

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱： 橋梁最佳抗彎強度之桁架型式探究
一、摘要
<p>桁架是由若干個三角形單元所組成之結構，為工程及生活上常見的一種結構體系，在土木工程界及日常生活中已被廣泛使用，例如：屋頂結構、鐵路橋及鑽石型自行車車架.....等。由於桁架外觀及型式皆會影響結構強度，而結構強度影響了其安全性，因此本研究在瞭解基本三角桁架與梯形桁架之差異後，探討常見的桁架型式，並針對郝氏桁架、普拉特桁架、華倫桁架、四角華倫桁架，製作四座木構造橋梁，再以抗彎試驗機加以測試，將最大載重除以木橋自重所得之載重比進行抗彎強度分析。結果顯示：1.華倫桁架的結構抗壓強度比其他三者強，其次是普拉特桁架、再來是郝氏桁架，最後則是四角華倫桁架；2.在抗壓試驗中各個桁架的斷裂處大多位於膠結黏合處，顯現出桁架在抵抗外力時，以接合處最為脆弱；3.郝氏桁架載重比為 264.6，普拉特桁架載重比為 262.9，兩者僅差 1.7，相差甚小；4.華倫桁架載重比為 209.8，四角華倫桁架載重比為 202，華倫桁架較四角華倫桁架高 7.8；5.普拉特桁架為自重最重者，但其載重比並非最大者（比郝氏桁架低 1.7）；華倫桁架為自重最輕者，但其最大載重與載重比並未是最小者（最大載重比四角華倫桁架高 0.9，載重比比四角華倫桁架高 7.8），由此可知自重、最大載重及載重比並不會成比例增加或減少。</p>
二、探究題目與動機
<p>橋樑在生活中扮演者非常重要的角色，交通運輸若是沒有橋樑許多地方恐怕都到不了，但為何橋的外型看似相同卻有著不同結構呢？隨著生活品質提高，現代人越來越注重居住環境的安全，而桁架也是建築物中重要的基本結構，因此為了更加了解如何改善桁架之穩固度，我們藉由製作不同型式桁架的木構造橋樑，對比結構穩定性及強度之差異，尋找使建築物更安全的桁架型式。</p>
三、探究目的與假設
<p>(一) 目的</p> <ol style="list-style-type: none">1. 瞭解桁架型式對橋梁抗彎強度之影響。2. 尋找抗彎強度最佳之桁架型式。3. 分析不同桁架之最大抗彎強度及載重。 <p>(二) 假設</p> <ol style="list-style-type: none">1. 接合處通常強度較弱，四角華倫桁架接合處較華倫桁架多，因此華倫桁架載重比較四角華倫桁架佳。2. 郝氏桁架及普拉特桁架外型相似，抗彎程度會相近。3. 桁架自重與最大載重成正比。

四、探究方法與驗證步驟

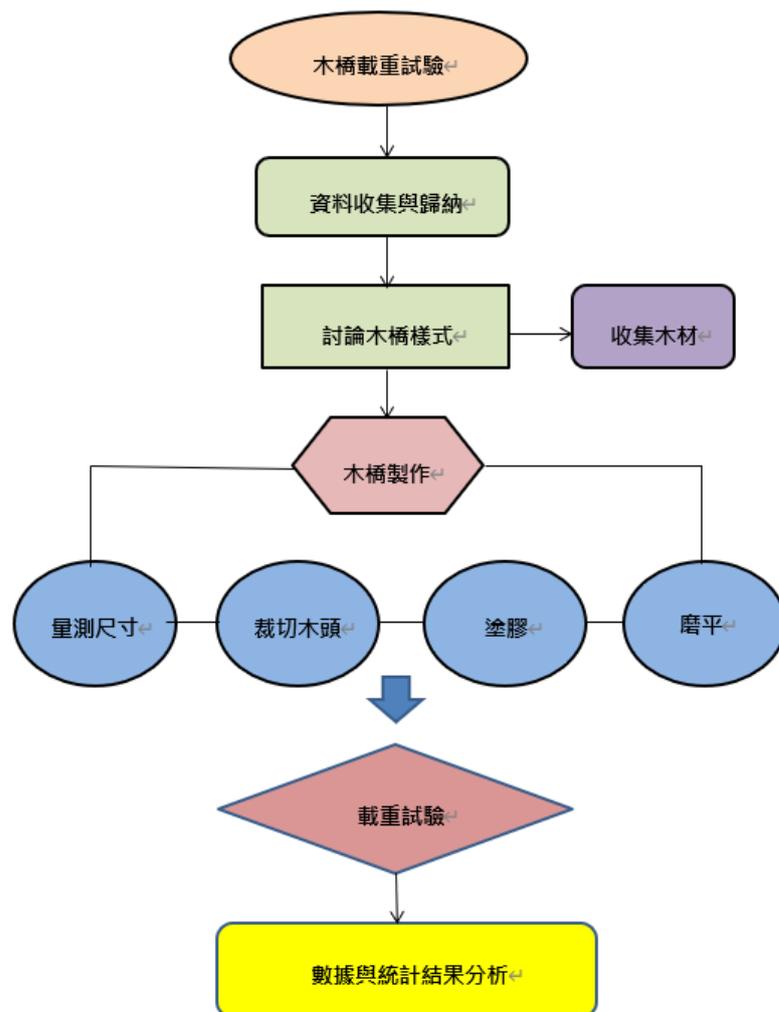
(一) 探究方法

認識基本三角桁架與梯形桁架之差異後，探討常見桁架型式，我們針對郝氏桁架、普拉特桁架、華倫桁架、四角華倫桁架，製作四座木橋，並以抗彎試驗儀以最大載重除以重量進行載重分析。

(二) 研究材料及設備

1. 松木（白木）條（斷面約 3x2 分）。
2. 黏著劑。
3. 線鋸。
4. 砂紙。
5. 直尺。
6. 抗彎試驗機。

(三) 研究流程



圖一：研究流程圖

(四) 文獻探討

1. 三角桁架與梯形桁架

梯形桁架與三角桁架相比，梯形桁架的桿件受力情況會比較好，三角桁架的受力端點處最大，桿件內力的差別較大，梯形桁架雖然也是由三角桁架為起點，但其上、下弦為平行，載重能較均勻分布。



圖二：三角桁架

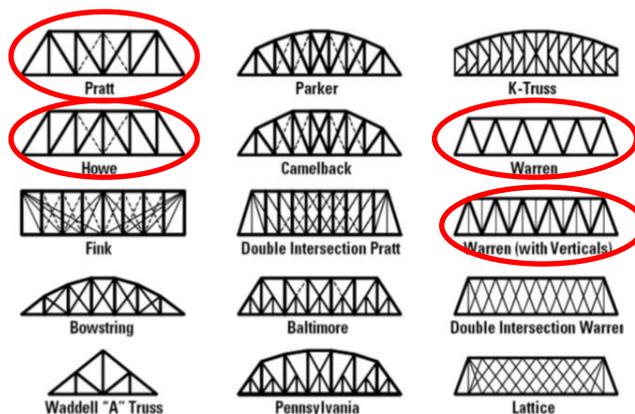


圖三：梯形桁架

(資料來源：本研究製作拍攝)

2. 常見桁架型式

圖四為常見之桁架型式，紅圈之赫氏桁架、普拉特桁架、華倫桁架、四角華倫桁架等四座桁架型式為本次探究重點。



圖四：常見桁架型式

(資料來源：白耀升(2016)。桁架橋目視檢測評估方法與長桿檢測工具之研究。國立中央大學營建管理研究所碩士論文)

(五) 製作步驟

表一：製作步驟



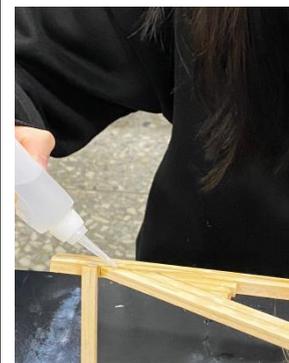
(一) 量測尺寸



(二) 裁切木頭



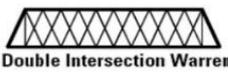
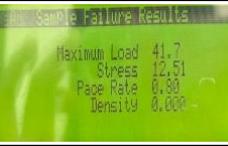
(三) 磨平



(四) 塗膠

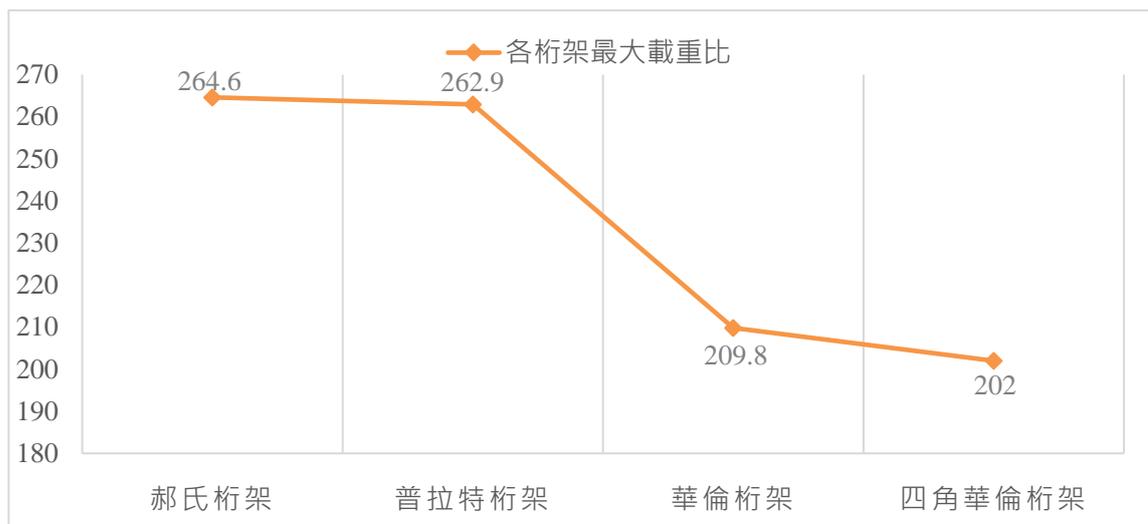
(六) 試驗結果：

表二:試驗結果

樣式	郝氏桁架	普拉特桁架	華倫桁架	四角華倫桁架
樣式圖片	 Howe	 Pratt	 Warren (with Verticals)	 Double Intersection Warren
實際圖片				
數據				
最大載重 (kN)	40.3	41.7	31.4	30.5
重量 (g)	152.3	158.6	149.7	151.0
載重比	264.6	262.9	209.8	202.0
破壞處				
破壞情形	側端桁架斷裂	腹桿中央處斷裂	斷裂於膠合處	固定端斷裂

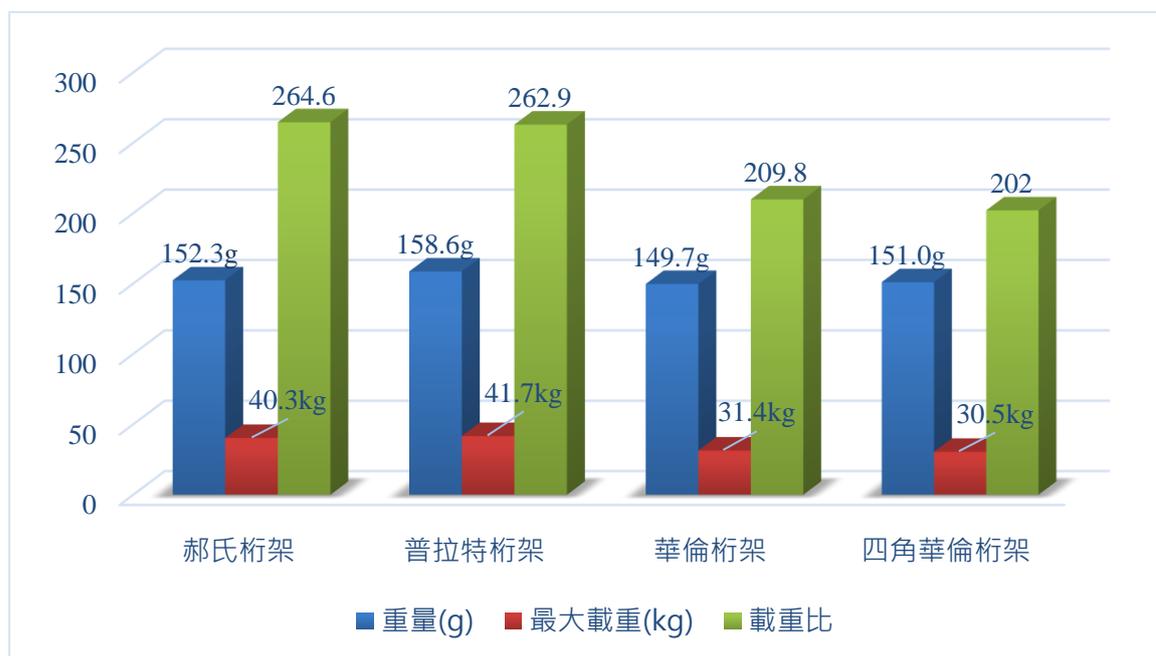
1. 郝氏桁架抗彎強度結果如表一所示，最大載重為 40.3kg，重量為 152.3g，載重比為 264.6，破壞情形為側端桁架斷裂。
2. 普拉特桁架抗彎強度結果如表一所示，最大載重為 41.7kg，重量為 158.6g，載重比為 262.9，破壞情形為腹桿中央處斷裂。
3. 華倫桁架抗彎強度結果如表一所示，最大載重為 31.4kg，重量為 149.7g，載重比為 209.8，破壞情形為斷裂於膠合處。
4. 四角華倫桁架抗彎強度結果如表一所示，最大載重為 30.5kg，重量為 151.0g，載重比為 202.0，破壞情形為斷裂於膠合處。

(七) 結果分析



圖五：各桁架最大載重比

圖五為本研究各桁架最大載重比（最大荷重除以重量），由圖可知最高載重比之桁架為郝氏桁架，其載重比為 264.6；次者為普拉特桁架，其載重比為 262.9，較郝氏桁架低 1.7；第三者為華倫桁架，其載重比為 209.8，較郝氏桁架低 54.8；最低為四角華倫桁架，其載重比為 202，較郝氏桁架低 62.6。



圖六：各桁架重量、最大載重及載重比差異比較

由圖六可看出普拉特桁架為自重最重者，但其載重比並非最大者（比郝氏桁架低 1.7）；華倫桁架為自重最輕者，但其最大載重與載重比並未是最小者（最大載重比四角華倫桁架高 0.9，載重比比四角華倫桁架高 7.8），由此可知自重、最大載重及載重比並不會成比例增加或減少。

五、結論與生活應用

(一) 結論

1. 透過不同桁架形式的對照發現華倫桁架的結構抗壓強度比其他三者強，其次是普拉特桁架、再來是郝氏桁架，最後則是四角華倫桁架。
2. 在抗壓試驗中各個桁架的斷裂處大多位於膠結黏合處，顯現出桁架在抵抗外力時，以接合處最為脆弱。
3. 郝氏桁架載重比為 264.6，普拉特桁架載重比為 262.9，兩者僅差 1.7，相差甚小（與假設吻合）。
4. 華倫桁架載重比為 209.8，四角華倫桁架載重比為 202，華倫桁架較四角華倫桁架高 7.8（與假設吻合）。
5. 普拉特桁架為自重最重者，但其載重比並非最大者（比郝氏桁架低 1.7）；華倫桁架為自重最輕者，但其最大載重與載重比並未是最小者（最大載重比四角華倫桁架高 0.9，載重比比四角華倫桁架高 7.8），此點與假設不符，故由此可知自重、最大載重及載重比並不會成比例增加或減少。

(二) 生活應用

桁架應用於屋頂結構、鐵路橋及鑽石型自行車車架等，因為桁架的設計、製作、安裝均為簡便及跨度範圍廣大，因此受到廣泛的運用，而桁架的設計也從一般三角桁架到現今慢慢利用對稱交叉等不同造型建造出具有創意且安全的形式，所以桁架不只是帶給人們安全，也能讓建築物增添不同風格。

我們這次的探究除了讓大家也能瞭解抗彎強度較佳的橋樑桁架型式外，也可以讓橋梁設計者針對最佳的型式加以延伸設計，並再透過試驗加以驗證，以突破現有之桁架設計，發展更多樣化且安全的橋樑型式。

六、參考資料

- 一、白耀升（2016）。**桁架橋目視檢測評估方法與長桿檢測工具之研究**（未出版的碩士論文）。桃園：國立中央大學營建管理研究所。
- 二、孫德昌（2021）。**基礎工程力學（上）**。新北市：弘揚圖書有限公司。
- 三、林玉麗（2004）。**國產疏伐木應用於桁架橋之研究**（未出版的碩士論文）。屏東：國立屏東科技大學木材工業系。