

屏東縣第 64 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學科(一)

組 別：國小組

作品名稱：「橋」科為奇-橋梁結構分析

關 鍵 詞： 橋梁、 、 （最多三個）

編號：A6001

製作說明：

1. 說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
2. 編號：由承辦學校統一編列。
3. 封面編排由參展作者自行設計。

「橋」科為奇—橋梁結構分析

摘要

台灣地形特殊，有許多河川，需要橋梁的協助，才可以讓台灣的交通愈來愈便利。如果橋梁不夠堅固，就有可能發生像 2019 年 10 月 1 日上午 9 時 30 分發生的【南方澳大橋斷裂事故】一樣的案件，死傷慘重。為了避免再讓這種遺憾重蹈覆轍，我們決定要用相同的材料，做出相對較堅固的橋。

壹、研究動機：

我們決定要做橋這個主題，是因為橋是人們生活中不可或缺的一部分，希望可以透過研究橋的構造，來比較哪種較堅固。

貳、研究目的：

如何用輕便的材料完成一座既堅固又不易倒塌且美觀的的橋樑，是我們此次科展要探究的目的。

參、研究設備及器材：

尺、美工刀、保利龍膠、鉛線、鋸子、裁刀、竹子、竹筷子、書本、多功能天平、電子秤、平板、法碼、鉛筆、橡皮擦、飛機木、砂紙、圖畫紙、棋盤、紅筆、剪刀、紙捲、鉛線。如圖 1~4



圖 1



圖 2



圖 3



圖 4

紙捲：

【橋樑 1】(達文西橋)：

橋面底部：18.5 公分 10 支、15.5 公分 2 支、9 公分 6 支

橋體結構：(18.5 公分 15 支) X3 組

【橋樑 2】：(直立橋墩)

橋面底部橫向紙捲：39 公分 4 支、10 公分 9 支、橋面底部縱向紙捲：10 公分 17 支。

橋墩：16 公分 69 支

橋面支撐柱(斜抵橋墩等紙捲)：18.5 公分 8 支、8.5 公分 10 支、9.5 公分 6 支、11 公分 2 支、11.5 公分 2 支、2.5 公分 2 支、1.5 公分 6 支。

鉛線：強化結構用，為了增加橋樑脆弱處的中心強度，我們決定在【橋樑 1】與【橋樑 2】的骨幹支撐處綁上鉛線，希望能加強支撐，讓骨幹不易往兩邊裂開而垮掉。如圖 5、6



圖 5



圖 6

肆、研究過程或方法：

一、上網搜尋各種橋梁結構，決定、設計想搭建的橋樑。如圖 7~14



圖 7



圖 8

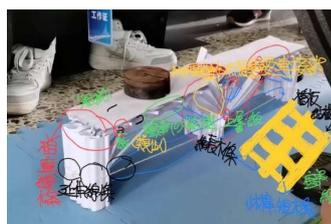


圖 9



圖 10

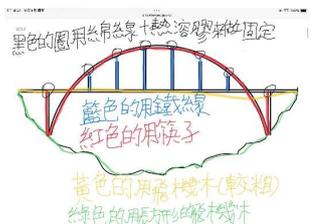


圖 11

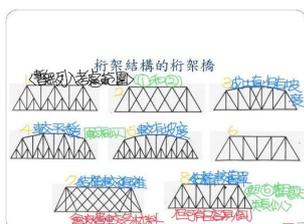


圖 12



圖 13



圖 14

二、橋樑結構材質的選定：

一開始的時候，因為沒有考慮到材質不同，所以我們一組用筷子，一組用正常的木頭，後來老師提醒，材質不同實驗結果會被影響，無法比較。也因此造成過程中，材質選擇一再更換。材料選擇過程如下：飛機木 → 竹子（廢棄掃具柄） → 竹筷子 → 紙捲



飛機木：如圖 15

木板：(大) 95 cm*8 cm、(小) 74 cm*8 cm

木條：(圓) 90 cm*4 mm、(小) 90 cm*3 mm、(大) 90 cm*5 mm

木棍：(長) 90 cm*15 mm、(短) 17 cm*15 mm、(圓) 16.5 cm*4 mm、(小) 15 cm*3 mm、(大) 17.5 cm*5 mm。

淘汰原因：因為太脆弱、無法彎成拱形（【橋樑 2】原本要做成拱形支撐）。



圖 15

竹子：半圓弧長約 43.96 公分。如圖 16、17

淘汰原因：利用廢棄掃具剖成竹片，粗細無法統一、不易製作。



圖 16



圖 17

竹筷子：長 19.5*0.5 毫米。如圖 18~21

淘汰原因：太軟、太脆弱；且兩組用的材質不同，【橋梁 1】用竹筷子，【橋梁 2】用竹子，難比較。



圖 18



圖 19

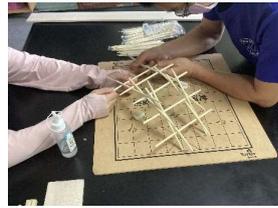


圖 20



圖 21

紙捲：【橋梁 2】那組捨棄原本橋梁需做拱形的結構，所以，最後統一採用較堅固的手做紙捲取代竹筷子。

三、紙捲製作：如圖 22~25

1.用圖畫紙製作大量紙捲。

2.如何製作：首先將需要的紙捲長度量好並畫在圖畫紙上，接著再使用美工刀進行裁切，然後捲成棍棒狀，再由老師全力捲到最細，最後用保麗龍膠黏貼固定就完成了。



圖 22

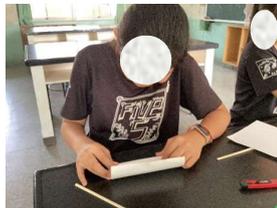


圖 23



圖 24



圖 25

四、利用紙捲搭橋：

【橋梁 1】(達文西橋)：如圖 26~29

過程中，進度落後，是因為每黏 2 根，就要等保利龍膠乾，至少要等 20 分鐘，整組做完，就要花掉好幾天的時間，再加上，如果歪掉了，又要拆掉重新組裝，一切又得重來，經歷了許多挫折與失敗，過程是既艱辛又困難。



圖 26



圖 27

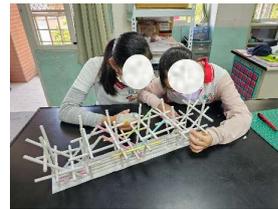


圖 28



圖 29

【橋梁 2】(直立橋墩)：如圖 30~33

完成每根紙捲後，因為紙捲的長短各不相同，需要進行裁切，將紙捲統一變成合適的長度，才能進行黏貼和組裝。否則容易因為橋墩底部不平整，而產生傾斜或倒塌，降低支撐程度，受力不平均；讓橋梁在實驗中不易毀損，增加支撐重量，達到承重平均的結果。



圖 30



圖 31

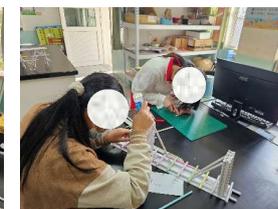


圖 32

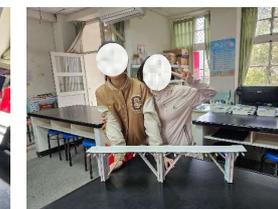


圖 33

五、各橋梁承重測量：如圖 34~36

1.先將書本用電子秤一一測重，並記錄在書本上。



圖 34



圖 35



圖 36

2.將書本分批放置橋樑上，直到發現無法承受即停止，再累加書本的總重。

3.各橋梁承重實驗記錄

【橋梁 1】(達文西橋)：如圖 37~44

竹筷子橋梁 3 座，分別承重：3103.5/3720.7/4961.6 g，支撐的四個腳，斜→接近垂直。

實驗結果發現：橋梁的四個腳較斜，支撐力較差；橋梁的四個腳較垂直，支撐力較強。所以，改用紙捲搭【橋梁 1】時，支撐橋梁的四個腳得盡量做成垂直。



圖 37



圖 38



圖 39

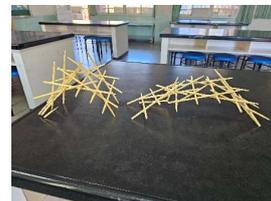


圖 40

紙捲橋梁承重測量：9929.3 g。



圖 41



圖 42



圖 43



圖 44

【橋梁 2】(直立橋墩)：如圖 45~50

分 3 種位置放置，書本放置以重量相近且分批同時放置各個點，此放法有利平衡不易垮掉，而在計算重量時，僅取其中一個累加即可，彼此間的差距不大可忽略。

位置 1：放三座直立橋墩上，測量其中一個橋墩承重是 8224.1 g。



圖 45



圖 46



圖 47

位置 2：放三座直立橋+中間橋面，測量其中一個中央橋面承重 6377.1 g。



圖 48



圖 49



圖 50

位置 3：只放中間橋面，測量其中一個中間橋面承重是 4557.2 g。



圖 51



圖 52



圖 53

伍、研究結果：

1. 【橋梁 1】：

第一次測量時，未垮掉，但已到放學時間而暫停。隔天重新擺放前一天的書本量，可能是擺放造成壓力不平均，在靜置等待下一批書過來繼續堆疊時，垮掉了，紀錄只能停留在前一天，若前一天未中斷，真正承重必超過 9929.3 g 許多。

2. 【橋梁 2】：

(1)只放橋墩上方**位置 1**時，可以承受較大的重量。

(2)紙放中間橋面**位置 3**時，承重最少。

(3)**位置 2**之所以會比**位置 3**還更能承重，應該是因為有重物壓在橋墩上方，而且在橋墩的位置只需放些許重量，不須跟中間橋面一樣不斷加重，就可抵住來自中間橋面的壓力，就像一般橋墩底部灌了水泥、打了地基來固定橋墩一樣，應該可以強化結構，承受更多重量。

3. 【橋梁 2】測量並未進行到橋真的垮掉，而是在擺放到最後每放一本書時，橋面已明顯下壓變形，可能將垮掉，怕被跨下的書本砸傷，在安全起見下推測可能無法再堆疊上去而停止，所以，三次測量承重應該都會比實測值多。

陸、討論：

1.組成【橋梁 2】橋墩的紙捲長短不一，造成橋墩不平穩，即使事後裁切，也無法讓橋墩較為穩固。

改進方法：要做這樣的橋墩時，得先將每張製作紙捲的紙裁成等長後，再捲成棍棒狀。

2.一開始推測【橋梁 2】應會比【橋梁 1】更能承重，但實驗結果卻出乎意料之外，不過，可能是因為【橋梁 2】並沒有測量到垮掉，若繼續測量，數值也許會比【橋梁 1】大。

3.當橋樑的支撐結構越密集、對稱時，支撐重量可以更重。

例如：【橋梁 2】增加支撐中間橋面的斜撐骨架數量、多一層橋面下橫向紙捲，橋面應該能承受更多重量。

4.擺放位置較平均，且書本擺放位置沒有不穩，應可以承受更大的重量，如【橋樑 1】。

5.過程中發現要搭起一座堅固的橋，無論是【橋梁 1】還是【橋梁 2】，都須考慮許多層面，如結構對稱、分散壓力、架構平穩……等，過程繁瑣困難，若是蓋實際的橋，一定非常艱難。

柒、結論：

1.如果書本擺放位置比較平均，且書本沒有歪斜，可能可以承受更大的重量。

2.當橋樑的支撐結構愈扎實時，支撐書本的總重量會愈大。

3.當【橋梁 1】的主要支撐愈接近垂直且十分對稱時，所能承受的力量將會更大，承載的重量愈大。

4.【橋梁 2】的橋墩底部與平整，就能在橋梁支撐受力時，不會倒塌，成功分散更多重力，達到預期的效果。

5.想要做出堅固的紙捲並不是一件容易的事。首先要把圖畫紙捲成圓柱形，在讓紙捲由反方向往前推，會越推越緊，直到無法再緊，製作時如果時間太長，手心骨頭的地方很容易就會痛，捲完以後還要用保麗龍膠，把紙捲黏好，這樣才可以讓紙捲變得比較堅固。

6.因為【橋梁 1】的主要支柱如果完全垂直，且非常對稱，可承受的重量會比較斜、較不對稱的橋還要大。所以在製作達文西橋的時候，要時不時檢查一下，有沒有對稱、有沒有歪掉。好幾次因為沒有注意，而全部重搭。

7.【橋梁 2】進行位置 2的測量時，如果橋墩也跟著中間橋面同步不斷加重，若橋墩夠穩，應該能抵住更多來自橋面的重壓，承受的重壓可以更提升。

捌、問題：

手做紙捲時，也衍生不少問題。

問題 1：紙張長度、紙張厚度沒有統一，做出來的成品長短、堅固程度都不一，影響橋的主要支柱高低不平。

解決方法：我們嘗試過色紙，但長度太短、捲出來的成品太軟；也嘗試過厚紙板，因為太厚較難捲、容易有摺痕，才把材質都換成圖畫紙。

問題 2：在搭【橋梁 1】(改良的達爾文橋)的過程中，有時候因為距離沒有取好，導致整座橋都是歪的，結構不穩，而得全部重搭。

解決方法：拿棋盤的格子當判定標準，並嚴格的把紙捲對齊。

問題 3：製作紙捲的時候困難重重，一旦施力不均，紙就會破裂，那一個就不能用了。

解決方法：剛開始捲時，要小心力道要剛好，等捲得緊一點後，才加大力道，要不然紙捲被壓成橢圓形後，就會變得很難捲，就算硬壓，也不一定能變回來的，這是我們要注意的事情。

玖、參考資料及其他：

1.Google search 網路上各類橋梁照片，討論並畫出可行的結構。

2.觀賞網路橋梁承重設計比賽影片。

3.學習達文西橋搭建技巧。

https://www.youtube.com/watch?v=r4lGfXcKAqs&ab_channel=%E5%93%88%E5%96%BD%E7%8E%8B%E5%8F%94hellowang