共同完成。以結構學和材料力學為例，課程上線的影片有單元教學影片以及針對單元內容所做的例題影片，影片製作部分請參照附錄一。三門課的錄製影片與時數清單如下：

- 結構學課程上線的影片有 6 部單元教學影片、4 部針對單元內容所做的例題影片、以及 7 部補強教學影片。
- 材料力學上線的影片有 7 部單元教學影片、4 部針對單元內容所做的例題影片、以及 12 部補強教學影片。
- 結構力學實驗上線的影片有 6 部實驗教學影片。

各單元影片時數(分鐘)如表 2~表 4。

#### 助教補強影片助教補強影片

補強教學影片為將原本針對每週作業的研究生助教補強課程改為請助教將補強課程內容製作成教學影片，強化作業的解題技巧，並強調重點，提升同學作業的達成率。上課流程為教授於課堂上將當週課程教完後，下課前會將這次的作業公布給同學，助教會於第二週的週日或週一將補強影放置在學校的TronClass系統上讓同學參考，同學會在第二週的週五將作業繳交。補強教學影片的內容會是當週作業的解題方式，因此同學可以邊寫作業邊看影片，幫助回復記憶，強化上課的內容。在前幾個學期的補強課程為助教在每禮拜中挑一天的晚上，約6點至7點，於課程中直接針對作業的解題方式進行詳細的解說並請同學當場實作計分，計分的結果會作為期末成績的加分參考，這種方式的優點是助教可以即時得到同學的回饋，若是有講的不清楚或是需要重複講解的地方可以馬上補強，同時因為以計分來代替點名，讓同學有一定的吸引力與動力來參加補強課程，缺點是助教與同學都要空出每週的同一個時段來進行課程，若是有無法參加的同學便會失去一次學習的機會，另外若是助教教課的內容有錯誤的地方一時不察，可能無法即時改正，同學便會帶著錯誤的觀念進入接下來的課程，可能會造成之後的學習效果下降。這學期的補強課程改為讓助教將補強課程內容製作成投影片，並錄製成教學影片，在投影片上可以用各種顯眼的圖案或是標註進行解說，由於是使用投影片教學，可以照著解題順序詳細的說明，方程式也能夠一條一條列出來，說明較清晰，學生應該能夠理解得比原先晚上的課程容易，這樣的做法最大的優點是影片教學能夠隨時暫停並且重複播放，同學可以像上課一樣聽課，有不懂的地方重複學習，或是隨著課程自己一步一步演練，若是有錯誤的地方可以馬上通知助教進行修正，另外TronClass系統可以看到每位同學觀看補強影片的時長與重點觀看的

地方，能夠與同學的測驗成績進行比較，判斷那些主題或是題型是同學比較需要加強的，老師便能於課堂上再進行補充。改成補強影片的缺點是相較於每週晚上一次的補強課程，助教需要花比較多時間製作投影片與錄製影片，製作詳細的投影片所需要的時間是寫在黑板上講解的好幾倍，而且因為改成線上補強課程不進行點名，一些比較需要人去督促才會學習的同學在這些影片的使用上或許不會這麼積極，因此可能需要其他的誘因使同學願意使用教學影片，本學期使用的方法是請看完當週影片的同學喝飲料，確實是個有效的方式，但是從教學的角度來看應該要以其他方式來鼓勵學生學習。

表 2 結構學教學影片時數

結構學	單元教學	單元例題	補強教學
靜定與靜不定	22	5	2
節點法	14	9	4
節面法	10	11	4
彎矩面積法	9		2
虛功法_truss	21	13	3
虛功法_beam	14		4
直接勁度法			5
總時數(分鐘)	90	38	24

表 3 材料力學教學影片時數

材料力學	單元教學	單元例題	補強教學
應力與應變	19	3	15
應力與應變關係	16	3	17
斜截面應力		3	15
受扭矩桿件		5	17
剪力與彎矩	14	11	46
剪力、彎矩圖與作圖法		16	18
樑的彎矩應力與剪應力	21	11	13
特殊樑截面之彎矩應力與剪應力		8	10
應力轉換公式	13	5	10
莫爾圓	12	6	11
樑變形計算：二階法		5	11
樑變形計算：四階法		5	
樑變形計算：線性疊加		4	
靜不定樑：四階法		7	
靜不定樑：線性疊加		3	
總時數(分鐘)	95	95	183

表 4 結構力學實驗教學影片時數

結構力學實驗	實驗教學
拉伸試驗	17
圓柱壓縮試驗	12
抗折與彎曲試驗	8
剪應力試驗	5
挫曲試驗	5
衝擊試驗	15
總時數(分鐘)	62

## Tronclass 使用分析

學校的 TronClass 系統，可以看到每位學生在每部影片上的使用情形，如圖 1 所示，學習分析可以看到各個影片在不同區段上的使用熱度，從熱度可以判斷學生對於哪個部份的重點是需要重複觀看的，可能是較難的主題，或是在解說方面需要改進的部分。觀看紀錄統計經驗請見附錄二。

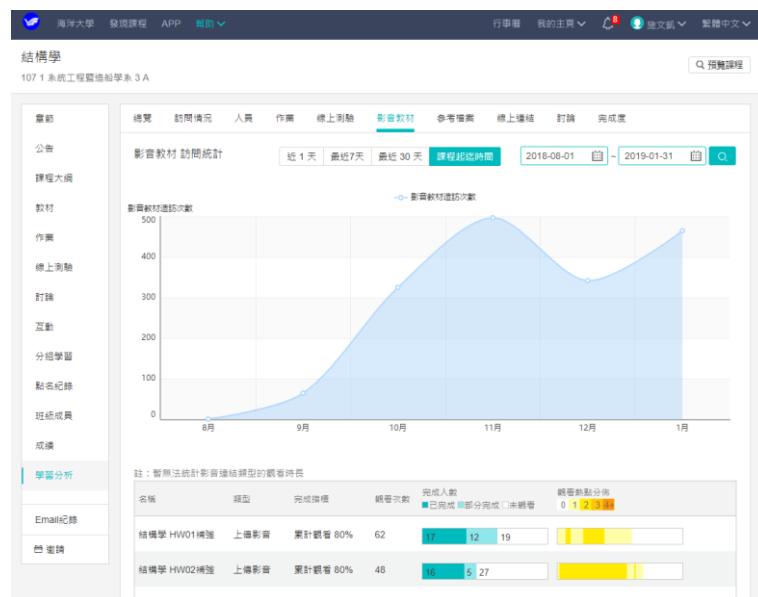


圖 1 Tronclass 學習分析介面

每部影片點進去都可以看到每位學生對於這部影片的使用情形，如圖 2，有點擊次數、觀看時長、以及觀看重點分布的情形，但是這份資料無法自動從系統端獲取資料來做其他統計，直接複製文字的結果如圖 3 所示是個比較雜亂的格式，我們需要的只有其中學生的姓名、學號、以及觀看時間，因此我們另外用 MATLAB 自行撰寫一個簡單的程式將資料讀取進去並重新排列，排列後的格式如圖 4 所示，重新排列後的格式整齊容易判讀並且以空白符號做間隔，因此可以簡單讀進 EXCEL 並做後續的資料統計分析。



圖 2 Tronclass 學習分析裡個別影片的記錄

蕭郁鐸  
00351023 0 00:00:00 0%  
王富元  
00451011 0 00:00:00 0%  
蒲致璋  
00451032 4 00:02:59 100%  
呂侑勳  
00451033 0 00:00:00 0%  
余明志  
00451042 1 00:01:58 100%  
張育慈  
00451052 9 00:04:05 100%  
林柏安  
0046A202 39 00:01:54 66%  
劉上齊  
00551003 10 00:01:22 69%  
洪慶晟  
00551004 75 00:02:22 73%

圖 3 Tronclass 介面直接複製下來的資料格式

蕭郁鐸 00351023 0 00:00:00 0%  
王富元 00451011 0 00:00:00 0%  
蒲致璋 00451032 0 00:00:00 0%  
呂侑勳 00451033 47 00:11:14 63%  
余明志 00451042 30 00:18:47 99%  
張育慈 00451052 28 00:27:09 98%  
林柏安 0046A202 32 00:13:29 98%  
劉上齊 00551003 0 00:00:00 0%  
洪慶晟 00551004 0 00:00:00 0%  
許美瑄 00551006 0 00:00:00 0%  
許美瑄 00551007 0 00:00:00 0%

圖 4 Excel 方便讀取的資料格式

### 將 3D 列印引入課程與教材開發

運用 3D 列印製試片則是將課程的問題和現象實體化，以往在進行材料力學及結構學等力學相關課程時，僅能透過圖像和數學的方式使學生理解問題，多數時間學生是處於憑空想像的狀態，透過 3D 列印的試驗則可以將問題的試驗帶入課程當中，使學生能夠親眼見到結構受力時的行為以及獲得實驗數據等等，如此能夠使學生更深入的了解問題並提升學習的興趣，同時也可以藉由試驗的設計，使學生反向思考，透過試驗的現象反向思考問題發生的原因，藉此提高學習的效率以及學習的意願。比如材料力學的主要角色在於建立工程師對結構單元的基本認識，從描述工程材料強度開始，一路介紹拉、剪、扭與

彎，四種受力情形下，材料的剛性、強度、變形與破壞過程。這些觀念在課堂上多使用口頭描述與數學推導的方式解釋，對學生來說比較無法引起興趣，但是在教學過程中，只要能夠使用能實體的材料示範，很快可以讓他們記憶並且了解。

計畫期間使用 3D 列印技術自行製造教學展具，製作各種教材包含可組裝式的桁架結構、可以操作的懸臂樑模型等，應用在材料力學、結構學和結構力學實驗課程中。目前已初步規劃數項與課本內容相關的試驗供日後教學使用，後續將配合課程內容以及需求調整試驗種類，若學生有想嘗試之試驗，也可提出進行設計。另外我們也利用製作結構類型教具以外的材料製作一艘離岸施工模型船，預計在本系的機電系統整合、船模設計與製作、系統設計與實做等課程上作展示。

#### 4. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

##### (1) 教學過程與成果

下列藉由試舉兩項與課程內容結合的試驗以及模型船介紹，展現本計畫的教學成果，所有教材都是由課程參與助教與學生自行研發：

###### 1. 桁架結構

桁架結構在靜力學中，是屬於最基本的問題，而桁架結構延伸的問題在材料力學或結構學中都十分常見。桁架結構的特性是桿件為二力桿件，且力方向必定與桿件平行，如圖 5 所示。在課程問題的計算中，學生得到的通常僅是計算的結果，然而透過 3D 列印模型的製作，可輕易得模擬桁架結構受力的特性。圖 6(a)為一典型的桁架問題，透過計算，可以得知桿件受力等，但如圖 6(b)，為一不穩定的桁架問題，單純運用在材料力學或結構學所學的知識求解會有困難，此時即可運用 3D 列印之模型來觀察結構受力的狀況如圖 7，很明顯可以看到圖 7(b)不穩定桁架結構的形狀變化很大，但是受到節點設計的限制，結構沒有垮。這樣的方法也可以適用於結構力學實驗課中的紙橋設計，究近幾年紙橋競賽的結果，學生大多將紙橋簡化為二維做設計，對於三維的設計觀念較為薄弱，在設計時往往著重於二維的設計，卻忽略掉第三個維度的強度。多數組別紙橋倒塌的原因是因為當加載不平均或是紙橋本身尺寸誤差導致紙橋受力為三維時，紙橋往第三個維度倒塌，若是以 3D 列印的桿件先行模擬設計圖 8，即可以預先估計紙橋設計在三維時的強度，並且增進學生三維設計的觀念。

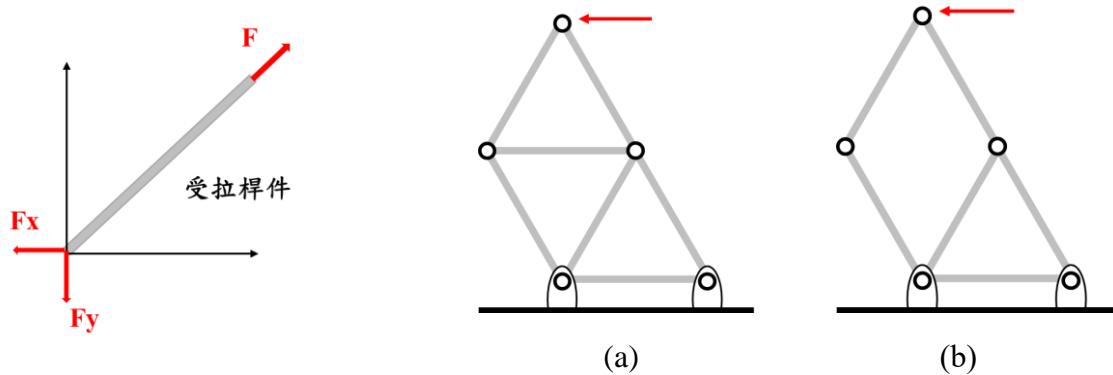
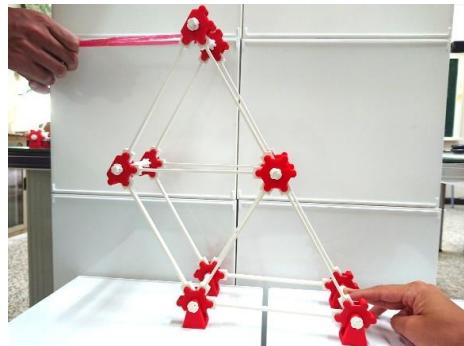
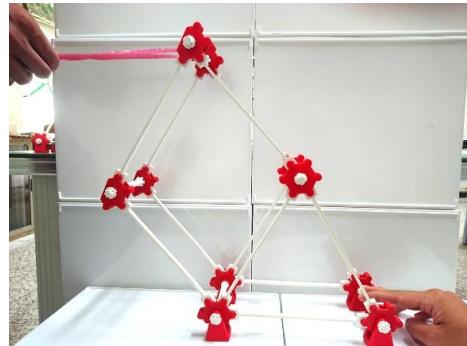


圖 5 桁架桿件示意圖

圖 6 桁架結構問題



(a)



(b)

圖 7 桁架結構 3D 列印模型案例

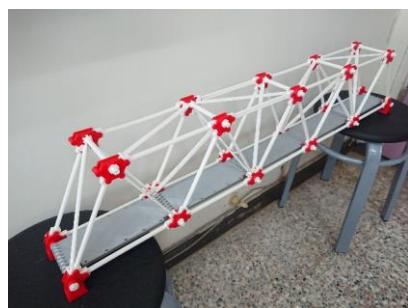


圖 8 3D 列印可拆裝桁架結構教材

## 2. 離岸施工模型船

在計畫執行後期，我們決定繼續發展支援造船實作課程的相關教具。由於當前離岸工程的需求隨著離岸風機的架設日益重要，本計畫將系上課程中的船模設計與實作課程中加入示範工作船的製作教學。其他支援課程包含機電系統整合、船模設計、系統設計等等包含實作的課程，引導學生了解機械系統與控制系統之配合、船體的浮力與穩度之設計等基礎觀念。在學期中之後，學生分組進行實作，於期末做成果分享。這個過程也可以培育學生具備應用工程知識，進行工程系統之規劃、設計開發、生產與計畫管理之能力。

模型船的角色設定為離岸風電安裝船(如圖 9)，一般稱為自升船，具有寬廣甲板，提供載物置放及吊裝作業，在實際工程上主要進行外海吊裝，其最大特色是能夠在水中站立，自升後可避開波浪的影響穩定作業(如圖 10)。離岸施工船模型的目的是作為課堂展示，讓學生更容易進入課程內容、了解系統設計的概念。同時，藉由 3D 列印製作施工船上的機具模型，引導學生學習使用 3D 列印技術對結構設計理念進行測試與開發。展示模型主要包含升降腳(leg)、起重機(crane)以及水泵推進(water pump)三項系統，透過設計手機 APP 的藍牙無線通訊連接微控制器操控(如圖 11)。全船有四組升降腳可以將船體抬起，每一組皆由齒輪(gear)齒條(gear rack)機構帶動(如圖 12)。起重機包含升降(hoisting)、抬舉(luffing)、旋轉(slewing)三項運動(如圖 13)，提供自升船裝卸貨物的能力。如圖 14 模型船藉由泵浦馬達的進出水達到推進效果，搭配扭力馬達可以改變出

水管方向控制船航行方向。

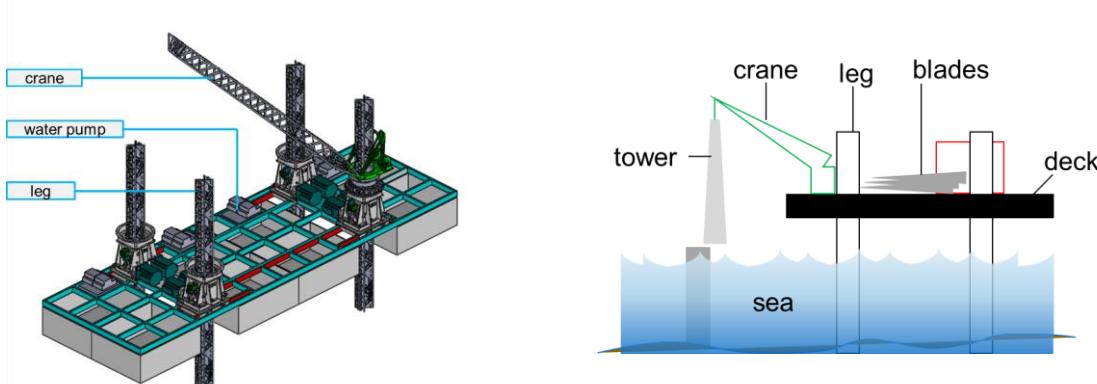


圖 9 模型船示意圖

圖 10 自升船示意圖

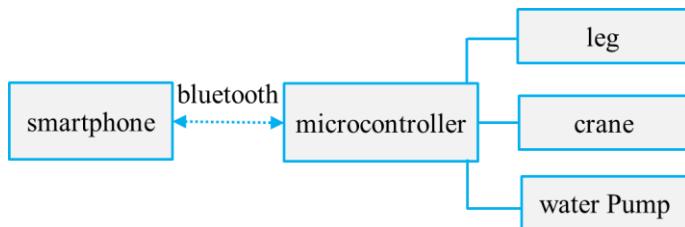


圖 11 船模機電系統控制

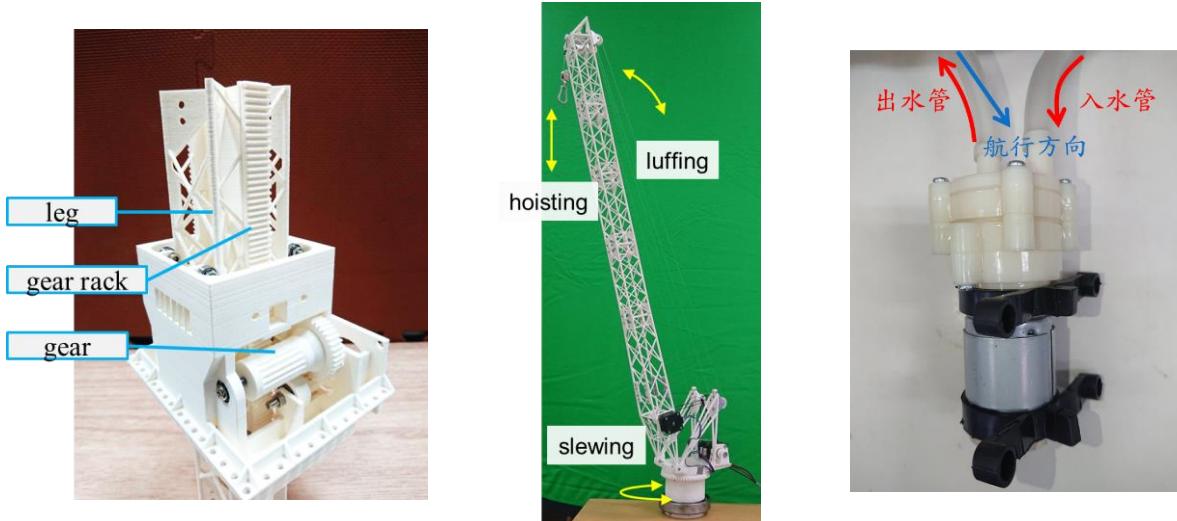


圖 12 升降腳

圖 13 起重機示意圖

圖 14 水泵

以上 3D 列印教材和展具在學校 TronClass 網頁公開，讓學生不但有機會使用課程教材，也希望在學期蒐集意見，並鼓勵修課學生學習使用 3D 列印技巧對結構設計理念進行測試與開發。雖然計畫時間只有一年，但是希望未來可以讓修課同學參與教材開發，以學生的角度設計新的教學工具。

## (2) 教師教學反思

目前教學影片的錄製還有很大的進步空間，另外學生的使用率也需要想辦法配合課程的設計才有增加的機會。本計畫最有成就感的是實體教具的製作，學生與助教協助將桁架積木設計到完成，並測試使用，遙控自升船的製作也讓學生有機會把系統工程與

造船兩個大主題的相關課程完全整合在一起，非常的難得。希望未來在有限的資源下，可以繼續鼓勵學生將所學實用在工程設計上。

### (3) 學生學習回饋

由於頁數有限，以下節錄學生在教學評鑑中有關本計畫的部分

- 透過 tronclass 補充老師上課未講完的例題以及補強，非常好。但希望助教作業解答可以盡量照老師上課教法或課本解法解題不然很難理解。
- 做實驗蠻有趣的，但是紙橋的桿件好難做，需要手工藝大師的支援
- 紙橋好難 預報好多

## 二. 參考文獻(References)

- [1] Cotteleer, Mark, and Jim Joyce. "3D opportunity: Additive manufacturing paths to performance, innovation, and growth." *Deloitte Review* 14 (2014): 5-19.
- [2] Lipson, Hod. "Printable 3D models for customized hands-on education." *Mass Customization and Personalization (MCPC)* (2007).
- [3] Swaminathan, Saiganesh, et al. "Supporting the design and fabrication of physical visualizations." *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2014.
- [4] Jansen, Yvonne, and Pierre Dragicevic. "An interaction model for visualizations beyond the desktop." *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 19.12 (2013): 2396-2405.
- [5] Martin, Robert L., Nicholas S. Bowden, and Chris Merrill. "3D printing in technology and engineering education." *Technology and engineering teacher* 73.8 (2014): 30.
- [6] 李隆誠；吳東諺；陳振明. 資優教育課程設計之新資源-開放式課程 (OCW) 之介紹. *雲嘉特教期刊*, 2010, 11: 71-77.
- [7] 何榮桂. 大規模網路開放課程 (MOOCs) 的崛起與發展. *台灣教育*, 2014, 686: 2-8.
- [8] MARTINEZ, Sergio. OCW (OpenCourseWare) and MOOC (open course Where?). *Proceedings of OpenCourseWare Consortium Global*, 2014.
- [9] 楊鎮華；磨課師推動計畫. 民 103 年, 2013, 12.
- [10] FERNÁNDEZ, José Vida; WEBSTER, Susan. From OCW to MOOC: Deployment of OERs in a Massive Open Online Course. The Experience of Universidad Carlos III de Madrid (UC3M). *Open Praxis*, 2014, 6.2: 145-158.
- [11] HOLLANDS, Fiona M.; TIRTHALI, Devayani. MOOCs: Expectations and Reality. Full report. *Online Submission*, 2014.
- [12] 康仕仲. 線上開課 工程圖學磨課師 (MOOCs) 經驗談. *營建知訊*, 2014, 380: 54-58.
- [13] 蔡瑞君. 翻轉教室之過去，現在與未來. *教育脈動*, 2015, 1: 21-33.
- [14] MANGAN, Katherine. Inside the flipped classroom. *Chronicle Of Higher Education*, 2013, 60.5: B18-B21.
- [15] BRAME, Cynthia. Flipping the classroom. *Retrieved, August, 2013*, 29: 2013.

### 三. 附件(Appendix)

與本研究計畫相關之研究成果資料，可補充於附件，如學生評量工具、訪談問題等等。

#### 附錄一 影片製作

影片後製較著重於畫面排版、動畫設計，不需要太多的特效，普通的影片剪輯，軟體功能已足夠編輯使用。市面上也有專門提供教學影片編輯的軟體，本計畫製作範例使用的編輯軟體為EverCam。EverCam 擁有錄製和編輯功能，其編輯介面簡潔，功能鍵不會太複雜，只要按下內嵌於 PowerPoint 的 EverCam「錄影鈕」(取代原來的「投影片放映鈕」)，就會進入簡報畫面並且開始錄影 (含講師、聲音、畫面和滑鼠位置等)。如圖 15，接著，就如往常一樣的操作，做動畫、換頁或用畫筆註記 … ，在錄影的過程中，EverCam會為每一頁投影片建立索引，讓編輯或閱讀影片時更方便瀏覽。讓編輯或閱讀影片時更方便瀏覽。當結束簡報時 (例如按 Esc)，EverCam 就會同步結束錄影，這時候，上課的內容已經成功錄製成教學影片了。

除了內嵌於 PowerPoint 的錄影介面之外，EverCam 也是一套獨立的螢幕錄影軟體，可以錄下任何軟體操作的過程。



圖 15 EverCam 編輯介面(圖片來源：EverCam 官方網站)

EverCam的其中一個優點是在錄影過程中如果有需要重錄或是補充的地方，EverCam錄影是以投影片為一個單位，如果是同一份 ppt 檔案，再次按下 EverCam 錄影鈕，新的錄影就

會自動接在之前影片的後面，如圖 16所示，就像攝影機、錄音帶的觀念一樣。因此，不需要額外的影音剪接操作，就可以將同一份課程分段錄影，並自動合併成一份完整的教材。

影片後製的時候，主要是將人物影像放在畫面上方角落，加入鼠標特效，如圖 17，然後將影片的開頭秒數倒數和結尾關閉錄影的畫面分割刪除，就可以把專檔以MP4格式輸出，MP4為適合網路上傳的格式。製作簡報的同時，可以將預設人物畫面擺放位置標示出來，能避免後製時人物畫面遮蓋簡報內容。

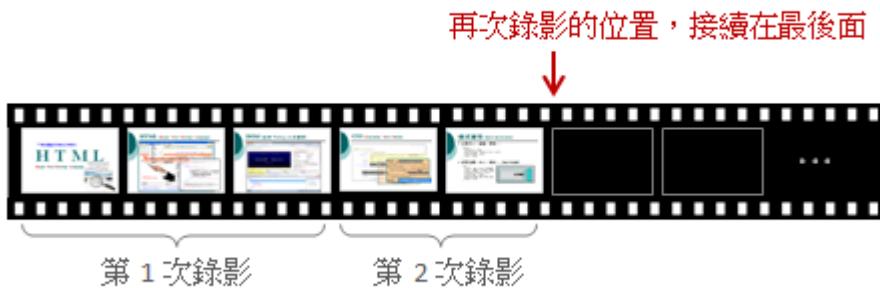


圖 16 EverCam 的功能：自動接續錄影(圖片來源：EverCam 官方網站)

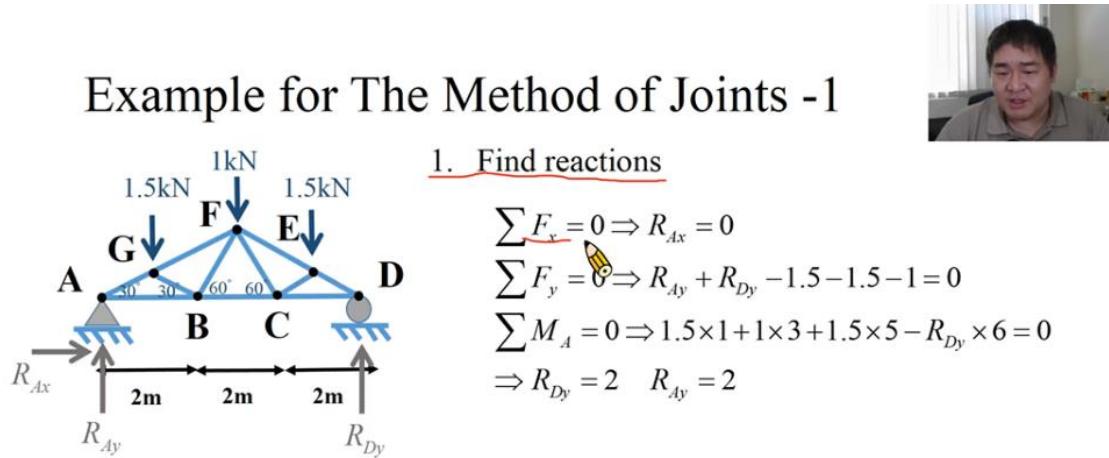


圖 17 畫面排版與鼠標特效(鉛筆)

另外可以使用OBS軟體(Open Broadcaster Software)，OBS是一直以來網路直播主所使用的跨平台串流媒體與錄影程式，如圖 18所示，一樣能夠自由編排錄影畫面，除了投影片內容、視訊鏡頭，還能夠在畫面上放其他圖片檔、動畫檔，或是文字或是遮罩，能夠在錄影時就知道影片錄製出來的樣子，有點類似將一部分後置的動作在錄影片前進行，而且這個軟體是開源免費的，錄製時只需要按下開始錄製的按鈕，結束的按鈕也在同個位置，並且會自動將錄

下來的影片存在指定資料夾中，十分方便操作好上手。

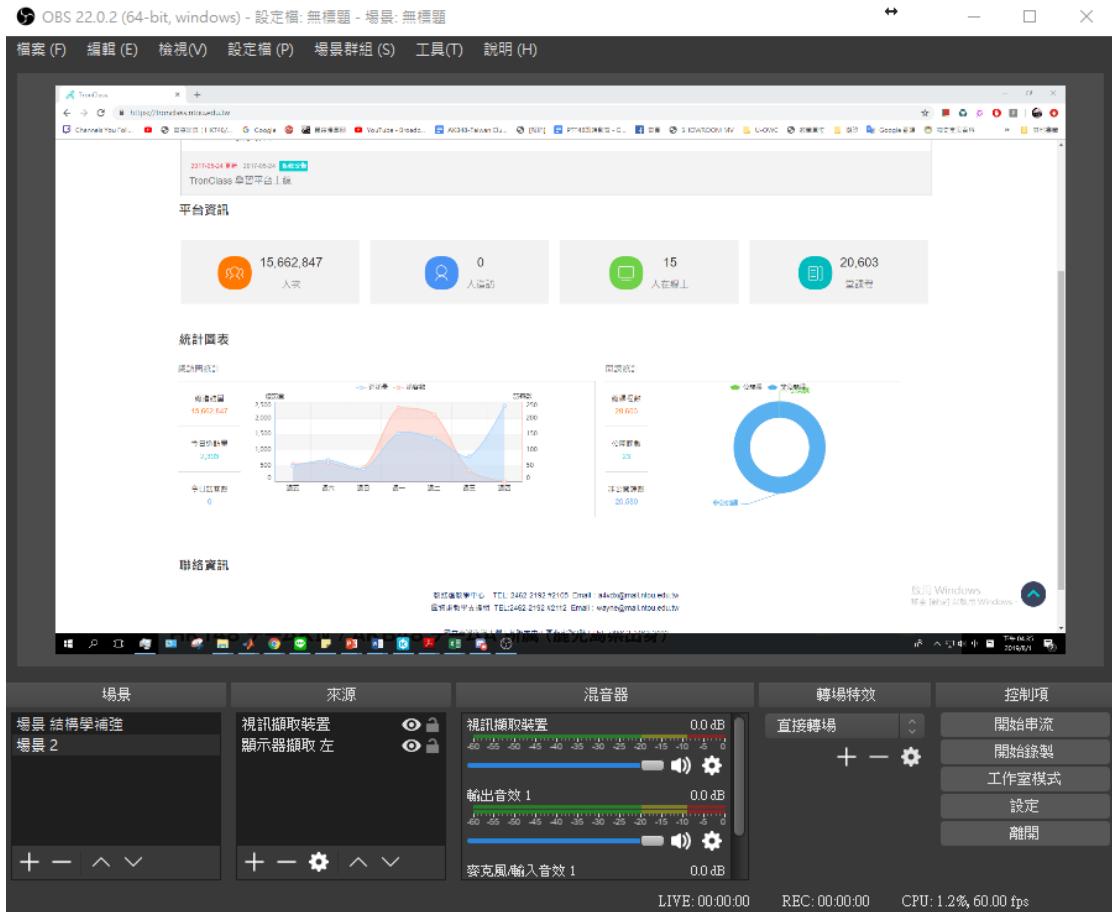


圖 18 OBS 界面，可自由設定場景與擷取範圍

本計畫所製作完成的影片會，會在 YouTube 專用帳戶上傳教學影片，播放清單如圖 19 所示，也會利用學校TronClass 開放平台上分享，讓影片在網路上方便流通觀賞，課堂中再由老師提醒學生點閱影片的管道，依照學校課程進度選擇適當的影片。短片教學雖然製作時間很長，但是能讓學生培養課前預習的習慣，在課堂上發揮主動學習、同儕討論以及與老師互動的效果，每個人都知道課程內容的基本知識，減少課堂上溝通障礙，增加課堂時間的運用效率。



圖 19 影片上傳 YouTube

## 附錄二 觀看紀錄

我們目前整理的資料只計有每個人的觀看時數，因此取得每個人觀看的時間後轉換為百分比，根據各個影片發布時間、內容、以及使用率的比較可以推測出一些學生使用習慣與情況。

結構學第一次作業是材料力學的內容，可能是有點忘記，加上是第一次的影片可能覺得新鮮，所以看的人比較多。第二次補強影片這次的作業才是結構學第一次作業，所以也有很多人看。前三次作業屬於第一次段考的範圍，所以看得比較認真。第四次作業在期中考週，因此沒有回收作業，也沒有製作補強影片，有問題的學生會直接找助教詢問因此沒有統計資料。

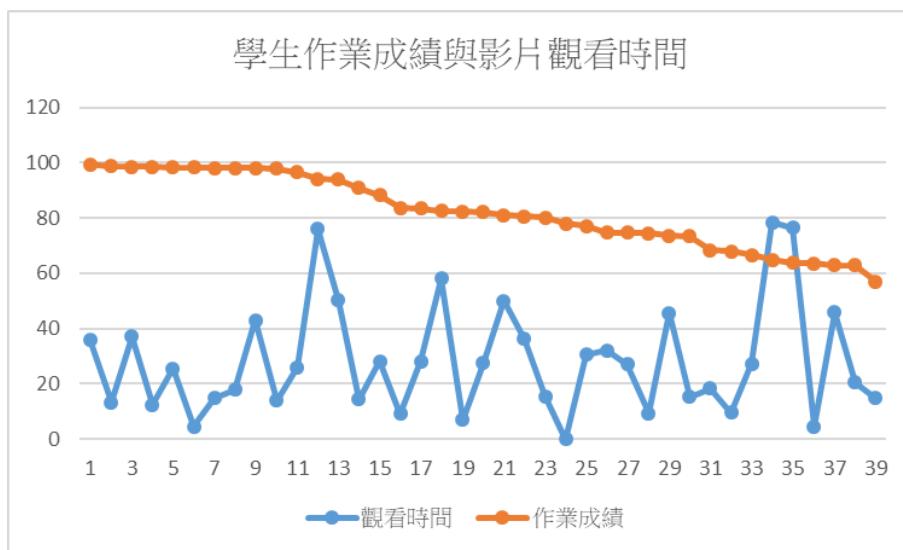
	HW01	HW02	HW03
平均(每部影片)	41.66%	41.52%	22.06%

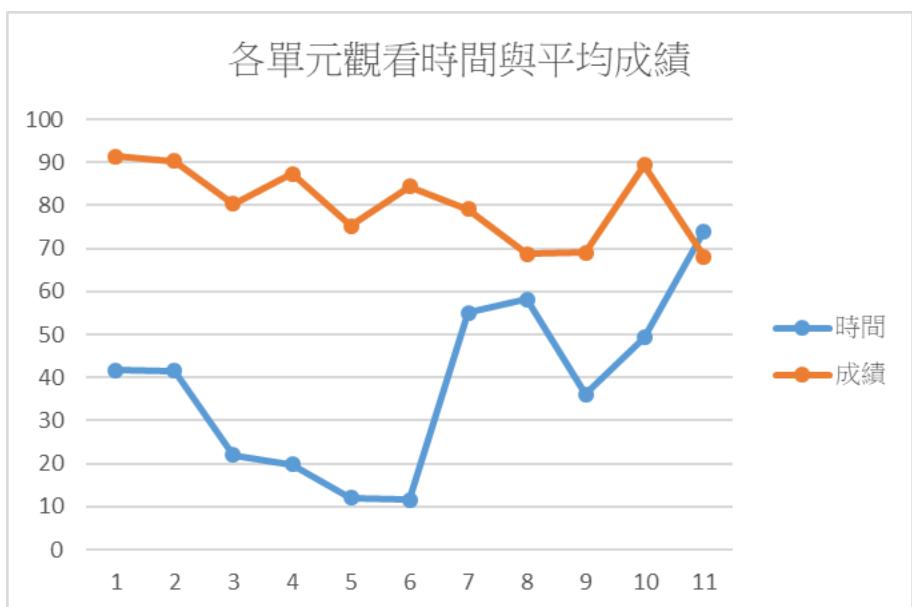
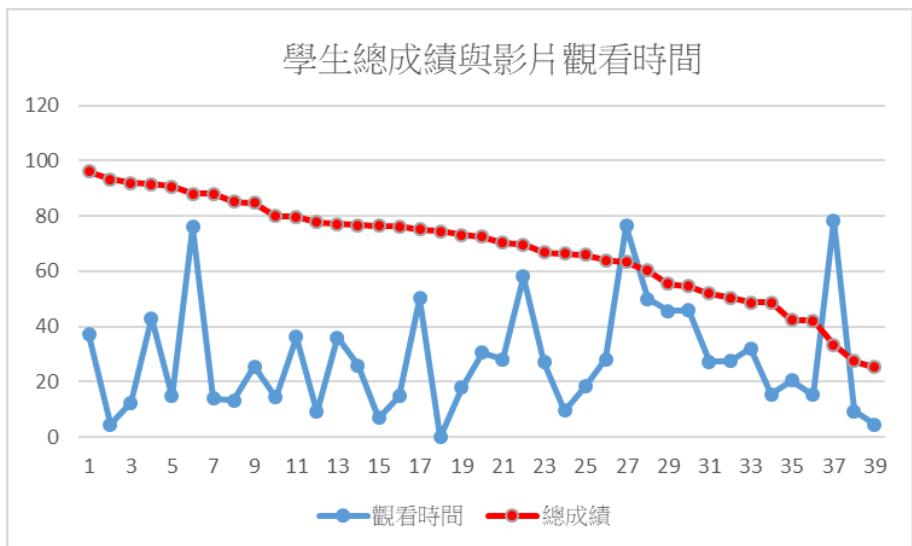
第五次作業開始是第 2 次期中考的範圍，段考結束後的第一次補強還有一點使用量，但是第六與第七次的使用率開始大量降低，可能原因是拍攝影片用的投影片用到許多手寫的講義，在投影片畫面上變的比較不清楚，因此使用意願下降。

	HW05	HW06	HW07
平均(每部影片)	19.81%	12.08%	11.59%

第 8 次補強開始的投影片回歸到全部使用電腦作圖以及打方程式，並且這次開始有施加獎勵制度，觀看時間以及人數大增。

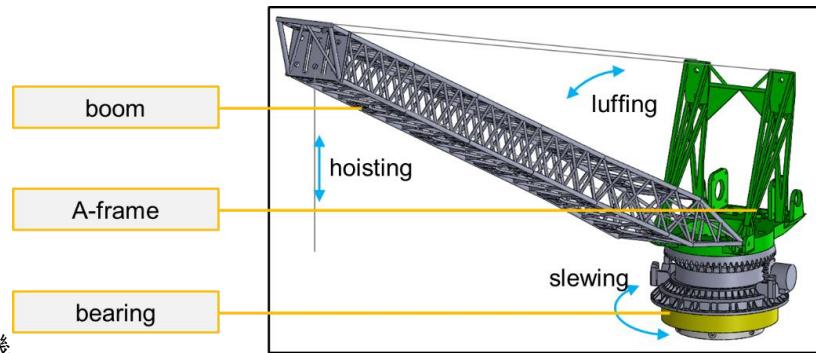
	HW08	HW10	HW11	HW12	HW13
平均(每部 影片)	55.02%	58.10%	36.07%	49.25%	74.01%



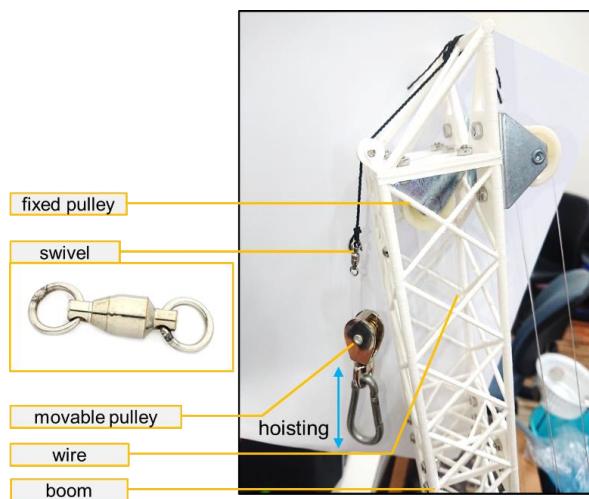


### 附錄三 起重機構造及零件圖

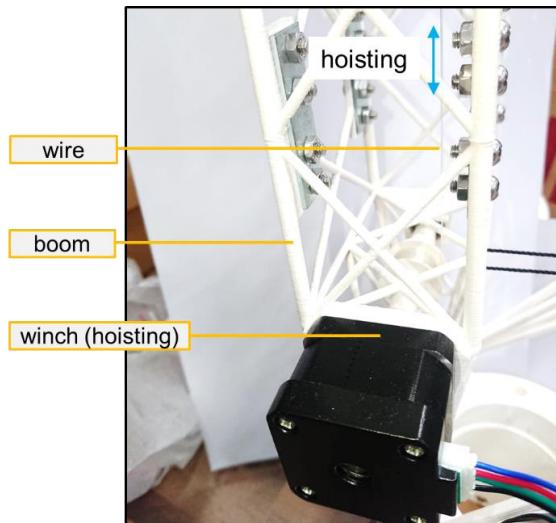
1. 起重機



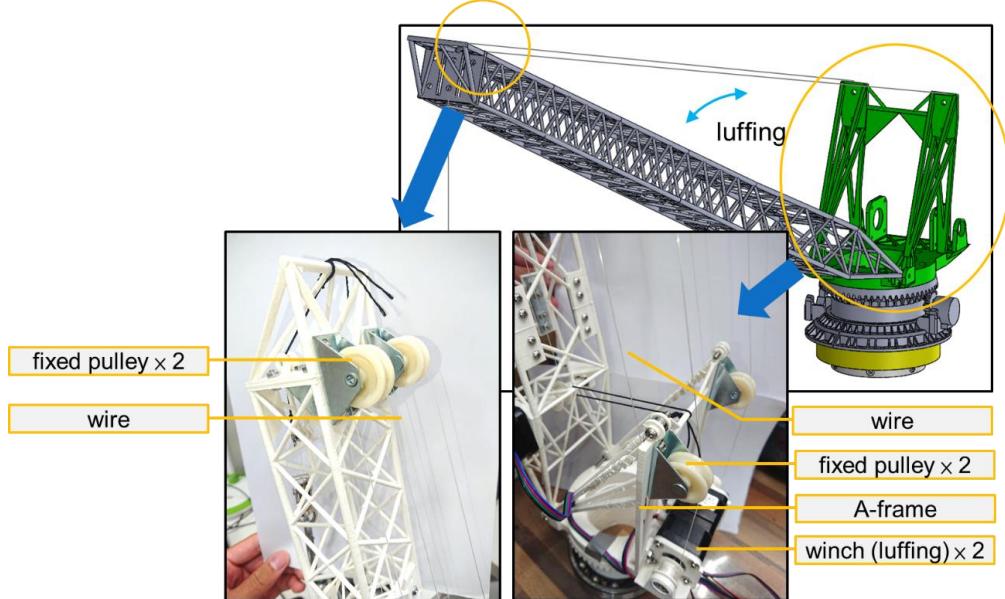
2. 吊臂(boom)末端



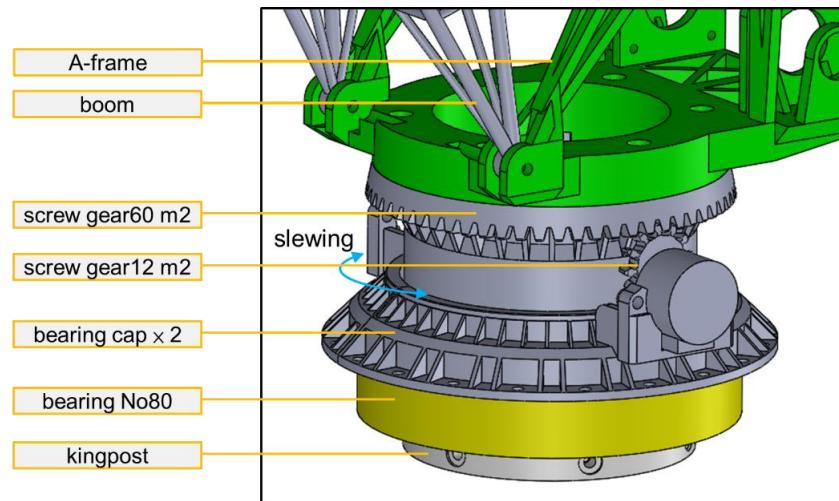
3. 吊臂(boom)前端



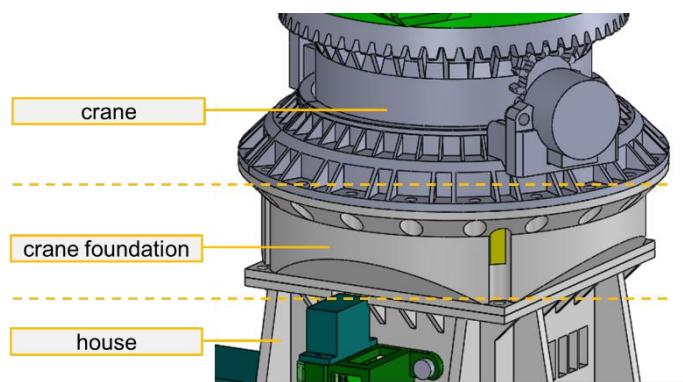
#### 4. 吊臂(boom)抬舉



#### 5. 起重機底部

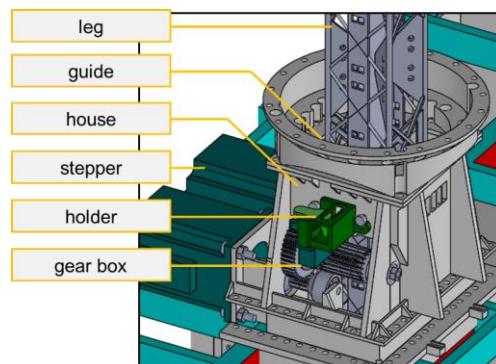


#### 6. 起重機安裝基座(其中一組升降腳踏 house)

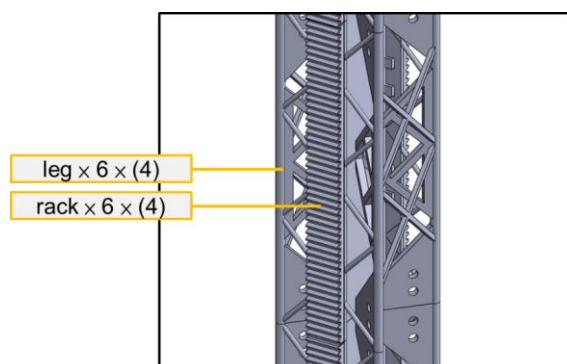


#### 附錄四 升降腳構造及零件圖

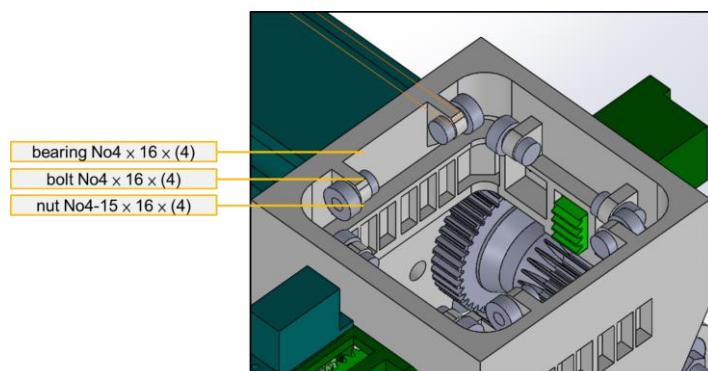
##### 1. 腳艙(leg house)



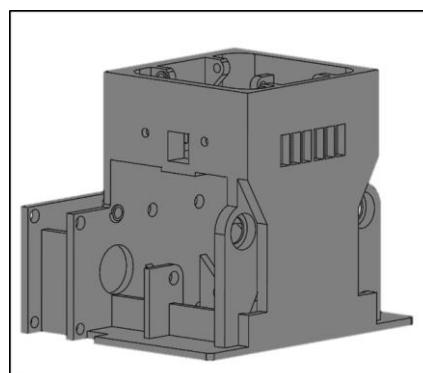
##### 2. 升降腳(leg)



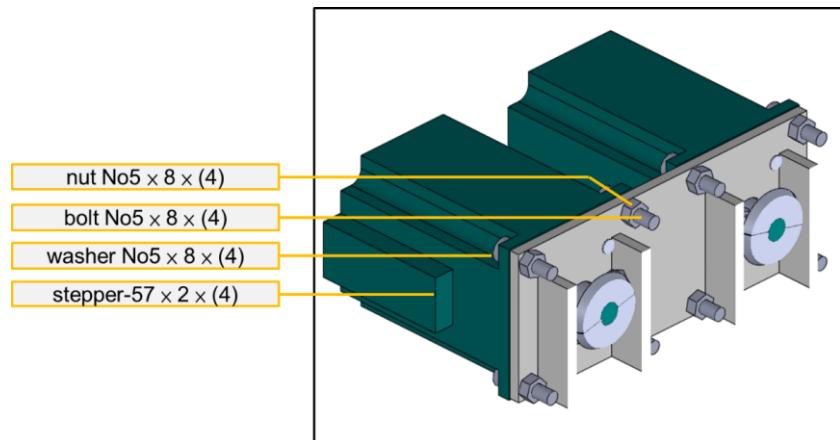
##### 3. 導槽(guide)



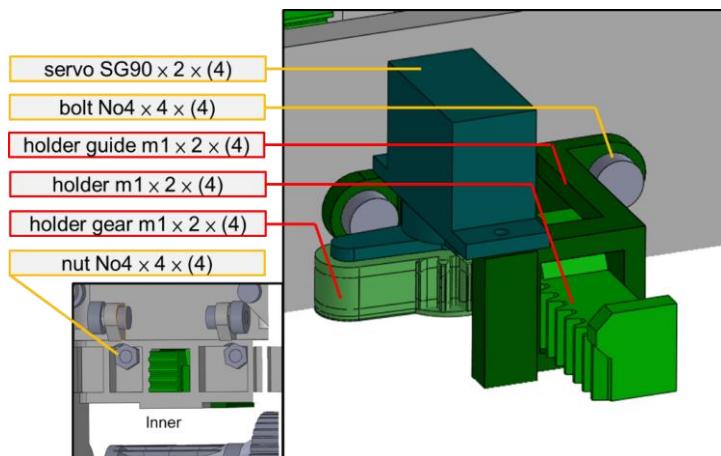
##### 4. 升降腳艙(house)



## 5. 步進馬達(stepper)



## 6. 鎖定齒(holder)



## 7. 齒輪箱(gear box)

