

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組 工程學(二)科

佳作

052409

傳統建築的風水擋煞景觀研究_以清水祖師廟為
例

學校名稱：新北市立明德高級中學

作者： 高一 黃媛琪 高一 黃毓柔	指導老師： 林步剛 鄭芯臻
-------------------------	---------------------

關鍵詞：尖角煞、氣動聲學、流體力學

摘要

本研究探討民間信仰之古風水「煞氣」到底是迷信還是有其科學中流體力學意涵。本研究以實作及模擬方式，對於所謂傳統風水之「尖射煞」進行研究。結果顯示，尖角形狀確實易產生紊流，造成能量較強氣流，而以擋煞物及傳統屋簷之燕尾形，確實可以降低音頻及氣流能量，八卦形可同時降頻降低氣流能量，但在高風速時表現未若銅錢形為佳。最後經由迴歸分析，發現在低風速時，各尖角及擋煞形狀對於紊流噪聲的表現有高度正相關性，R平方值 > 0.75 。

壹、研究動機

有一次我們相約去彰化大有社區陳家古厝參訪，導覽老師告訴我們台灣的三合院建築，都相當的注重風水與科學，像是當地有一間三合院因為處於兩路的路沖(圖 1)，便在家門口建設八卦蓄水池來擋煞，因為兩條路的風在此匯聚，並分散造成窄管效應，不但有強風會對人體造成風濕及頭風之類的病害，風聲所產生的噪音長期下來也會對人體造成一些疾病，因此利用特定景觀以化解古典風水的「煞」，將這些智慧融合成別有特色的東方建築學。我們回到學校後便開始查找這個所謂「煞」所代表的「東方古代神秘力量」，發現這個「煞」叫做「尖角煞」，從兩路的交叉口到一棟建築物的尖角對另一棟的建築物都有尖角煞，網路更瘋傳 90%的居家建築都很有可能犯「尖角煞」，隨著不同的風水師有不同的化解方法，有的會在遭受「尖角煞」建築物前放置八卦、葫蘆及五銅錢等(如圖 2)鎮煞景觀來擋煞。

我們原本以為這種「東方古代神秘力量」並不科學，與老師討論過後這個尖角煞屬於「風煞」與「聲煞」，在科學上也有物理學流體力學相關的知識可以解釋兩棟建築物之間流體所造成的影響，並且風場的變化也會形成紊流，並產生噪音。我們就想，「尖角煞」的存在是否也會影響風場的變化，並產生噪音呢?距離「尖角煞」建築物多遠的距離會遭受風場的影響呢?什麼樣形狀大小的景觀或有什麼樣的方法在流體力學知識觀點可以有效擋住「尖角煞」呢?並有效地降低「紊流」及「噪音」呢?這些問題引起我們極大的研究動機，並想探討「尖角煞」這種古代中國的智慧是否科學的論戰，便開始我們的科展研究，並以我們在地

三峽精神指標的傳統古厝建築「清水祖師廟」(如圖 3)為例，想以科學方式，探討所謂「尖角煞」的建築學與流體力學的關係。

		
圖 1:彰化大有社區八卦蓄水池擋煞三合院	圖 2:用於擋「煞」的五銅錢	圖 3:三峽清水祖師廟

貳、研究目的與問題

- 一、藉由風洞與水流實驗，探討尖角形狀之流場軌跡，並與模擬結果比對。
- 二、分析不同尖角形狀之噪音頻譜分析圖(FFT 圖)。
- 三、藉由模擬實驗，探討實際大小尖角之紊流與噪音，並與實體實驗比對。
- 四、加入擋煞景觀模型，再次進行實體與模擬實驗，探討擋煞景觀之優劣。
- 五、綜合以上，經由流體力學分析後，得出如何防範古風水中尖角煞。

參、研究設備及器材

一、本研究使用之器材與儀器

				
雷射切割機	3D 列印機	高速攝影機	打光燈	消音棉
				
LED 燈條	風速計	水煙霧產生器	無聲送風扇	

圖 4 器材儀器表

二、本研究預計使用之工程軟體

(一). **ANSYS**: 計算流體力學分析軟體:因本研究無法實際製成等大於現實之建築，因此使用 ANSYS 模擬尖角與擋煞模型在不同形狀、有無擋煞物和不同尖角角度下的流場變化，如下圖 6(a)。

(二). **Gambit**:建模軟體，在導入 ANSYS 之計算前須先以 Gambit 中繪製模型截面圖以及周遭流場網格，成為 ANSYS 能判讀之格式，如下圖 6(b)。

(三). **Tracker**: 軌跡追蹤軟體，本研究使用 Tracker 追蹤紊流流線軌跡，如下圖 6(c)。

(四). **Matlab**: 本研究用於噪聲的傅立葉 FFT，如下圖 6(d)。

(五). **Audiodirect**:進行傅立葉轉換前，使用此軟體消除背景雜音，如下圖 6(e)。

(六). **Free CAD**:透過三視圖將模型參數實際繪製成 3D 列印能判讀之格式，如下圖 6(f)。

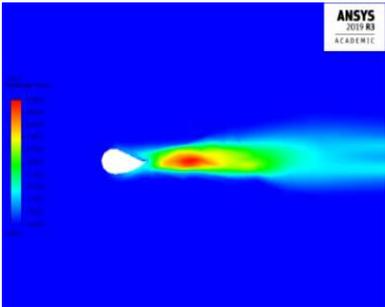
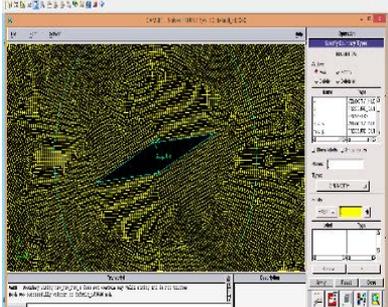
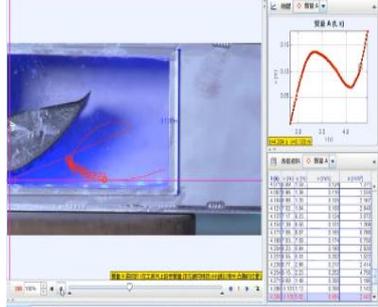
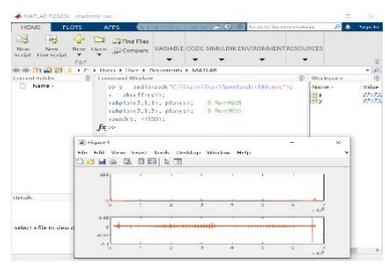
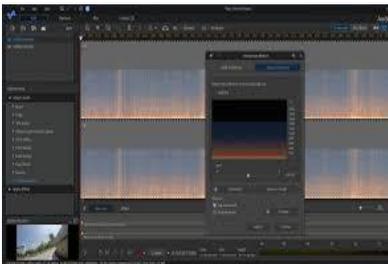
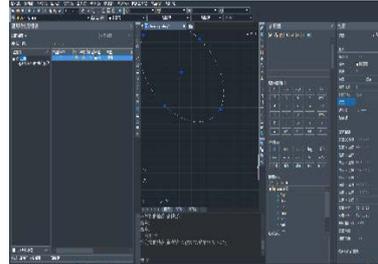
		
圖 5(a): ANSYS 程式	圖 5(b): Gambit 程式	圖 5(c): Tracker 程式
		
圖 5(d): Matlab 程式	圖 5(e): Audiodirect 程式	圖 5(f): Free CAD 程式

圖 5 應用軟體表

肆、研究過程及方法

逐步探究實驗流程圖

從流體力學探討古風水「尖角煞」之流場分布及噪音強度，並找出科學「擋煞」最佳解

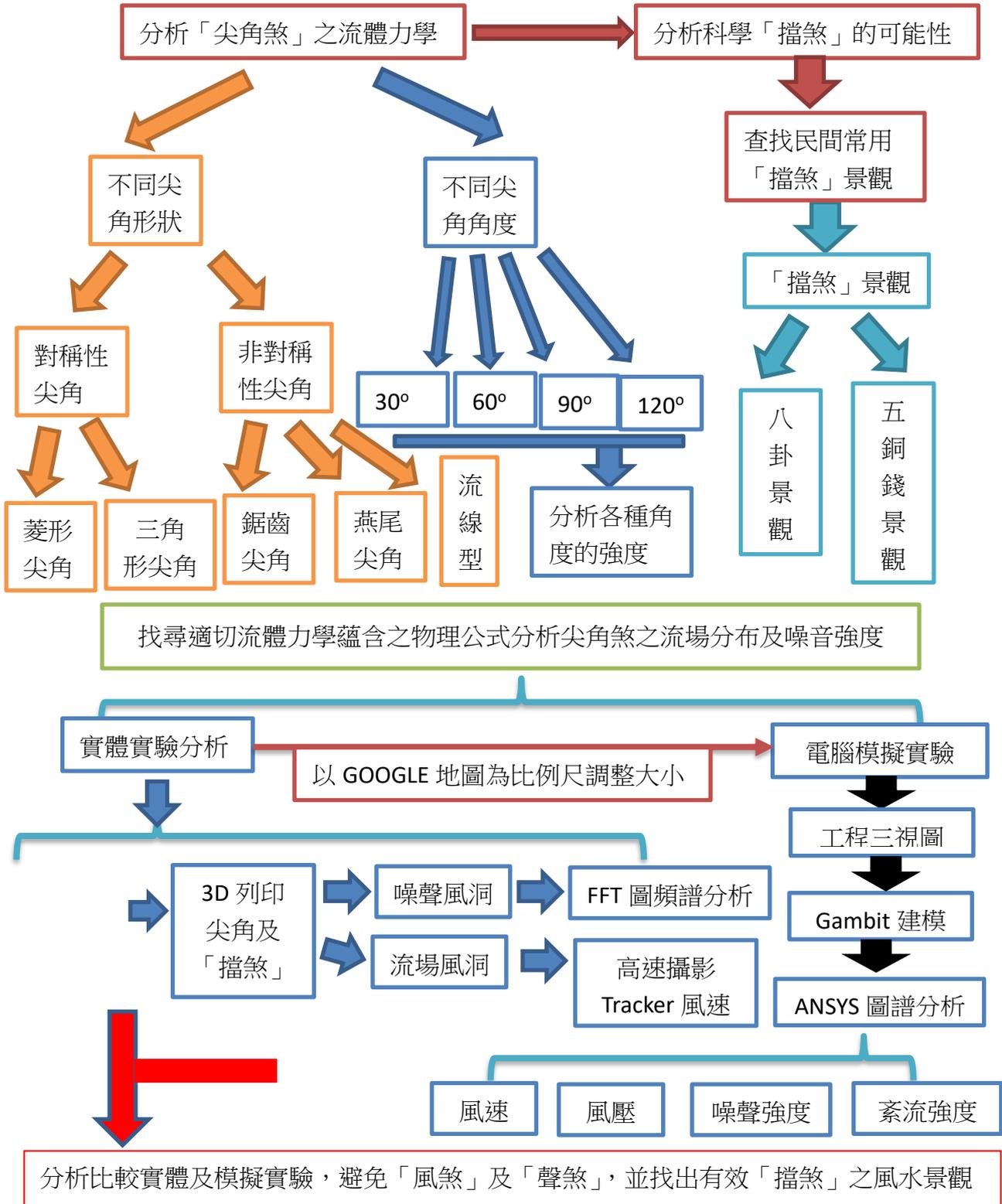


圖 6: 探討古風水不同「尖角煞」及擋煞景觀之噪聲及流體力學研究流程

本研究以 4 個階段進行，略述如下：

1. 理論學習:學習相關民間風水考證「尖射煞」相關知識，以及物理學上對於煞氣與噪音之流體力學相關理論。
 2. 田野調查:實際前往三峽清水祖師廟，對建築進行拍攝分析，並詢問當地在地老三峽長輩，關於三峽祖師廟建築之風水典故。
 3. 實際實驗:以 3D 列印方式，列印出相似形狀之尖角煞模型，在風洞中進行實際實驗，測定風速及噪聲等數值，並以傅立葉轉換進行分析。
 4. 模擬實驗:將實驗模型放大比例至實際建築大小，帶入程式當中，進行模擬分析。
- 最後總結綜合以上結果，得出結果與結論。研究流程圖如上頁圖 6。

一、相關理論與方程

流體的運動遵循質量守恆、動量定理、熱力學第一定律，對應連續方程(1)、動量方程式(2)跟能量方程(3)以及物性方程(4)，這幾項方程常稱為 N-S 方程組，如下所示。

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{U}) = 0 \quad \sim(1)$$

$$\frac{D\mathbf{V}}{Dt} = \mathbf{f} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \frac{\mu}{\rho} \nabla^2 \mathbf{V} + \frac{1}{3} \frac{\mu}{\rho} \nabla (\nabla \cdot \mathbf{V}) \quad \sim(2)$$

$$\rho \frac{d\left(\frac{u+v^2}{2}\right)}{dt} = \rho \mathbf{f} \cdot \mathbf{V} + \nabla \cdot (\mathbf{v} \cdot \boldsymbol{\tau}) + \nabla \cdot (\lambda \nabla T) + \rho q R \quad \sim(3)$$

$$P = \rho RT \quad \text{或} \quad P = \text{const} \quad \sim(4)$$

流體的流動可分為三種，詳見下圖 7(a)及 7(b)；第一種為層流 (Laminar flow) 所示 $\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} = \mathbf{0}$ 為二維定常流場其中層流的流體運動規則各部分分層流動互不摻混，質點的軌跡線是光滑的，且速度方向不隨時間改變，第二種為紊流 (turbulence) 所示 $\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} \neq \mathbf{0}$ 紊流則運動極不規則，各部分激烈摻混，質點的軌跡雜亂無章，且速度方向會隨時改變，而流體由穩定態的層流 (Laminar flow) 變成非穩態的紊流 (turbulence) 是一個漸進的過程，而第三種為介於層流與紊流之間的流態，稱為轉捩區流 (transition)。本研究假

定研究流體為不可壓縮流，流體由層流轉化為紊流是屬於穩定性理論中的條件穩定，即為只考慮黏滯性情況的臨界雷諾數，而本研究中的開放流場臨界雷諾數值 $Re=1 \times 10^5$ 。

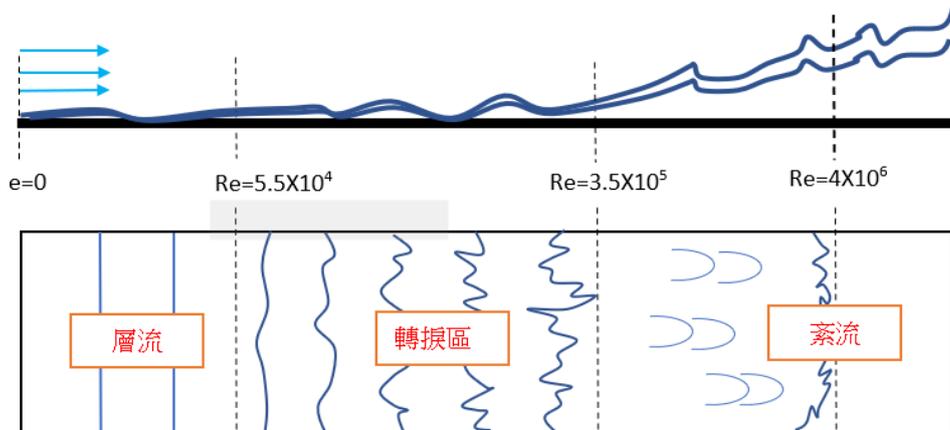


圖 7(a):流體力學雷諾數 Re 流態變化圖

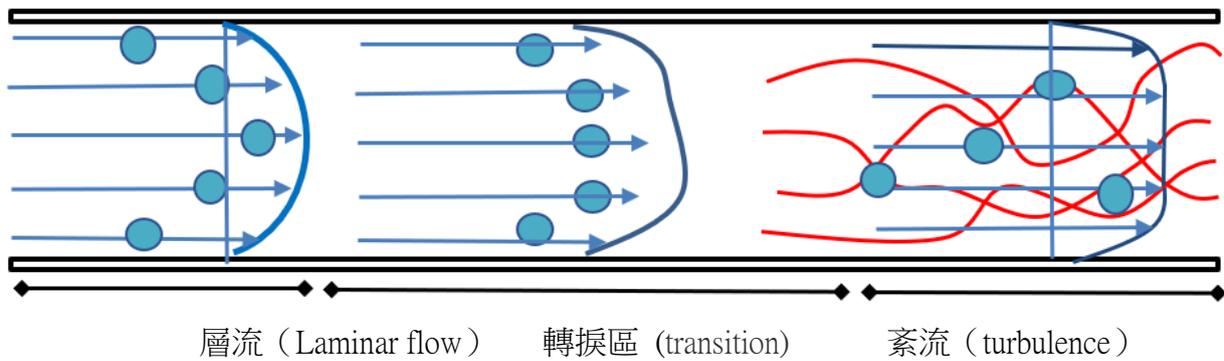


圖 7(b):流體流動變化圖

二、研究相關方程式

(一). 連續方程式: 一般標準風場中風速約為 12 m/s(本實驗使用數據也低於 8m/s)，遠低於音速，因此風場的氣流可視為不可壓縮流，其連續方程式為:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{U}) = 0$$

ρ 為流體的密度， \mathbf{U} 為流體的速度向量， ∂ 為偏微分， $\nabla \cdot$ 為散度算子

(二). 動量方程式: 在風場中的動量平衡只受壓力與黏滯力的影響，可用下列方程式描述:

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho \mathbf{u} \nabla \mathbf{u} = -\nabla P + \nabla \cdot [(\mu^L + \mu^T) \nabla \mathbf{u}]$$

ρ 為流體的密度， t 為時間， P 為壓力， μ^L 為流體的黏滯度， μ^T 為紊流黏滯度

1. 紊流動能會在翼片後方產生渦流，依據其的動能強度會產生不同型態的渦流。
2. 大渦流產生小渦流的過程，將流場中的動能由大渦流傳遞給較小渦流，再傳遞給更小的渦流，直到透過流體的黏滯性，最小的渦流將動能消散(Dissipation)成熱能，此種能量的傳遞稱為能量階梯(Energy Cascade)，如下圖 8。

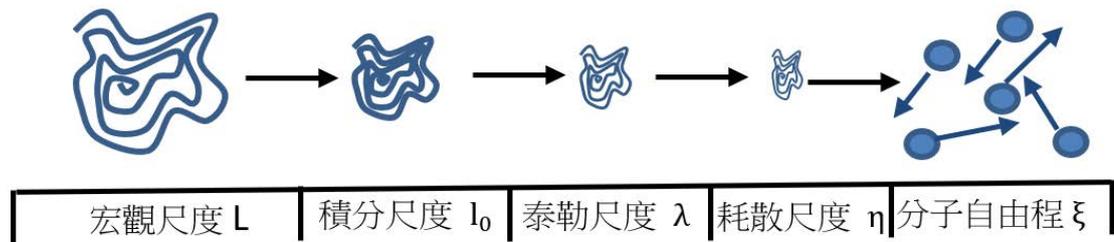


圖 8 能量階梯(Energy Cascade)

(三). 雷諾數: 雷諾數較小時，黏滯力對流場的影響大，流場中流速擾動會因黏滯力而衰減，流體流動穩定為層流；在高雷諾數下流體受剪切力引響失去穩定性產生紊流。

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

ρ 為流體密度， ν 為流體速度， D 為特徵尺度， μ 為流體黏製係數

(四). 白努力方程: 在流體動力學，白努力原理指出，無黏性的流體的速度增加時，流體的壓力能或位能總和將減少。

$$p + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = constant$$

(五). 紊流模型: 此方程為 ANSYS 計算紊流變化時所套用之方程，其方程式由 N-S 方程推導而來。

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho k u) = \frac{\partial}{\partial x} \left[\left(\mu + \frac{\mu^T}{\sigma} \right) \frac{\partial k}{\partial x} \right] + C_1 \frac{\varepsilon}{k} Gk - C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k}$$

四、穩定風場的實驗裝置設計

(一). 低速風洞:

風洞可分為低速風洞、亞音速風洞、音速風洞，而低速風洞是在流場馬赫 $Ma < 0.3$ 流速 $V = 1 \sim 60 \text{ m/s}$ 的條件下應用，而本實驗假定流體為不可壓縮流，且流速不超過或小於 $V = 1 \sim 60 \text{ m/s}$ 的條件，故使用低速風洞。

(二). 進流收縮段應用理論:

使用一個具體的流動列子來解釋收縮段是如何使流動更均勻如下圖 9，可以看到在這個列子中，收縮段進口流動是不均勻的，上部流速是下部的 2 倍。若收縮後，出口處的流速是進口的 10 倍，則因進出口處的流動都是平行流動，壓力都是均勻的，且從進口到出口，這兩條流線上的流體經歷了相同的壓降，根據伯努力方程，會得到圖 9 下方的關係式，計算後得到的結果是，在出口，下部的流速是上部的

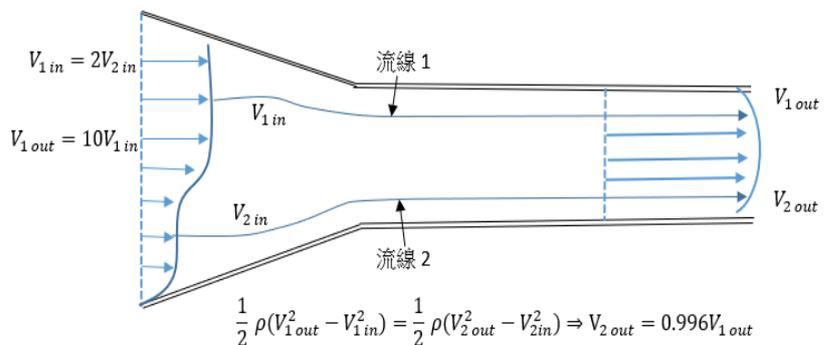


圖 9: 進流收縮段示意圖

(三). 風洞的應用方式

1. 噪聲頻譜實驗，為檢定個尖角形狀和不同尖角角度的噪音，使用風洞來降低氣流在接觸物體前的紊流強度與速度不穩定性，故設計流場穩定風洞來穩定氣流。
2. 尖角形狀紊流模擬與實際對照實驗；設計紊流風洞並以高速攝影拍攝每種尖角形狀之流場變化與模擬圖是否有關，如下圖 10(a) 紊流風洞設計圖。

五、風洞製作方法詳述

(一). 流場穩定風洞

流場穩定風洞如圖 10(a)，風機由右側吹入，內部配置有配置有(1)進流壓縮段、(2)進流收斂段、(3)實驗區、(4)欄柵。因風扇緊貼進流壓縮段因此無必要設置進流穩定段，以此風

洞輔助自制風機之噪聲實驗，因此實驗段不在風洞內，風洞作為穩定流場之用，且內置網格式欄柵後有更好效果，如圖 10(c)。

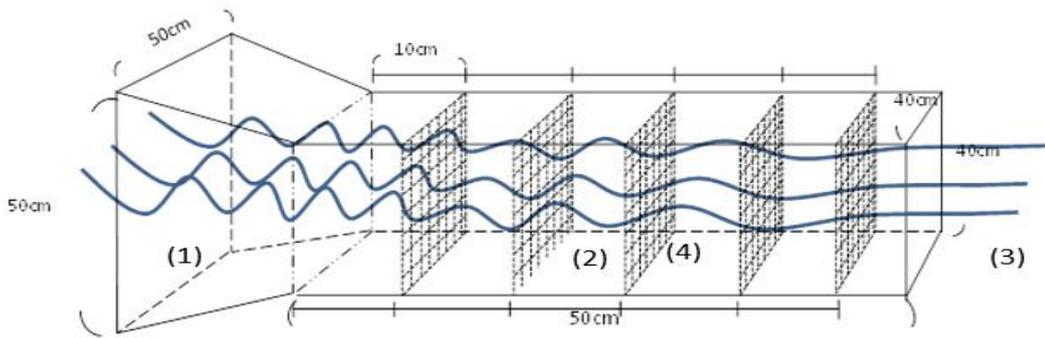


圖 10(a): 穩定風場風洞設計圖

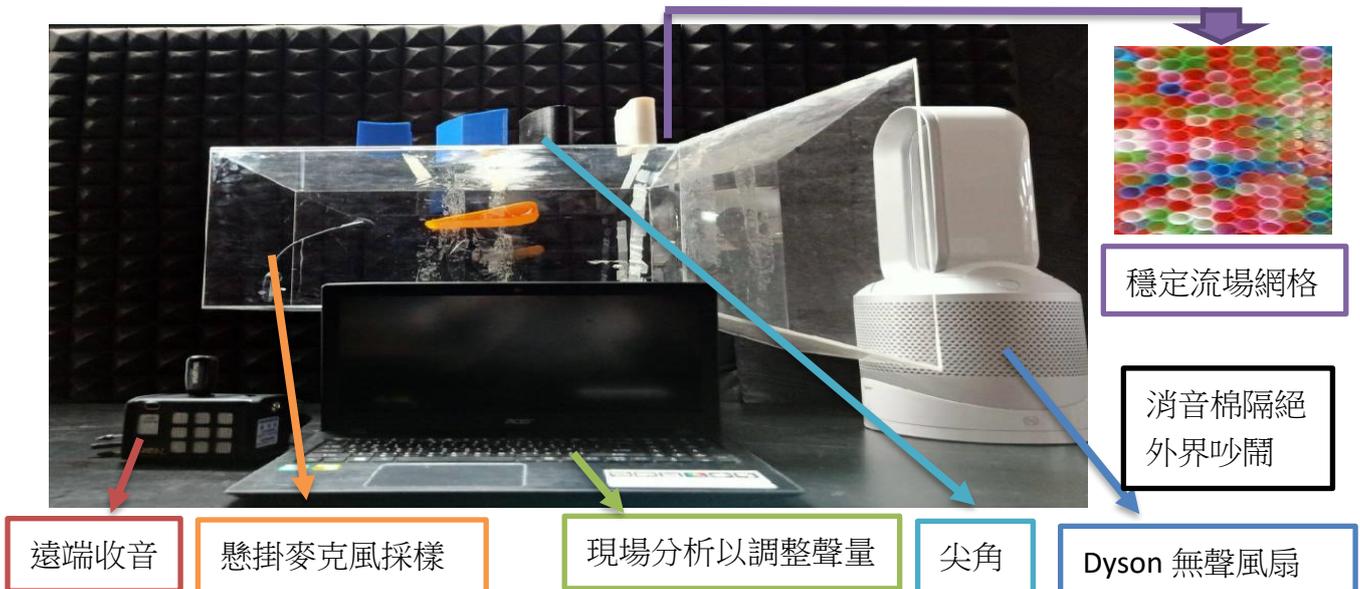


圖 10(b): 穩定風場風洞

圖 10(c): 利用吸管内置網格式欄柵

噪聲實驗的目的是為了減少額外噪聲與量化分析，為了減少誤差，使用消音棉吸收環境噪聲(電風扇馬達...等等)，並使用 Audio Director 軟體消除目標聲音以外的雜音，再以 Matlab 進行程式分析，跑出不同形狀尖角及不同攻角噪音之傅立葉轉換 FFT 圖。

(二). 紊流風洞

1. 由進流穩定(4)段將流體集中(如上圖 10(a))，再藉由進流收縮段(3)讓流體藉由相同壓降達風場氣流平均差異下降，最後經由進流收斂段(2)將流體轉化為層流，最後導入實驗段進行水煙實驗。紊流風洞如圖 11(a)及 11(b)。
2. 紊流水煙實驗: 透過水煙產生器與收集器將風洞內部的水煙量增加，並配合 LED 燈增強內部照射使流場可視化，再搭配高速攝影拍攝水煙隨氣流在經過尖角模型後的流態變化，並以此流態變化與模擬實驗的分析圖進行對比，以確認模擬與實體實驗之間的精準性。

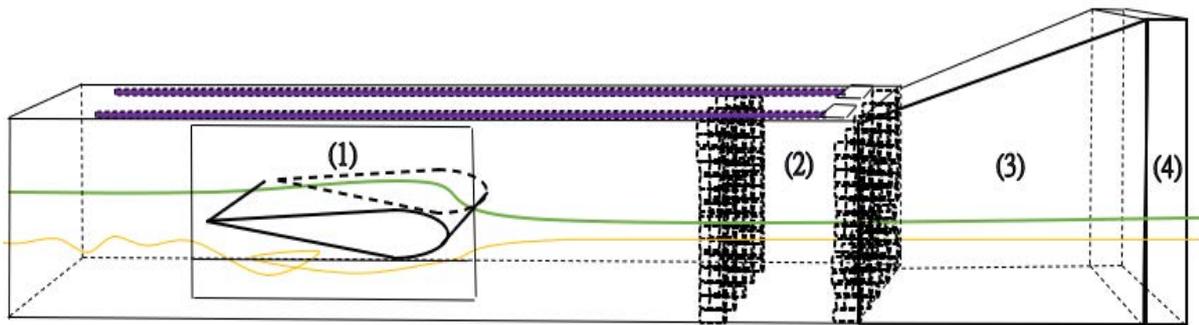


圖 11(a):紊流風洞

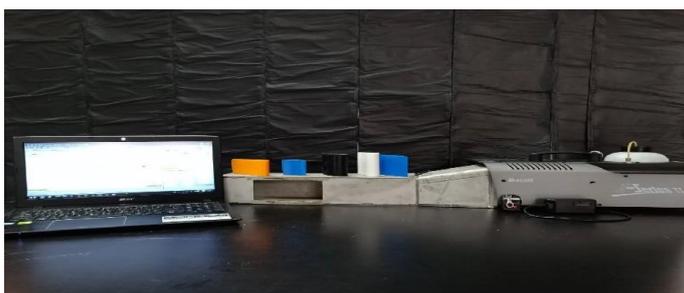


圖 11(b):紊流風洞實體實驗照片



圖 11(c):LED 風洞內部

(三)水流場裝置

為增強實體實驗與模擬實驗之連結比對性，以珍珠板及抽屜盒等材料，製成水流場滑水道，並藉由類似水壩欄柵裝置產生平穩層流水波，藉由小保麗龍球，進行不同尖角形狀之水流場實驗，與模擬結果圖形進行對比，水流場裝置如圖 12 所示。



圖 12:利用廢棄材料回收使用製作之水流場裝置

六、不同尖角及擋煞模型之工程圖與參數: 自行繪製尖角之工程三視圖(以 Free cad 繪製)，並以 3D 列印製作，以進行實驗比較逐項介紹如下表 1 及表 2:

表 1:實體實驗用尖角模型

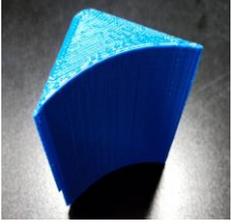
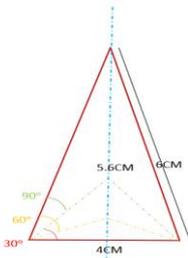
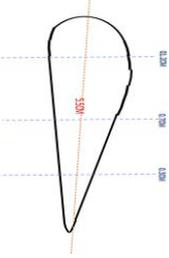
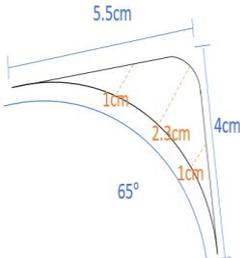
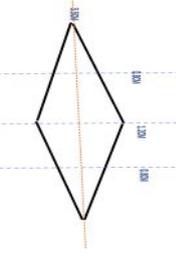
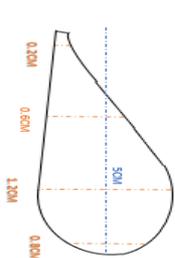
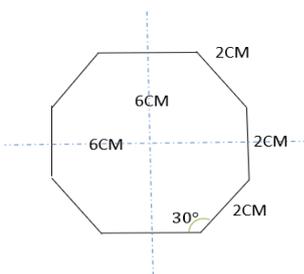
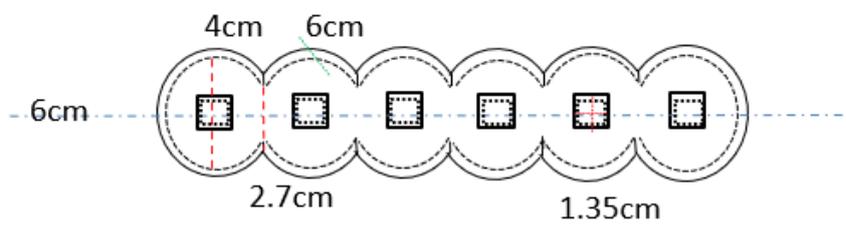
尖角模型/3D 列印模型工程圖				
				
三角形尖角	流線型尖角	燕尾形尖角	菱形尖角	鋸齒型尖角
				

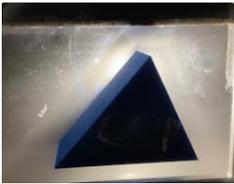
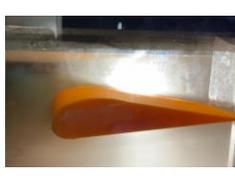
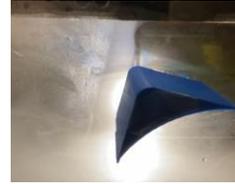
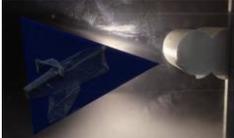
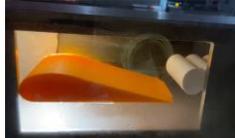
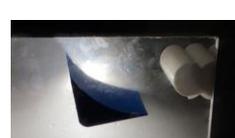
表 2:實體實驗用擋煞景觀模型

擋煞模型	
	
八卦井景觀	五銅錢景觀
	

伍、研究結果

一、尖射煞的流場

我們認為尖射煞的形成，可能是紊流造成，因此使用吹入水煙，觀測其在不同尖角形及擋煞形下之流場情形，如下表 3(a)~3(c):

表 3(a)各種形狀尖角之水煙流場圖				
三角形	流線型	菱形	燕尾形	鋸齒型
				
表 3(b)各種形狀尖角對八卦形擋煞景觀之水煙流場圖				
三角形	流線型	菱形	燕尾形	鋸齒型
				
表 3(c)各種形狀尖角對五銅錢形擋煞景觀之水煙流場圖				
三角形	流線型	菱形	燕尾形	鋸齒型
				

二、不同尖角形狀之吹送噪聲頻譜

我們認為尖射煞型態建築可能易生高頻氣流，對人之身心靈產生不良影響，因此我們以無扇葉風扇、穩定風場風洞、對於不同尖角形及擋煞物進行吹送測試，並以 Matlab 程式進行傅立葉變換，觀測其頻譜分析圖 FFT 圖，五種尖角形狀分別為三角形、菱形、流線形、鋸齒型及燕尾形，兩種擋煞物形態為八卦形及銅錢形，獲得結果如下:

(一)擋煞物的降低聲音頻譜圖

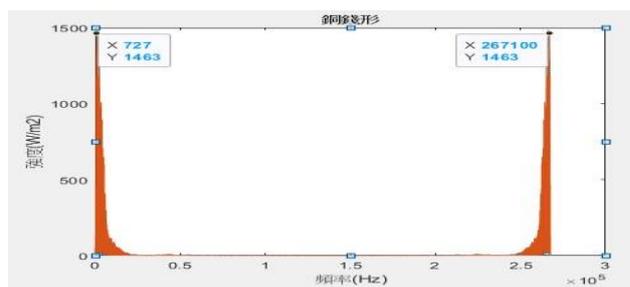
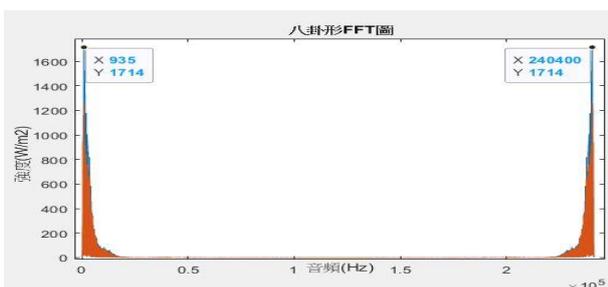


圖 13(a):八卦形擋煞景觀降噪頻譜分析圖

圖 13(b):五銅錢擋煞景觀降噪頻譜分析圖

兩種擋煞物音頻皆有兩處最大強度，第一處八卦形落在 900~1000Hz，最大強度落在 1700~1800W/m²，銅錢形則比八卦形略低，音頻略在 700~800Hz，最大強度落在 1400~1500W/m²。而第二處強度已大於 20000Hz，為超聲波人耳無法感知，不列入考慮。

(二) 各尖角形狀 VS 八卦擋煞的頻譜圖

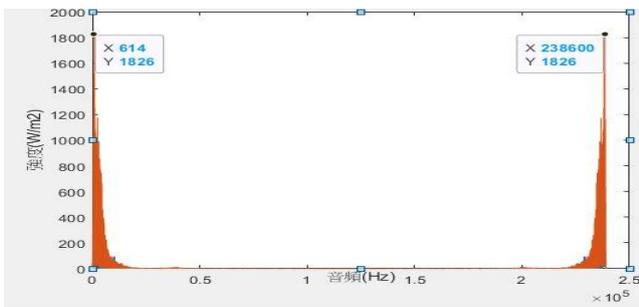


圖 14 (a):三角尖角對應八卦擋煞頻譜分析

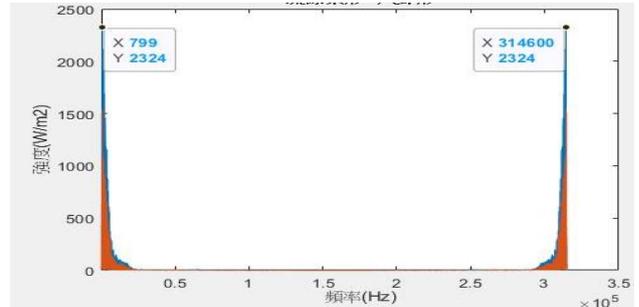


圖 14 (b):流線尖角對應八卦擋煞頻譜分析

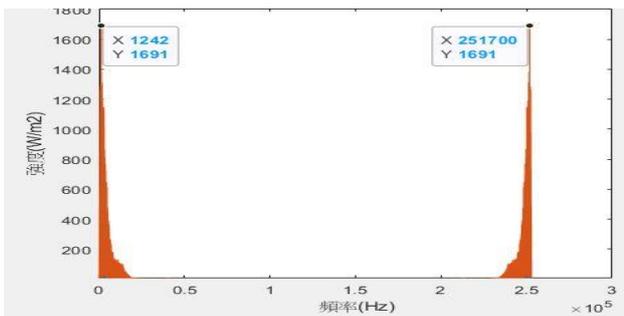


圖 14 (c):菱形尖角對應八卦擋煞頻譜分析

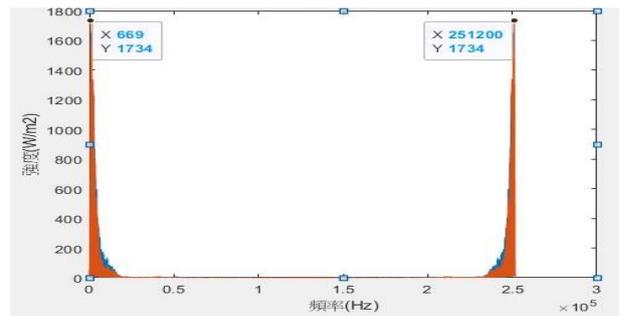


圖 14 (d):鋸齒尖角對應八卦擋煞頻譜分析

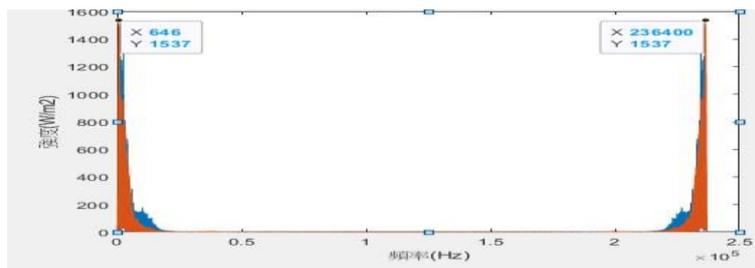


圖 14 (e):燕尾尖角對應八卦擋煞頻譜分析

從圖 14(a)~到圖 14(e)，可以看出以八卦抵擋五種尖角之煞氣，發現八卦對於三角形、鋸齒形及燕尾形，皆讓其頻率略降至 600~700Hz，但對於其強度變化不明顯，大多還是坐落在 1700W/m² 上下。但對於菱形而言，音頻卻是升高的，達到 1200 多 Hz，而流線形音頻也略升約 800Hz，強度則是最大的，來到 2300~2400W/m² 之間。

(三)各尖角形狀 VS 銅錢擋煞的頻譜圖

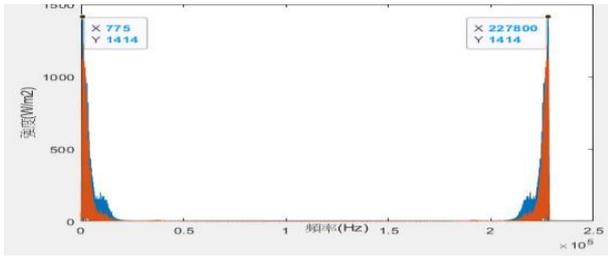


圖 15 (a):三角尖角對應銅錢擋煞頻譜分析

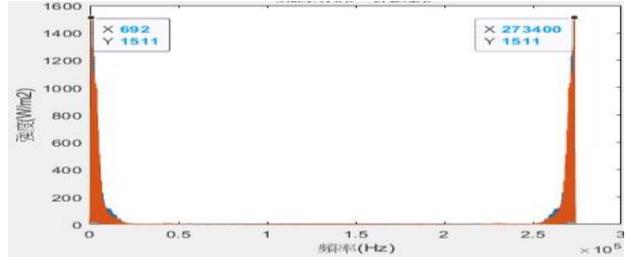


圖 15 (b):流線尖角對應銅錢擋煞頻譜分析

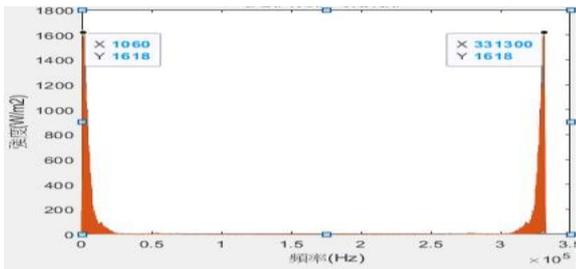


圖 15 (c):菱形尖角對應銅錢擋煞頻譜分析

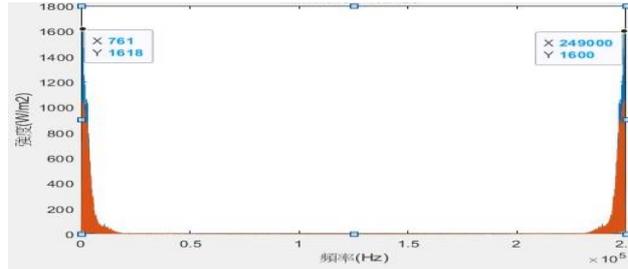


圖 15 (d):鋸齒尖角對應銅錢擋煞頻譜分析

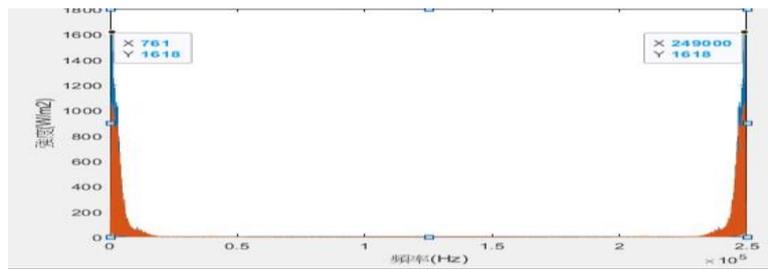


圖 15 (e):燕尾尖角對應銅錢擋煞頻譜分析

以銅錢抵擋五種尖角之煞氣，發現銅錢對於三角形、流線形、鋸齒形及燕尾形，皆讓其頻率略降至 600~800Hz，只有菱形的音頻上升到 1000 多 Hz，菱形、鋸齒形及燕尾形強度都落約 1600W/m²，流線形的強度則是約 1500W/m²，三角形的強度最小約在 1400W/m² 上下。

三、尖角之紊流與噪聲

(一) 實測實驗

在實測實驗上，我們以無扇葉風扇之三種風速 1.2、1.6 及 2.5 m/s 對不同尖角形狀及擋煞物進行吹送，量測其聲音強度，各取 30 組數據，其平均值及標準差如下表 4:

表 4:不同形狀尖角在不同風速下之聲音強度平均值及標準差

噪音(mdB)	風速 1.2m/s		風速 1.6m/s		風速 2.5m/s	
	平均值 M	標準差 SD	平均值 M	標準差 SD	平均值 M	標準差 SD
尖角形						
30°三角尖角	3.81	0.50	5.96	0.28	11.32	0.66
60°三角尖角	6.23	0.50	6.63	0.39	9.46	0.62
90°三角尖角	5.64	1.22	4.96	0.25	8.71	0.34
120°三角尖角	8.64	0.39	8.54	0.33	6.61	0.39
燕尾尖角	2.24	0.43	2.37	0.32	7.82	0.47

表 5:不同擋煞景觀在不同風速下之聲音強度平均值及標準差

噪音(mdB)	風速 1.2m/s		風速 1.6m/s		風速 2.5m/s	
	平均值 M	標準差 SD	平均值 M	標準差 SD	平均值 M	標準差 SD
尖角形						
八卦景觀	2.85	0.41	2.03	0.35	6.55	0.42
五銅錢景觀	1.79	0.42	1.45	0.23	2.28	0.45

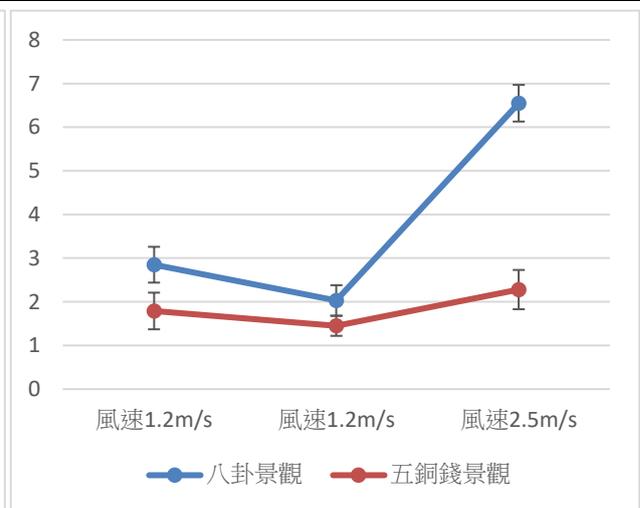
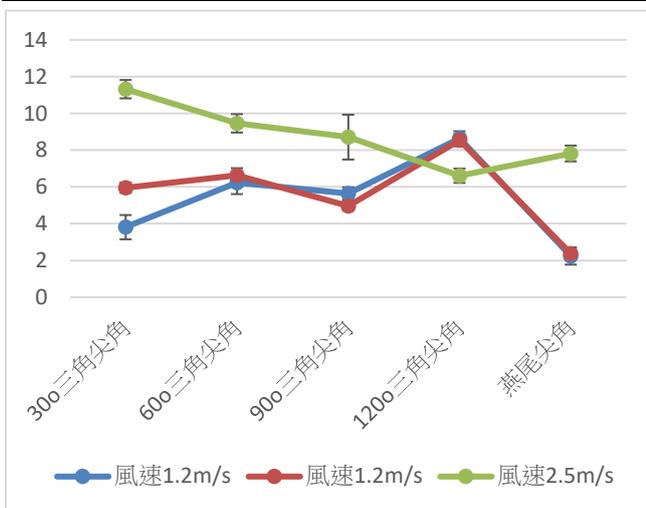


圖 16(a):不同尖角在不同風速下之聲音強度

圖 16(b):擋煞物在不同風速下之聲音強度

(二) 模擬

我們以 Gambit 及 Ansys 兩套軟體，對尖角建築周圍的風場進行模擬分析，風速取無扇葉風扇之風速 1.2、1.6、2.5 及地面一般風速 5 m/s，對應尖角 30、60、90 及 120 度角之紊流

及噪音，因輸出結果眾多，下僅列 5cm 大小三角形模型，在不同尖角角度及風速的紊流及噪音強度圖形。分別如下表 6~表 13。

表 6:30° 三角形尖角在不同風速下的模擬紊流強度圖

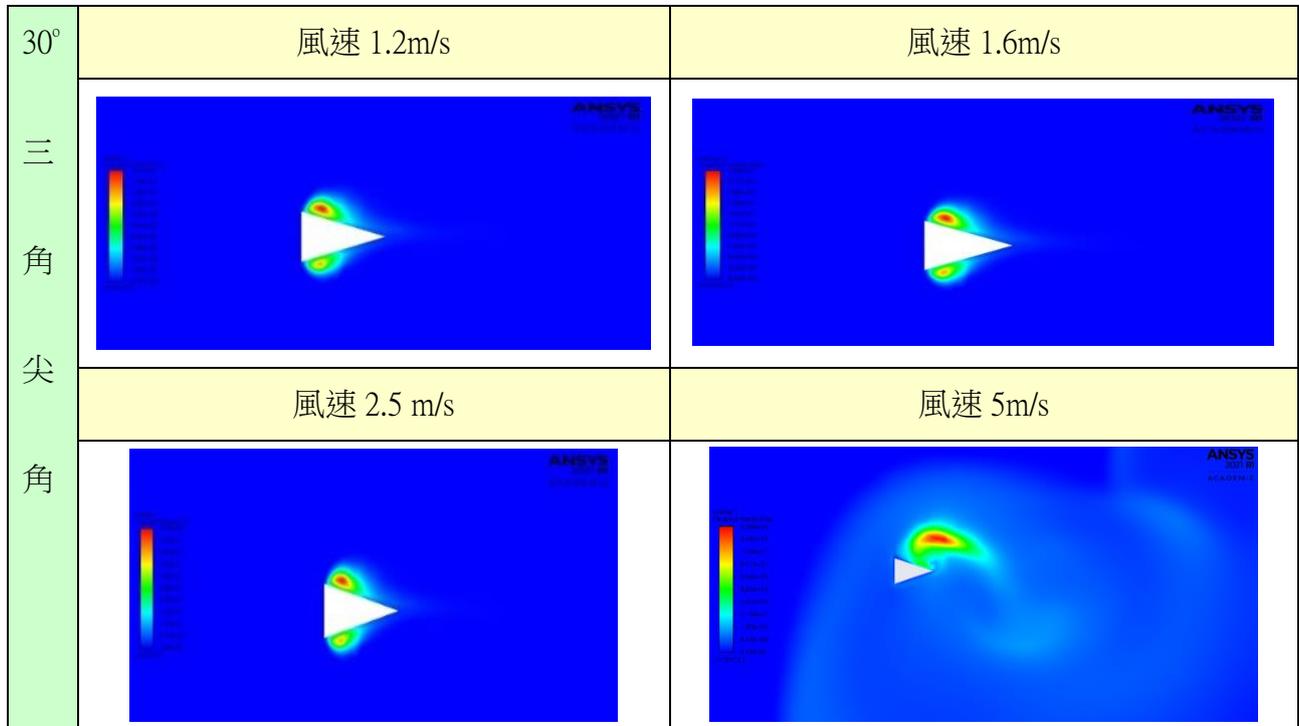
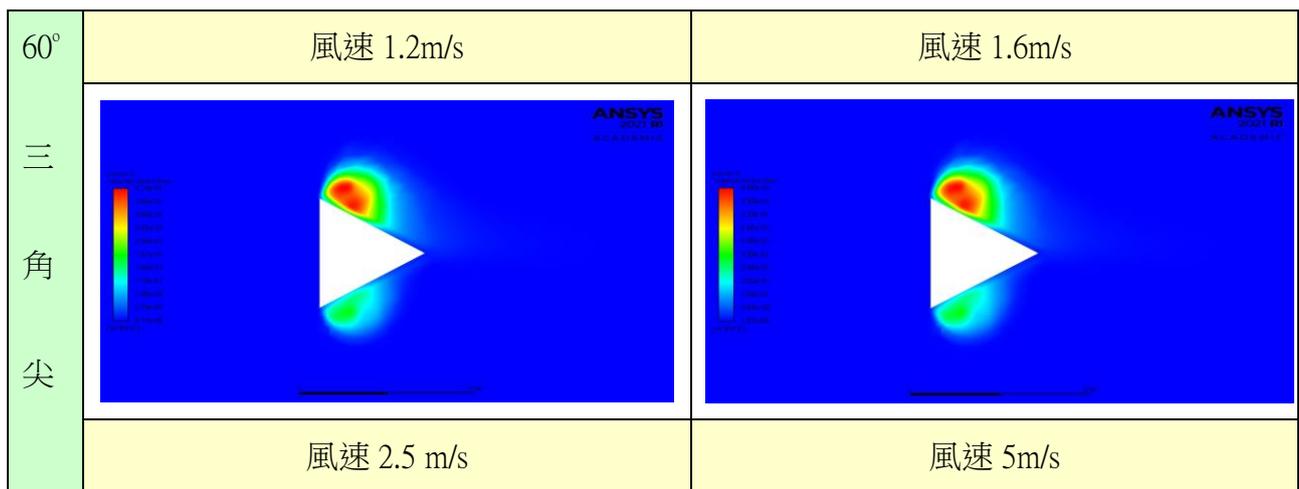


表 7:60° 三角形尖角在不同風速下的模擬紊流強度圖



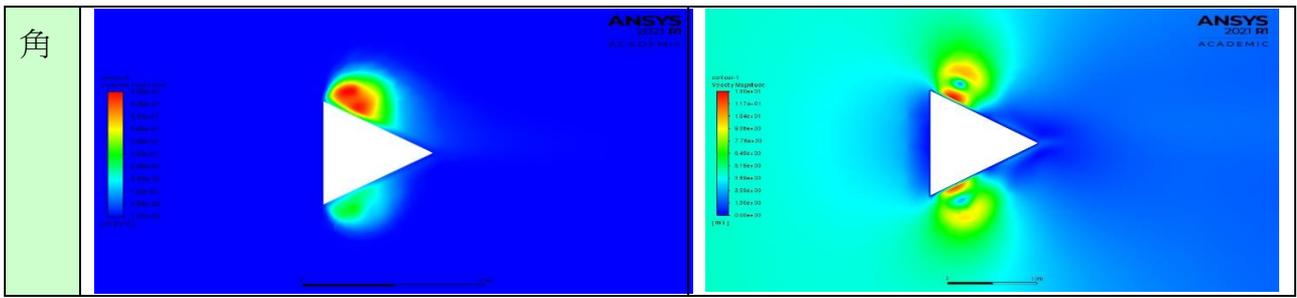


表 8 : 90° 三角形尖角在不同風速下的模擬紊流強度圖

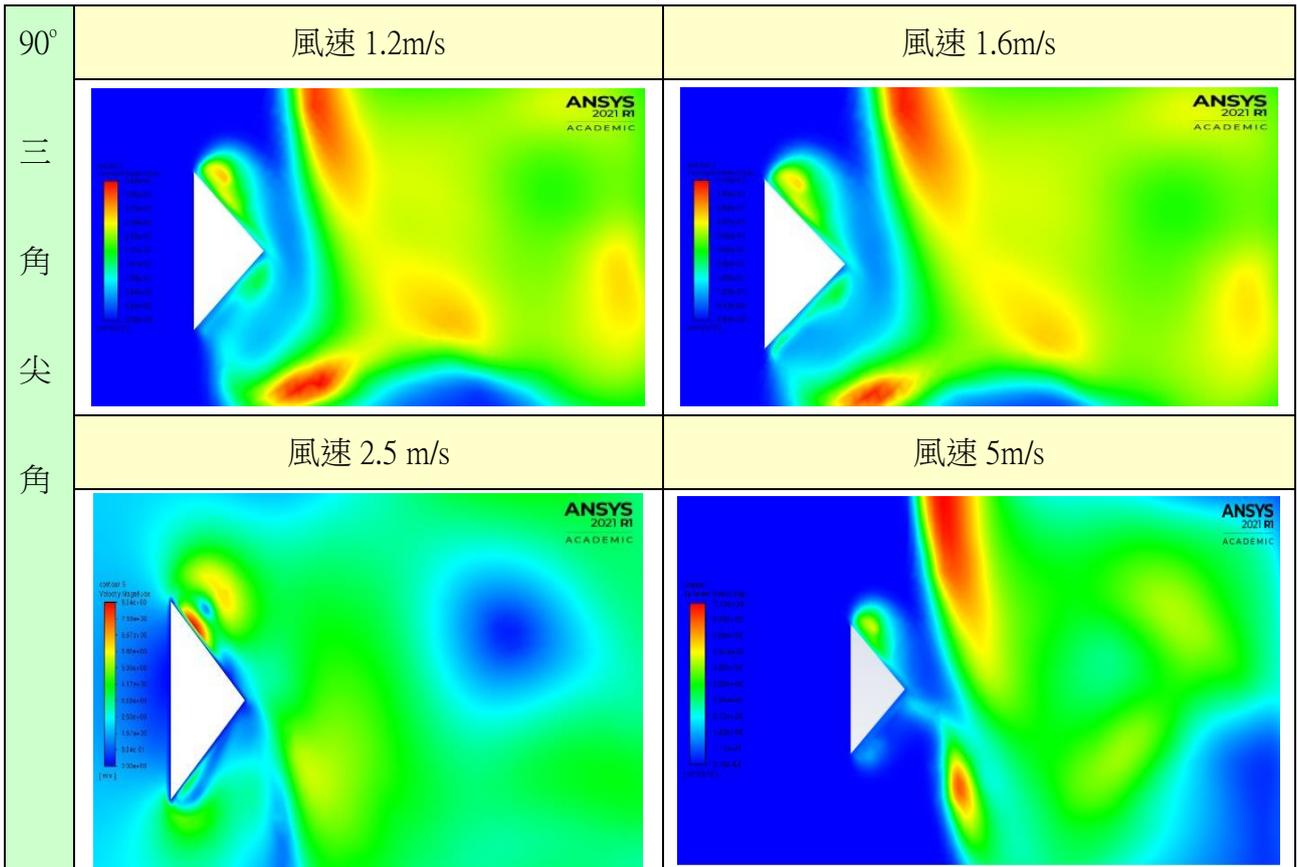
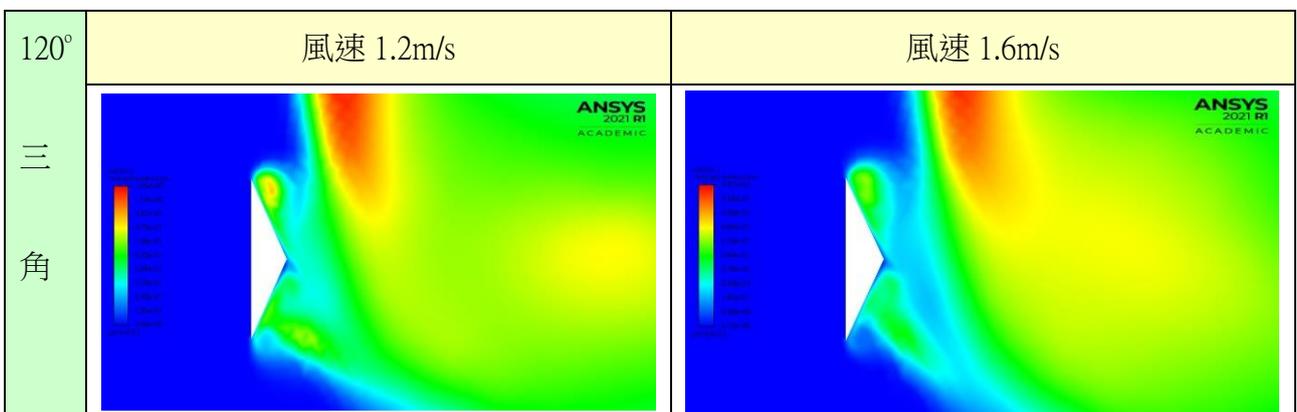


表 9 : 120° 三角形尖角在不同風速下的模擬紊流強度圖



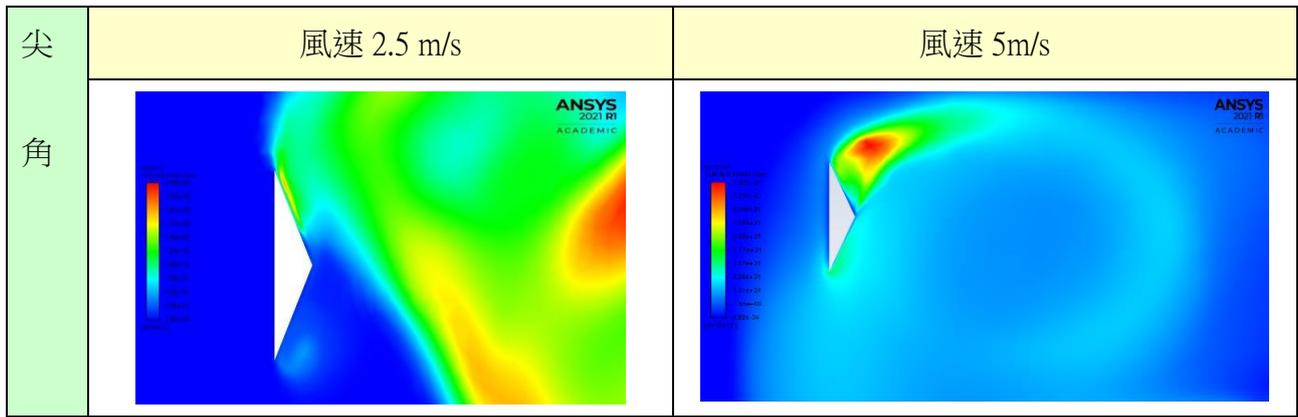


表 10:30° 三角形尖角在不同風速下的模擬噪音強度圖

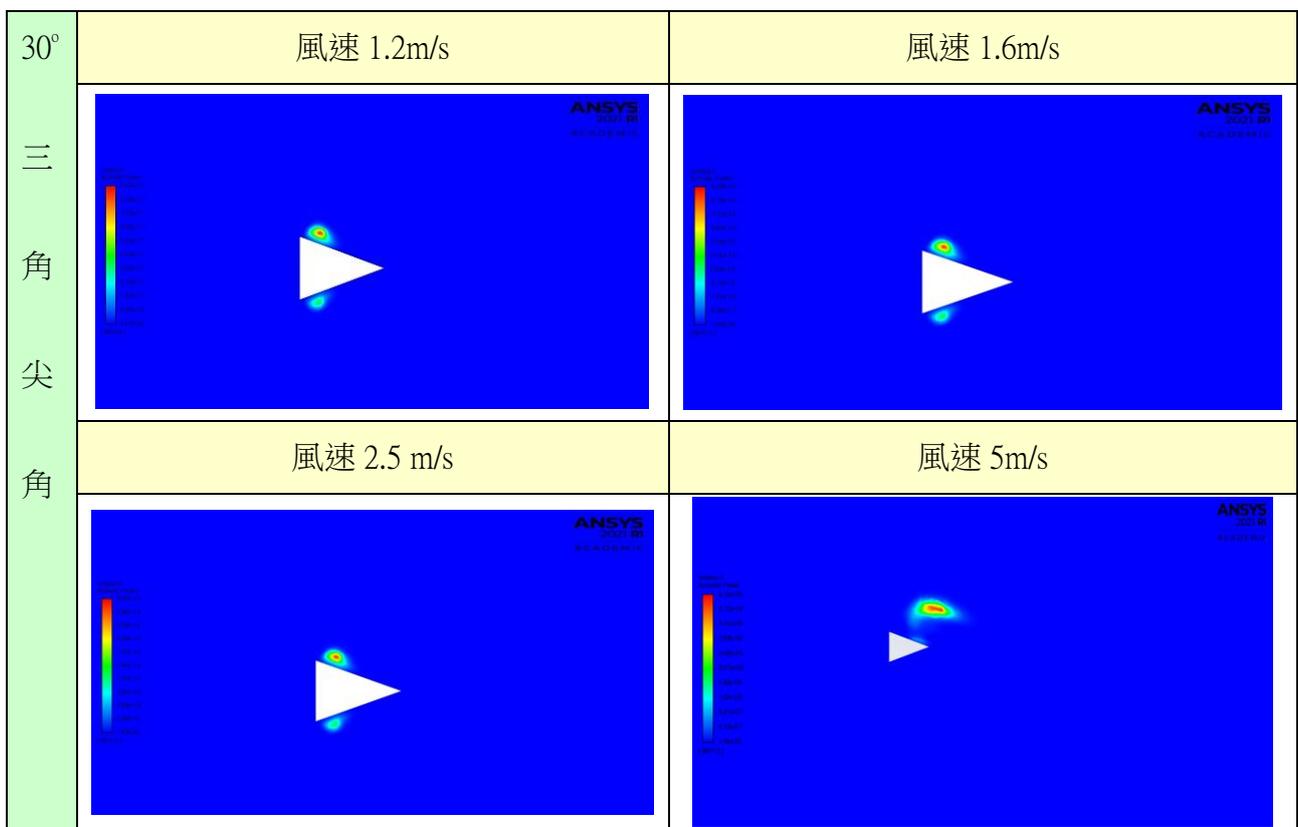
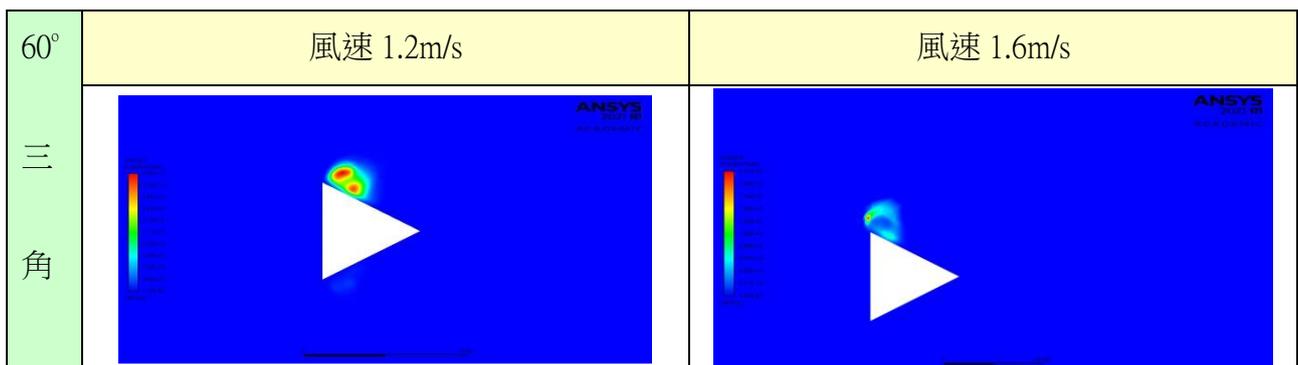


表 11:60° 三角形尖角在不同風速下的模擬噪音強度圖



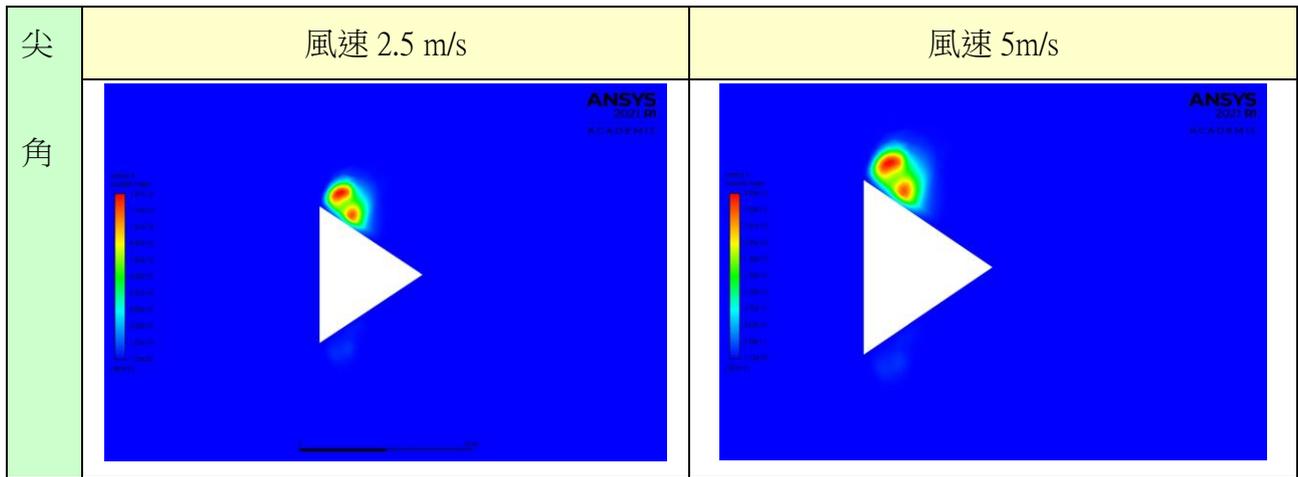


表 12 : 90° 三角形尖角在不同風速下的模擬噪音強度圖

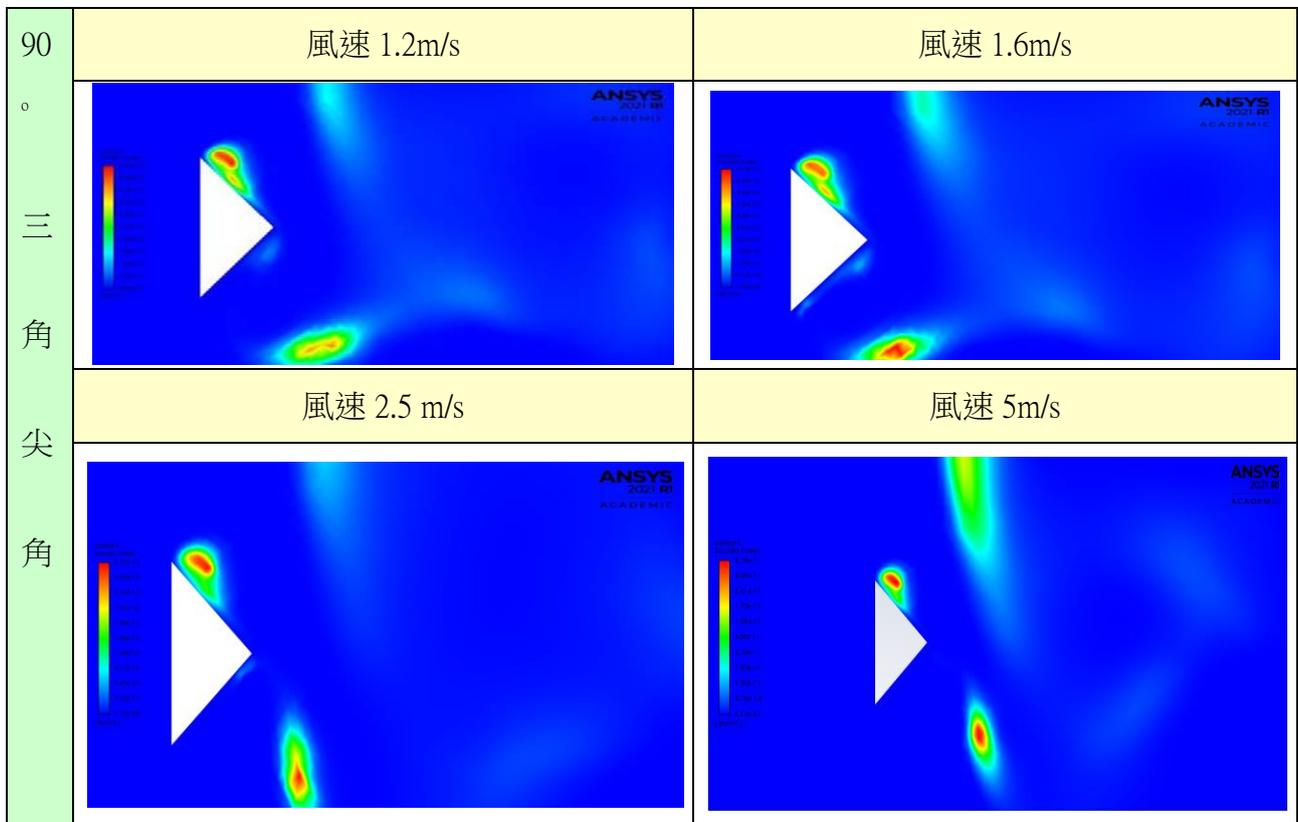
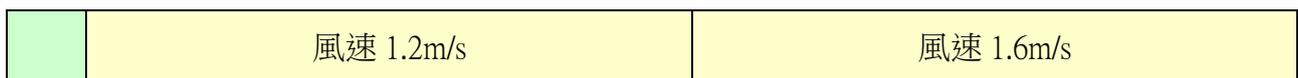
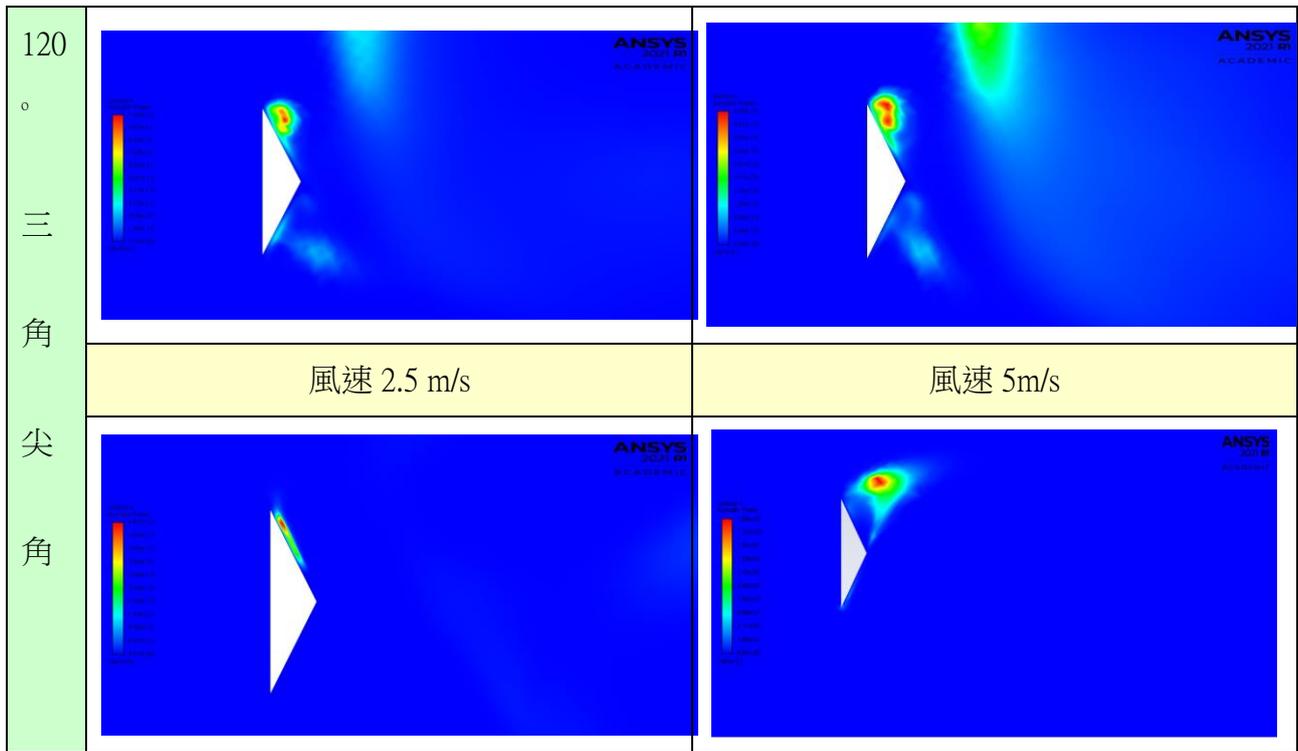


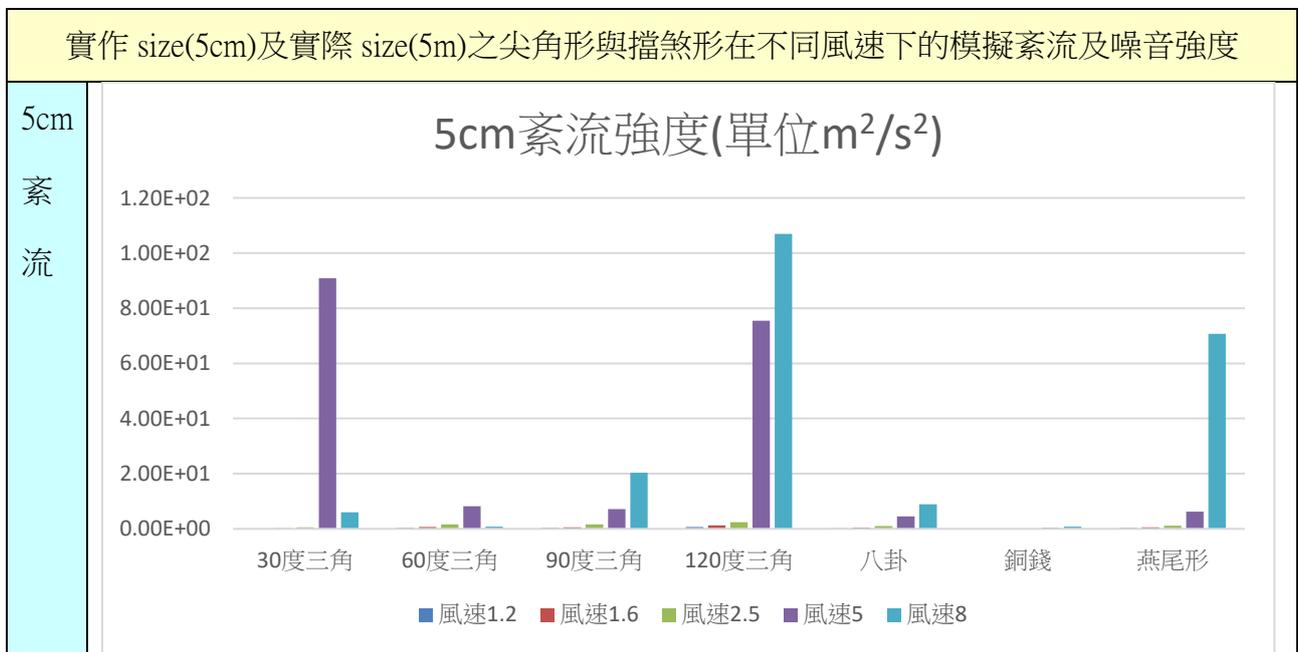
表 13 : 120° 三角形尖角在不同風速下的模擬噪音強度圖

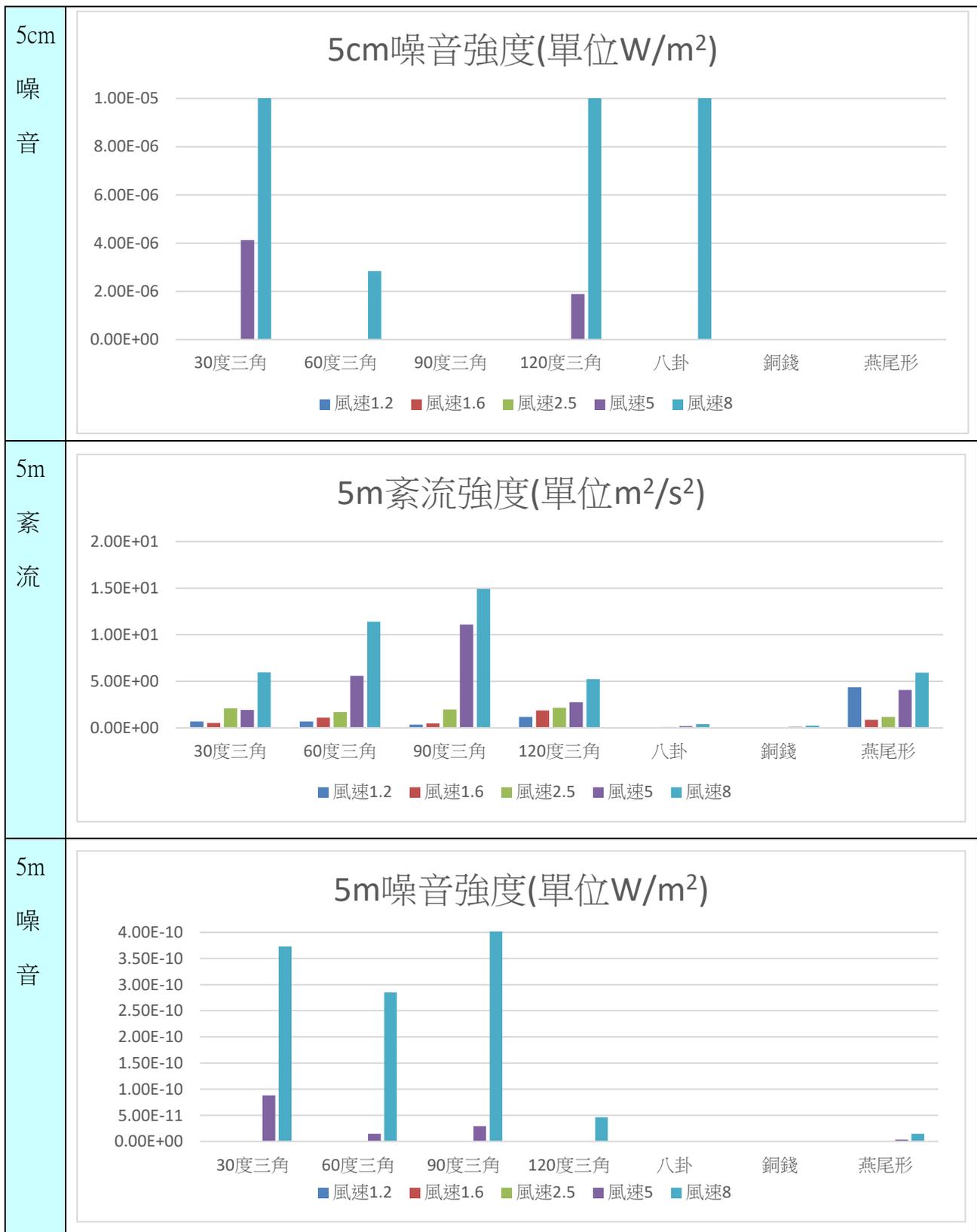




(三) 比較圖表:我們將三角形尖角輸出結果經由數據整理，繪製出長條圖如下表 14

表 14 :實作實驗與實際街角之尖角形與擋煞形在不同風速下的模擬紊流及噪音強度





四、擋煞物 X 尖角模型之紊流與噪音

為研究加入擋煞物後是否能有效減少尖角模型之氣流強度，我們以組合模型再次進行模擬研究，下表僅列 5cm 120 度尖角對於八卦及銅錢之輸出結果，如表 15~18。

表 15 八卦對 120 度尖角在不同風速下之紊流強度圖(5cm 大小)

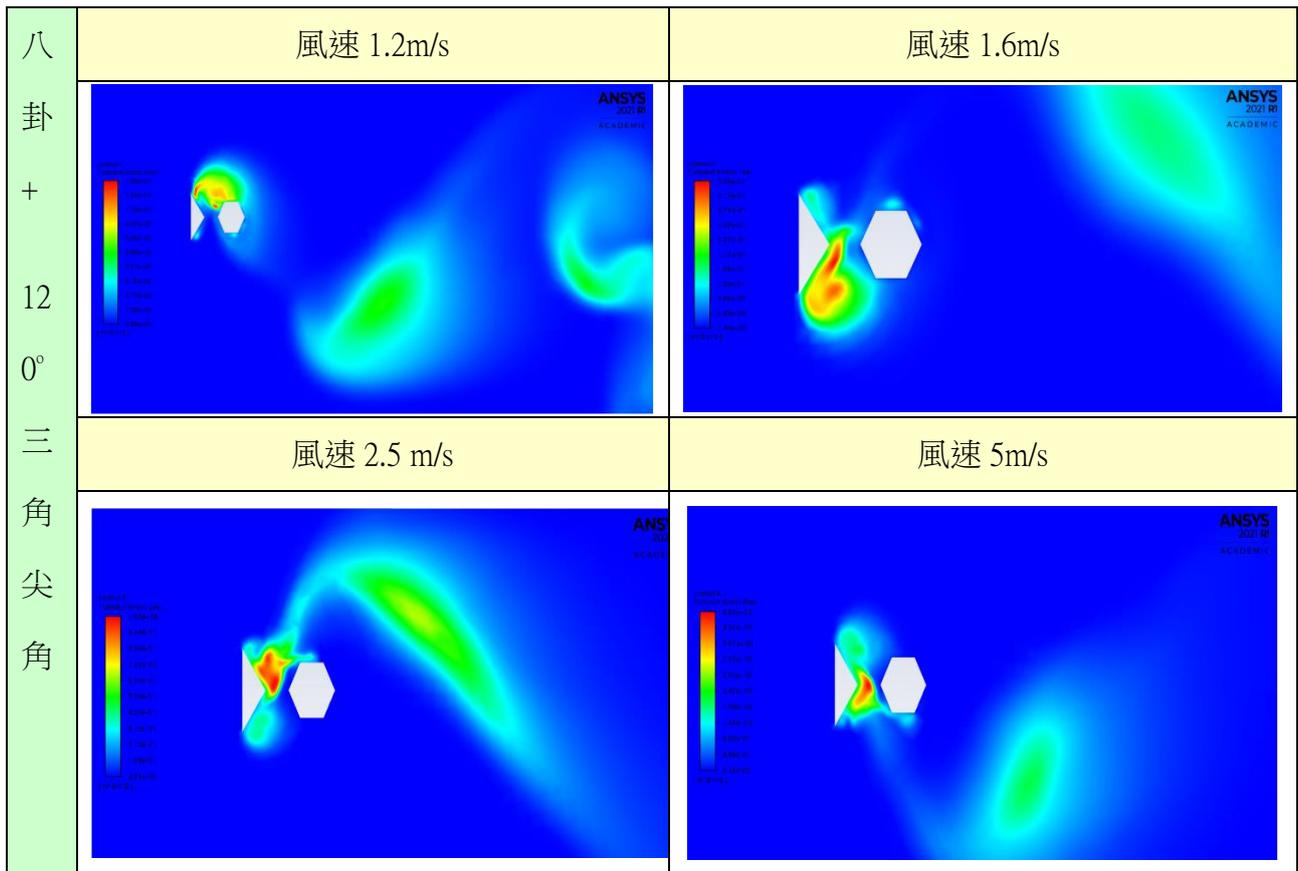


表 16 八卦對 120 度尖角在不同風速下之噪音強度圖(5cm 大小)

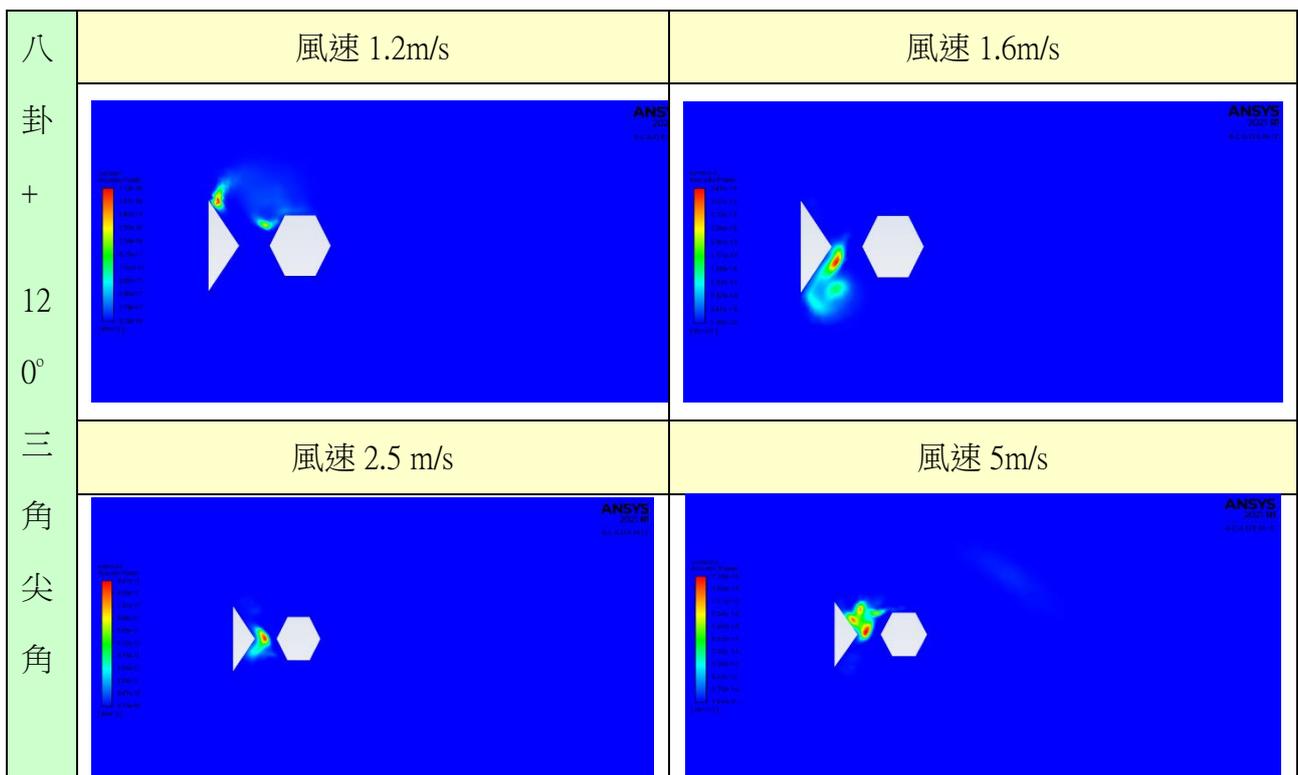


表 17 銅錢對 120 度尖角在不同風速下之紊流強度圖(5cm 大小)

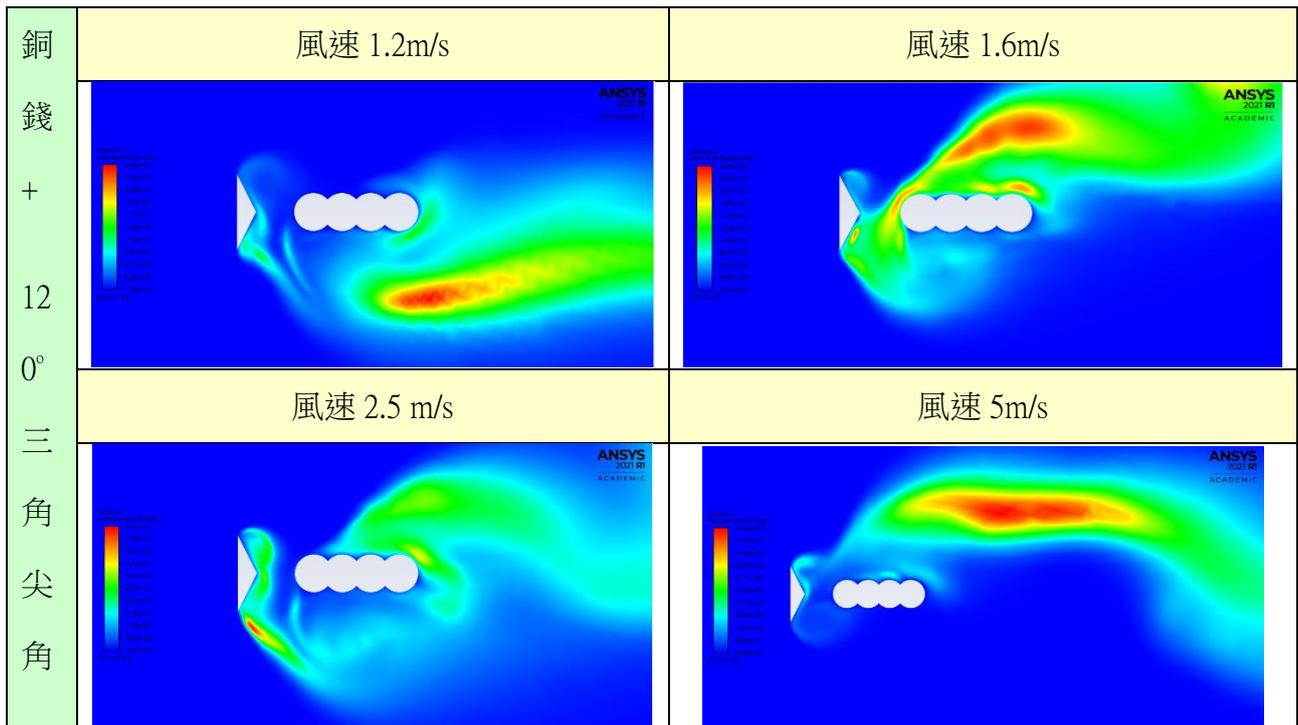
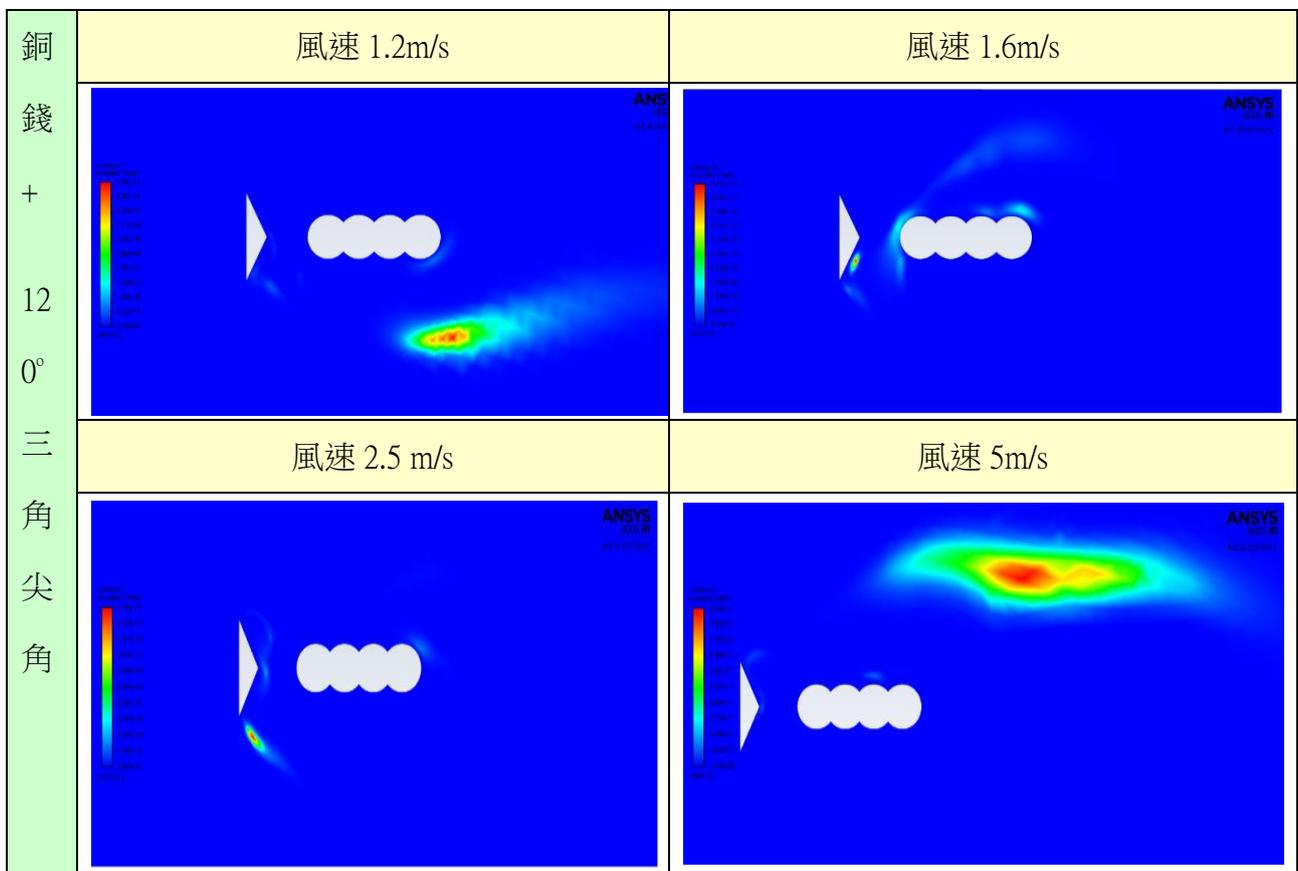


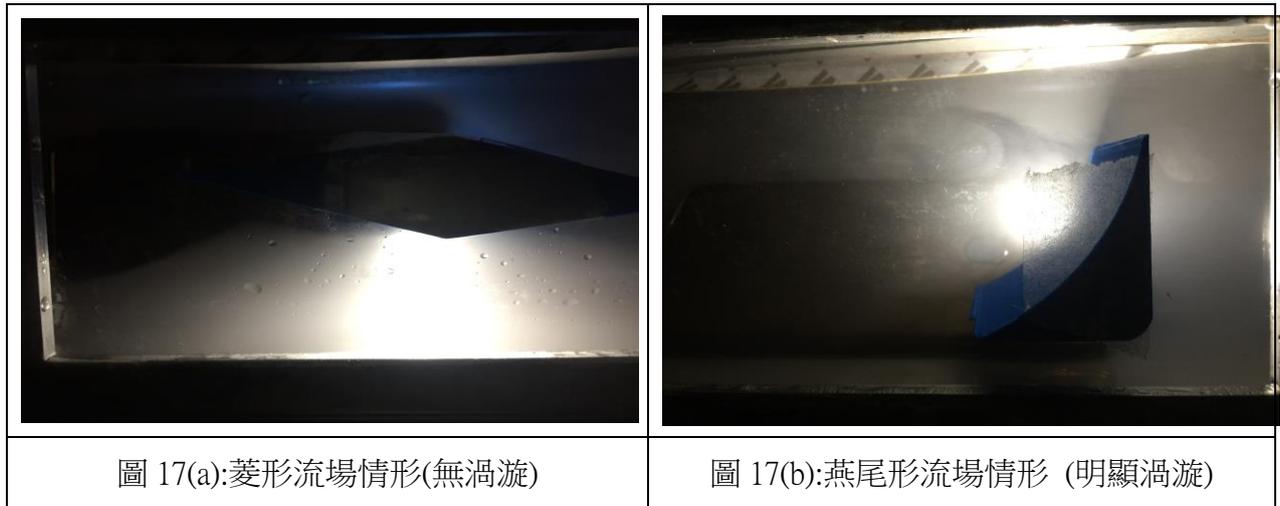
表 18 銅錢對 120 度尖角在不同風速下之噪音強度圖(5cm 大小)



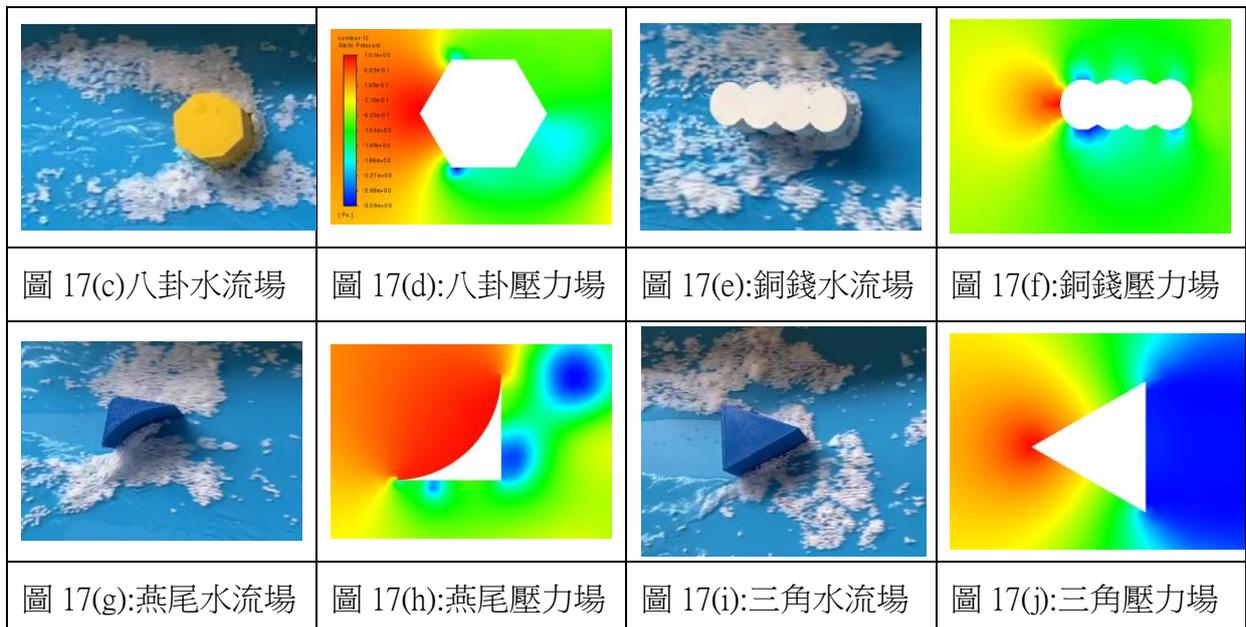
陸、討論

一、尖射煞的流場

1.紊流風洞水煙實驗:觀測 5 種尖角形及 2 種擋煞形的水煙吹送圖形，可以看見除了菱形之外，皆有看見紊流特「渦漩」特徵，且燕尾形的渦漩最明顯，與我們猜想符合，確實尖角煞的形成可能與紊流有關。菱形沒有看見渦漩的原因可能是因為形狀對稱性強，氣流自上下方較平穩通過，而燕尾形下寬上窄凹向上的形狀，則有利於氣流迴旋，產生明顯渦漩，如下圖 17a 及 17b 所示。



2.水流場實驗:我們發現水流場裝置的實驗結果，與模擬實驗極為相似，如保麗龍球聚集多的地方，即是模擬圖形壓力場強的地方(紅色);保麗龍球少的地方。即是壓力場較弱的地方(綠色)，證實實際實驗與模擬結果有可對比性，如下圖 17c 至 17j 所示。



二、不同尖角形狀之噪音頻譜

由 FFT 圖分析可見，兩種擋煞物形初始分析，八卦形的音頻最大強度落在 900~1000Hz，銅錢形地落在 700~800Hz，且八卦形的強度高於銅錢形約 $200\text{W}/\text{m}^2$ 。但經由擋煞物的阻隔，五種「尖角形」聲音頻率，在八卦形絕大部分略為下降，銅錢形略為上升，音頻最大強度坐落在 600~800Hz，能量強度也略為上升。證明擋煞物確實有阻隔高頻聲流，將其音頻拉低的功能，但音頻的能量強度，在八卦形是略為下降，而銅錢形略為上升。且在燕尾尖角形對於八卦時，降頻降強度的效果最好;銅錢形則只有在對於流線形時達到降頻的目的，但聲流能量略為上升，如下圖 18 所示。

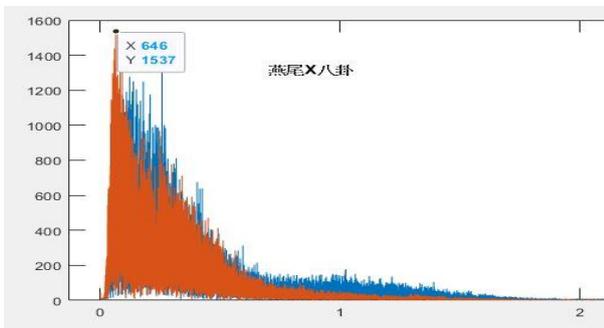


圖 18(a):燕尾尖角與八卦之噪音頻譜分析圖

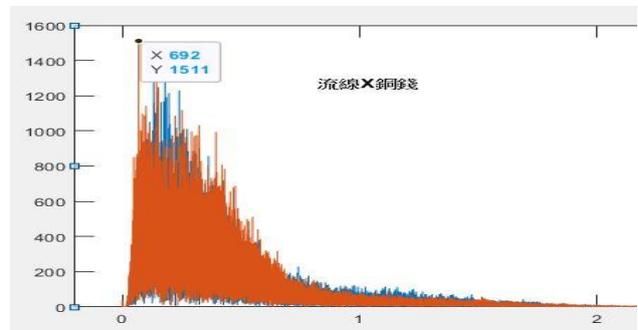


圖 18(b):流線尖角與銅錢之噪音頻譜分析圖

三、尖角之紊流與噪聲

(一) 實作與模擬之比較

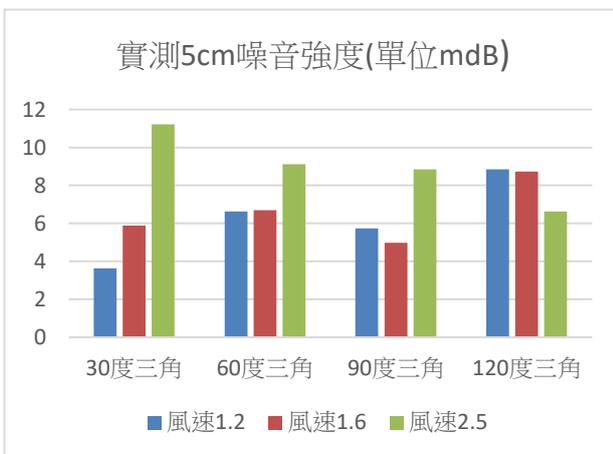


圖 19(a):實測 5cm 三角形噪音強度長條度

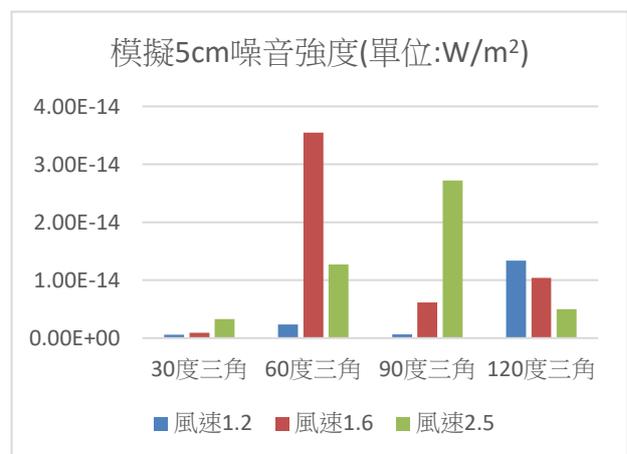


圖 19(b):模擬 5cm 三角形噪音強度長條度

由上圖 19(a)及(b)可見，實作與模擬的圖形的走勢大略相同，在 30 度及 120 度尤為相似，但畢竟 dB 與 W/m^2 單位不同且非線性關係，且實作有不可抗力之誤差因素，可見模擬程式之結果仍有其可信度。

(二) 紊流與噪音模擬

由表 6 至 13 可見，紊流與噪音圖形有很大相似性，與前人研究之紊流與噪音高度相關性結果相符。而在長條比較圖可見，在低風速下(1.2、1.6、2.5)不論何種角形音強幾乎都趨近於 0，放大到 5m 時更為明顯，證明在巨大建築物前低風速不易形成高頻音流。不論是 5cm 或 5m，隨著風速增加紊流強度也隨之上升，我們發現在 5m 時，120 度的紊流變化最為線性，因此之後的擋煞物模擬亦採用 120 度之三角尖角。除了三角之外，我們發現擋煞物的八卦和銅錢，紊流和噪聲強度都極低，確實有擋煞物之潛力，而 5cm 燕尾形在高風速時紊流急遽上升，大尺度 5m 燕尾形則較呈現規律變化。

四、擋煞 X 尖角之紊流與噪聲

由下圖 20(a)與(b)可見，在低風速時，除了 5m 的八卦擋煞，紊流能量偏高，其他不論八卦或銅錢，紊流能量都很低，發揮其擋煞效果，但在高風速時，八卦擋煞在大小 size 上紊流能量都飆高，但銅錢擋煞仍維持低紊流能量，維持其擋煞效力。

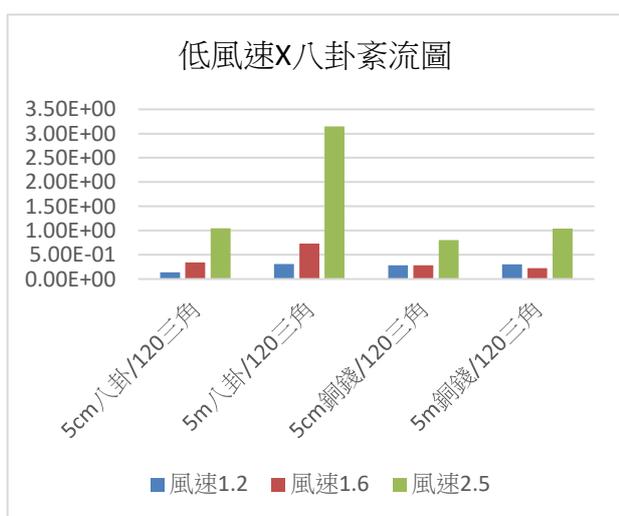


圖 20(a):實測 5cm 三角形 120 度噪音長條度

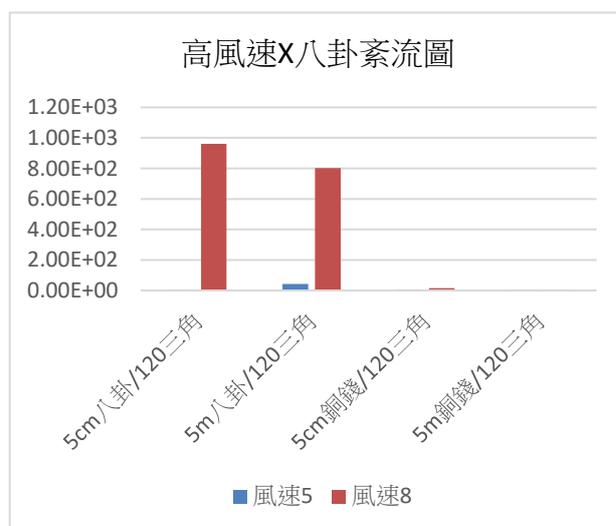


圖 20(b):模擬 5cm 三角形噪音 120 度長條度

五、分析模擬中紊流與噪音分布原因

(一)、分析模擬所使用之流體力學公式

1. 動量厚度與位移厚度:位移厚度用來描述物體所造成流體內部邊界層厚度的改變量，動量厚度用於計算邊界層內的流體因邊界層所導致的動量流量虧損量。

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right)$$

$$u \frac{\partial U}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial x} = U \frac{dU}{dx} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau}{\partial y} + \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \times u \Rightarrow \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial(uv)}{\partial x} = U \frac{dU}{dx} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau}{\partial y}$$

$$\Rightarrow U \frac{dU}{dx} \int_0^\delta \left(1 - \frac{u}{U}\right) dy + \frac{d}{dx} \left[U^2 \int_0^\delta \frac{u}{U} \left(1 - \frac{u}{U}\right) dy \right] = \frac{\tau_w}{\rho}$$

2. 紊流矩陣:可用來分析 ANSYS 中紊流的旋轉、線/角變形等現象，其中等式右邊第一個矩陣為線變形矩陣，等式右邊第二為旋轉矩陣，等式右邊第三個矩陣為角變形矩陣

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{\partial u}{\partial y} & \frac{\partial u}{\partial z} \\ \frac{\partial v}{\partial x} & \frac{\partial v}{\partial y} & \frac{\partial v}{\partial z} \\ \frac{\partial w}{\partial x} & \frac{\partial w}{\partial y} & \frac{\partial w}{\partial z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial v}{\partial y} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial w}{\partial z} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} \left[\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} \right] & \frac{1}{2} \left[\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \right] \\ -\frac{1}{2} \left[\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} \right] & 0 & \frac{1}{2} \left[\frac{\partial v}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial y} \right] \\ -\frac{1}{2} \left[\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \right] & -\frac{1}{2} \left[\frac{\partial v}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial y} \right] & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} \left[\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right] & \frac{1}{2} \left[\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right] \\ \frac{1}{2} \left[\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right] & 0 & \frac{1}{2} \left[\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right] \\ \frac{1}{2} \left[\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right] & \frac{1}{2} \left[\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right] & 0 \end{bmatrix}$$

(二)、燕尾型尖角分析

燕尾形尖角被大量運用在台灣廟宇結構上，是一種文化上的象徵，而透過軟體分析，可以發現進風口處的流體，因沿圓弧流動的關西，根據位移厚度(**displacement thickness**)(1)與動量厚度(**momentum thickness**)(2)與不可壓縮理論(**incompressible fluid**)，流體剛接觸模型時因邊界層內流體被擠壓導致主流流體被抬升，導致邊界層(**Boundary Layer**)內流體有動量虧損，並在模型後半部分邊界層分離時除因壓差力產生的紊流外，更進一步擴大紊流的面積

$$\delta^* = \int_0^\delta \left(1 - \frac{u}{U}\right) dy \quad (1)$$

$$\theta = \int_0^{\delta} \frac{u}{U} \left(1 - \frac{u}{U}\right) + \frac{2\theta + \delta^*}{U} \frac{dU}{dX} + \frac{d\theta}{dx} = \frac{\tau w}{\rho U^2} \Rightarrow \frac{d\theta}{dx} = \frac{\tau w}{\rho U^2} \int_0^x \tau w b dx = \rho b \theta U \cdot U \quad (2)$$

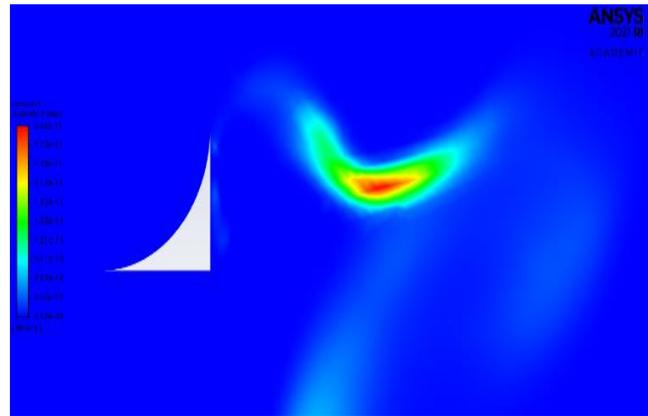
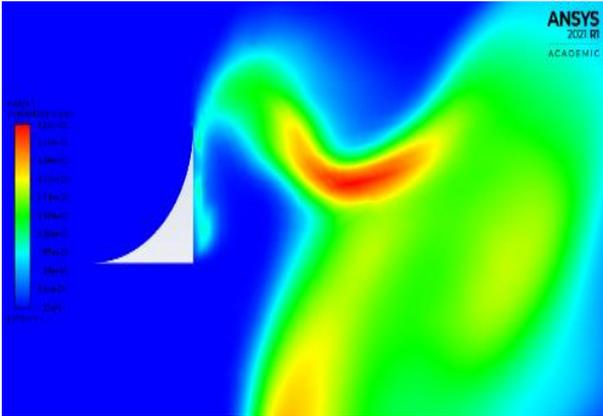


圖 21(a):燕尾形紊流圖

圖 21(b):燕尾形噪音及壓力圖

(三)、銅錢擋煞景觀

擋煞用銅錢景觀是我們目前測出單體紊流產生最小的一體模型，根據邊界層理論 (boundary layer theory)，因其表面凹凸不平之原因，能夠有效使部分層流邊界層(laminar boundary layer)轉化成紊流邊界層(turbulent boundary layer)，增加主流與邊界層內部的動量交換，使邊界層更有效的附著在模型表面，不會使其邊界層過早產生分離，因此可以看到對於銅錢模形來說，紊流只來源於壓差阻力，而非邊界層分離(boundary layer separation)。

$$\frac{d\theta}{dx} = \frac{\tau w}{\rho U^2} \Rightarrow \int_0^x \tau w b dx = \rho b \theta U \cdot U \Rightarrow \sum F = (mv)_{out} - (mv)_{in}$$

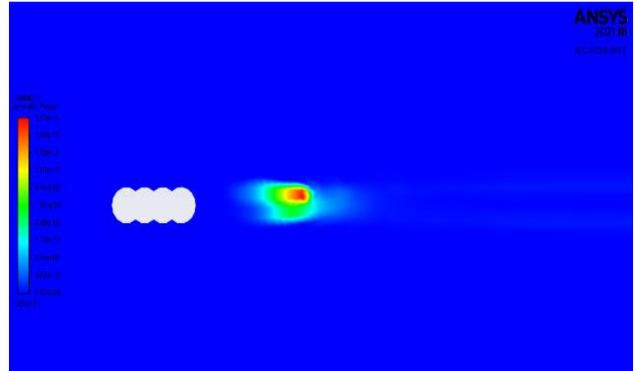
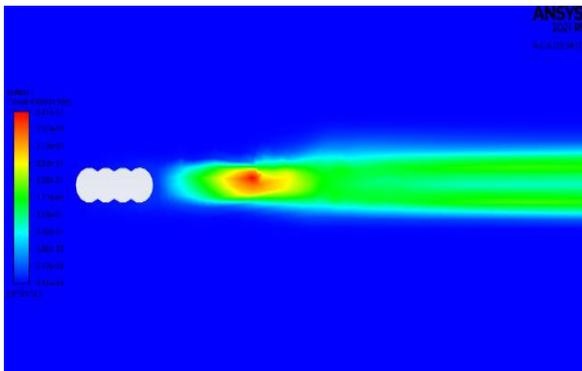
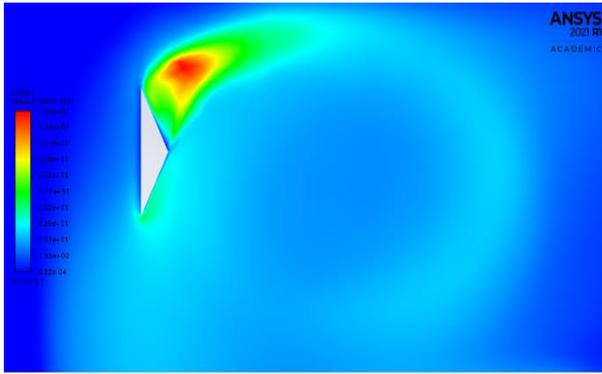


圖 22(a)銅錢擋煞形紊流圖

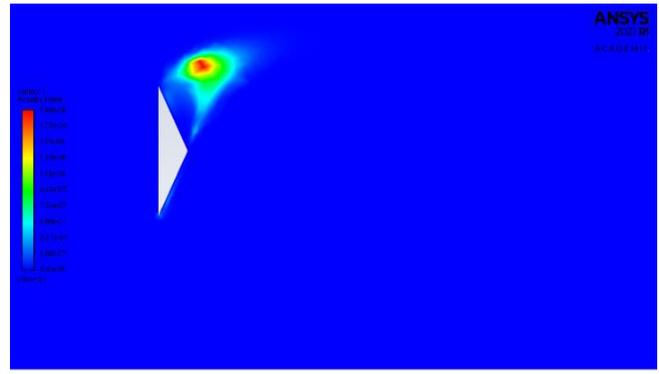
圖 22(b)銅錢擋煞形噪音圖

(四)、銅錢擋煞模型與 120 度三角形模擬圖分析

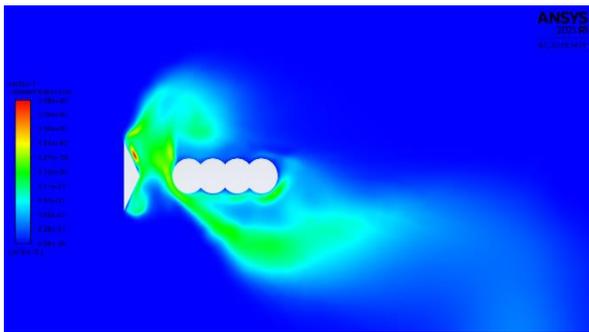
以本研究中 120 度尖角有無擋煞物為列，當無擋煞物時，三角紊流與噪音具有明顯的強度分布，但當把擋煞物之銅錢放入後可以看到紊流與噪音有明顯的下降，如下表 19。



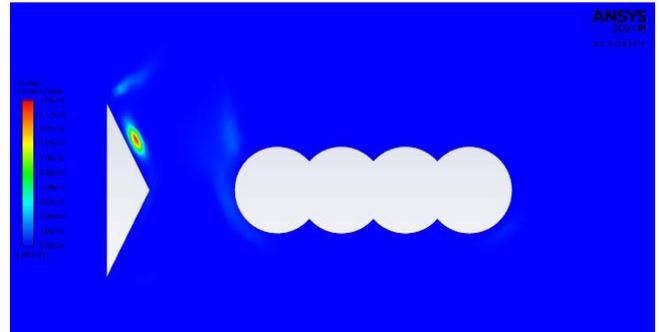
120 度三角無擋煞之紊流圖



120 度三角無擋煞之噪音圖



120 度三角銅錢擋煞之紊流圖



120 度三角銅錢擋煞之紊流圖

而透過前面的研究，我們可知三角形前方廣大的平面，與後方狹小的尖端容易產生低壓區較大的壓差力導致氣流無法附著，使邊界層提早分離進而生成紊流(Turbulence) 而當銅錢放置於後方後，紊流強度與噪音明顯下降，至於為何有如此效果，我們分析是因為本因強大的壓差力導致的突變式分離泡，因下游的逆壓梯度(adverse pressure gradient)受銅錢模型影響不再強大後，流體又再次附著上後方模型所致。

五、風速與尖角及擋煞之相關性

紊流與噪音高度相關，我們也想知道各尖角及擋煞形，在紊流與噪音之表現上，對於風速之相關性，我們以 SPSS 程式對於進行七種物形進行風速的迴歸分析，結果如下表 20。

表 20: 不同風速下尖角與紊流與噪音迴歸分析

風速	1.2 m/s	1.6 m/s	2.5 m/s	5 m/s	8 m/s
R 平方值	0.817	0.909	0.788	0.665	0.348

由上表可知，在低風速時，R 平方值都在 0.75 以上，達到高度正相關，中風速 5m/s 時，R 平方值為 0.665，相關性略降但仍呈現正相關，然到高風速 8 m/s，未達顯著正相關。

柒、結論

- 一、藉由觀測流場現象，發現大部分尖角形及擋煞形皆有渦流氣流，證明存在紊流，尖角煞與紊流可能相關，且**燕尾形的形狀渦流最為明顯**。並且經由實作水流場實驗，對比模擬結果之壓力場分布類似，證明**實作及模擬可連結**。
- 二、藉由聲頻的傅立葉轉換(FFT)圖形我們發現，八卦擋煞形及銅錢擋煞形，皆有能降低高頻氣流的功效，且**八卦形除了降頻外還可讓氣流能量強度也下降，降頻幅度約 200~300Hz，降強幅度約 200W/m²**。
- 三、由模擬結果可知，在低風速下各角形噪音強度都極小，但在中到高風速(5~8)時，表現略有不同，**三角形及燕尾形呈較規律變化，尤其是 120 度三角最為線性**，而擋煞物不管是**八卦或是銅錢，在各風速紊流強度都極低**，適合作為擋煞物。
- 四、在擋煞物對於尖角模型之模擬輸出，發現在**低風速時，八卦及銅錢擋煞效果皆不錯，但在高風速時，僅有銅錢擋煞有較好的效力**。
- 五、經由統計迴歸分析，各尖角及擋煞對於紊流與噪音之表現在**低風速時高度正相關，R 平方值在 0.75 以上**。

捌、參考資料及其他

- 一、朱佳仁(民 90)。工程流體力學。台灣:科技圖書股份有限公司。
- 二、項文雄、曹家維(民 109)。風水與科學~探討天斬煞與氣流的關係。中華民國第 60 屆中小學科學展覽作品說明書。國小組。物理科。
- 三、黃蘭翔(民 102)。臺灣漢人建築「燕尾」翹脊之起源與文化初探。臺灣:南天書局。
- 四、Afanasyeva, N. (2017). The Effect of Angle of Attack and Flow Conditions on Turbulent Boundary Layer Noise of Small Wind Turbines. Archives of Acoustics, 42.
- 五、Giguere, P., & Selig, M. S. (1999). Design of a tapered and twisted blade for the NREL combined experiment rotor (No. NREL/SR-500-26173). National Renewable Energy Lab., Golden, CO (US).
- 六、Rogers, A. L., & Manwell, J. F. (2004). Wind turbine noise issues. White paper by Renewable Energy Research Laboratory, University of Massachusetts at Amherst, Amherst, MA.
- 七、Salt, A. N., & Hullar, T. E. (2010). Responses of the ear to low frequency sounds

【評語】 052409

本研究針對清水祖師廟建築傳統風水之尖角煞及擋煞物，分別探討其對鄰近風場紊流及噪音高低之影響與成效，包括不同尖角形狀、角度及擋煞景觀形式，藉由風洞、水流實驗及流體力學模擬分析結果，進而獲得有效之擋煞景觀。本研究題材新穎且跳脫傳統，將宗教信仰中建築應避開設計尖角煞，採用科學方式推論尖角煞可能容易造成音頻過高及噪音，導致人類心神不寧。但對於擋煞解釋過於簡單，同時，應提供足量之民間尖角煞實地範例圖片，並針對照片給予合理擋煞模擬解釋，另外，實驗模型種類眾多，雖可因應於不同實際尖角煞情形，但研究者並未實地採集相關數據，僅單就小型實驗及軟體模擬結果加以推論，研究方法可再強化。

作品簡報



傳統建築的風水擋煞景觀研究
以清水祖師廟為例

研究動機

東方古代神秘力量「尖角煞」的存在是否也會影響風場的變化，並產生噪音呢？什麼樣形狀大小的景觀或有什麼樣的方法在流體力學知識觀點可以有效擋住「尖角煞」呢？並有效地降低「紊流」及「噪音」呢？這些問題引起我們極大的研究動機。

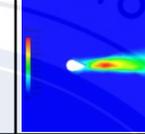
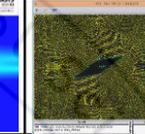
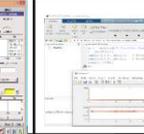
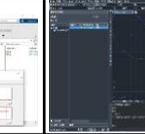


陳家古厝

研究目的

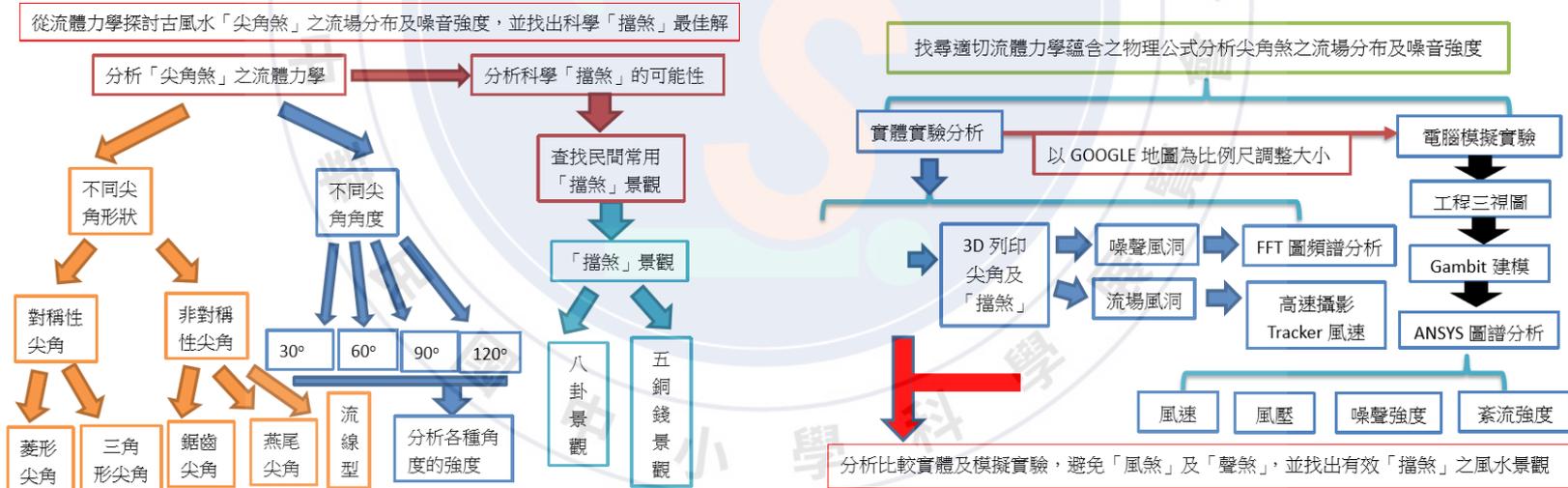
1. 藉由水流及水煙實驗，探討尖角形狀之流場軌跡。
2. 分析不同尖角形狀之噪音頻譜分析圖。
3. 藉由模擬實驗，探討實際大小尖角之紊流與噪音，並與實體實驗比對。
4. 加入擋煞景觀模型，再次進行實體與模擬實驗，探討擋煞景觀之優劣。
5. 綜合以上，經由流體力學分析後，得出如何防範古風水中尖角煞。

研究設備與軟體

								
雷射切割機	3D列印機	風速計	水煙產生器	無聲送風機	Ansys程式	Gambit程式	Matlab程式	FreeCad程式

研究流程圖

逐步探究實驗流程圖



研究工具

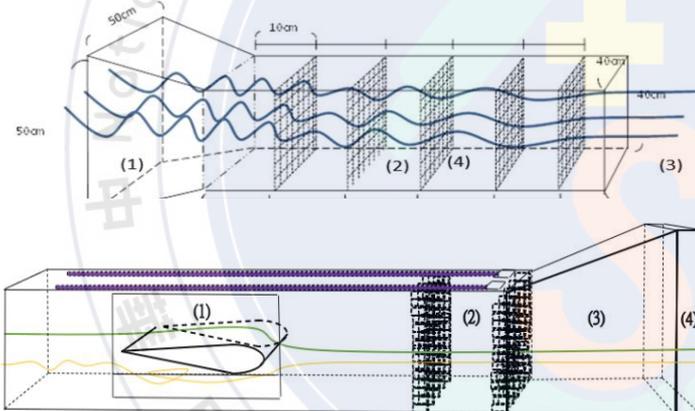
相關理論與方程式

(1) 雷諾數: $Re = \frac{\rho v D}{\mu}$ (2) 白努力方程式: $p + \rho g h + \frac{1}{2} \rho v^2 = constant$

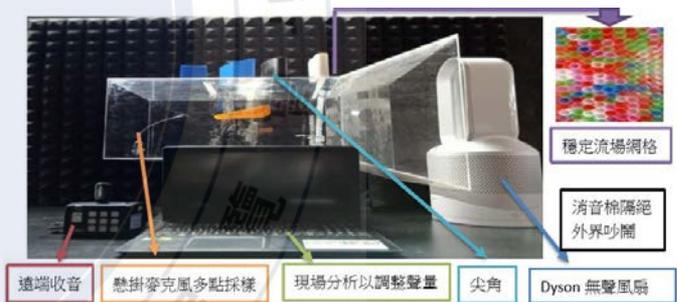
(3) 紊流模型: $\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho k u) = \frac{\partial}{\partial x} \left[\left(\mu + \frac{\mu^T}{\sigma} \right) \frac{\partial k}{\partial x} \right] + C_1 \frac{\varepsilon}{k} G k - C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k}$

風洞與水道

(1) 風場風洞:



(2) 紊流風洞:



(3) 水流場水道:

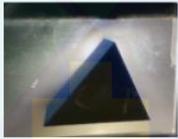
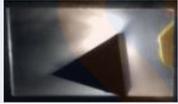


研究結果與討論(1/5)

1. 尖射煞的流場

- (1)幾乎都有渦旋，證明有紊流產生
- (2)燕尾形有最明顯的渦旋
- (3)菱形沒有看見明顯的渦旋
- (4)加入擋煞景觀後渦旋變得比較不明顯



表 3(a)各種形狀尖角之水煙流場圖				
三角形	流線型	菱形	燕尾形	鋸齒型
				
表 3(b)各種形狀尖角對八卦形擋煞景觀之水煙流場圖				
三角形	流線型	菱形	燕尾形	鋸齒型
				
表 3(c)各種形狀尖角對五銅錢形擋煞景觀之水煙流場圖				
三角形	流線型	菱形	燕尾形	鋸齒型
				

研究結果與討論(2/5)

2. 不同尖角形狀之噪音頻譜

(1) 兩種擋煞物形初始分析，八卦形的音頻最大強度落在900~1000Hz，銅錢形地落在700~800Hz，且八卦形的強度高於銅錢形約200W/m²。

(2) 經由擋煞物的阻隔，五種「尖角形」聲音頻率，在八卦形絕大部分略為下降，音頻最大強度坐落在600~800Hz。

(3) 在燕尾尖角形對於八卦時，降頻降強度的效果最好

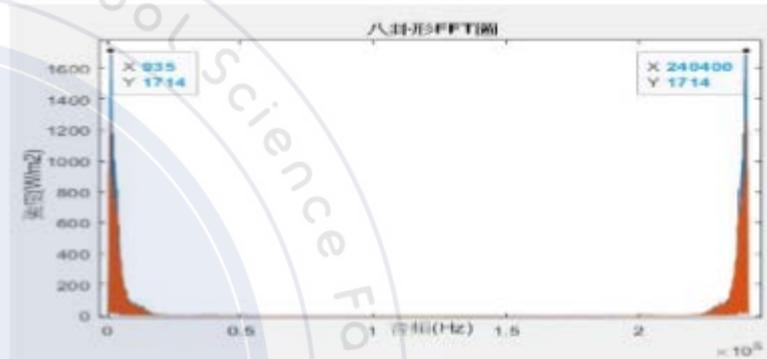


圖 13(a):八卦形擋煞景觀降噪頻譜分析圖

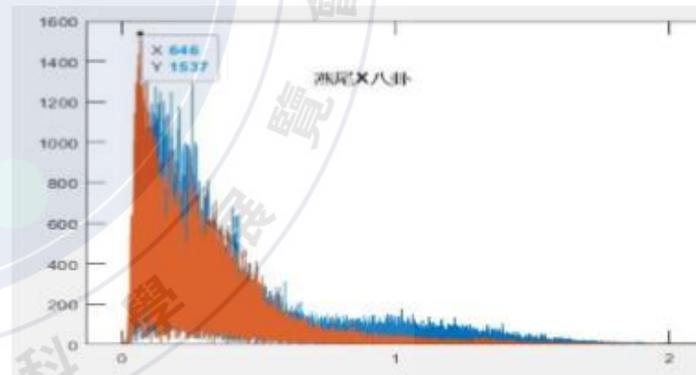


圖 18(a):燕尾尖角與八卦之噪音頻譜分析圖

研究結果與討論(3/5)

3. 尖角煞之紊流與噪聲之實作與模擬

- (1) 實作與模擬的圖形的大略相似
- (2) 紊流與噪聲的模擬圖形相似，證明有高度相關性
- (3) 擋煞物的八卦和銅錢，紊流和噪聲強度都極低，有做為擋煞物之潛力

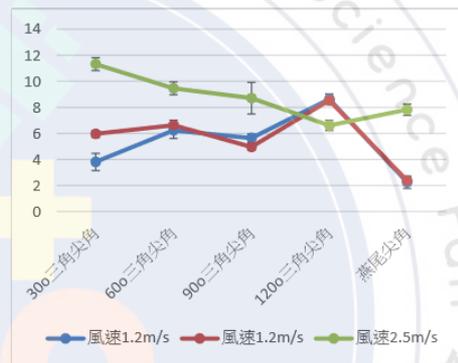


圖 16(a):不同尖角在不同風速下之聲音強度

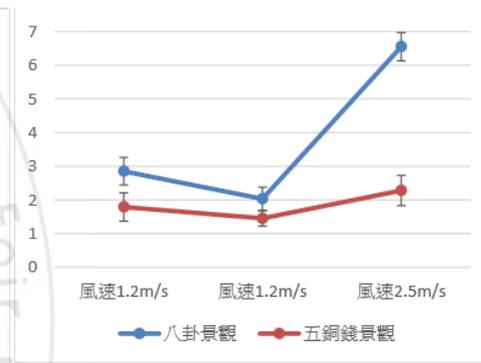
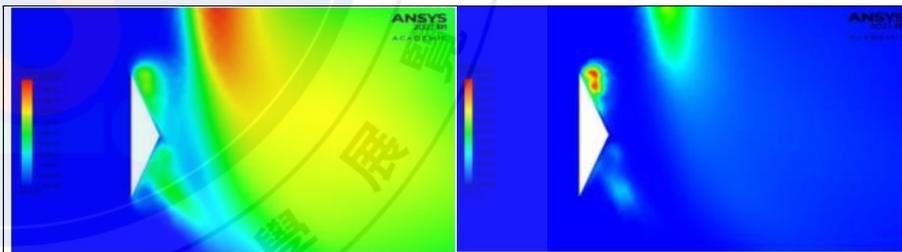
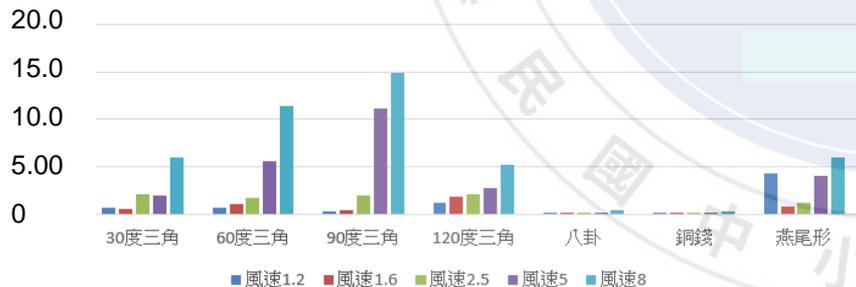


圖 16(b):擋煞物在不同風速下之聲音強度

5m紊流強度(單位 m^2/s^2)

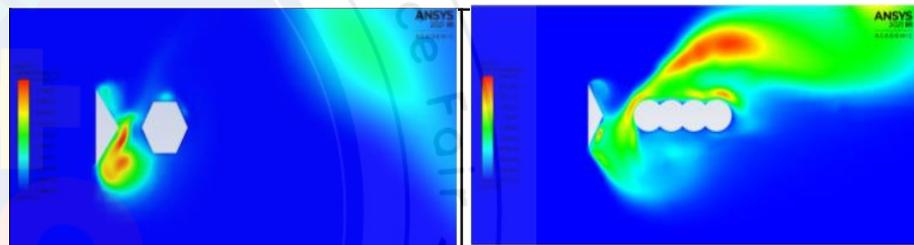
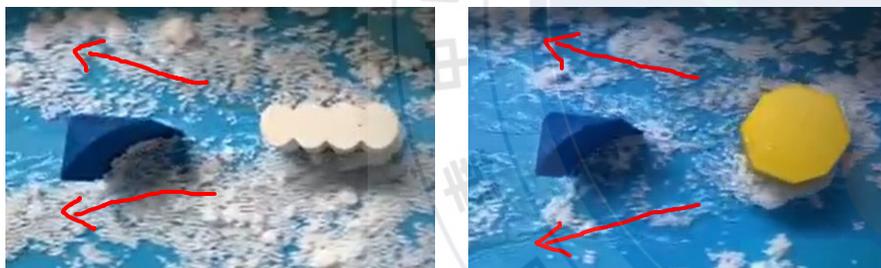


120度三角形尖角之紊流與噪聲強度模擬圖

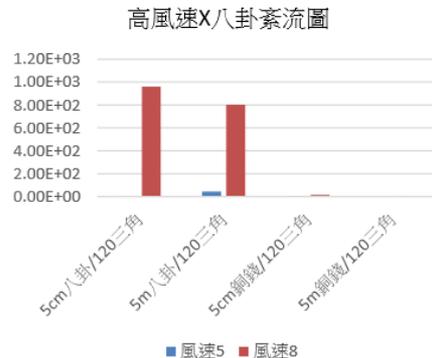
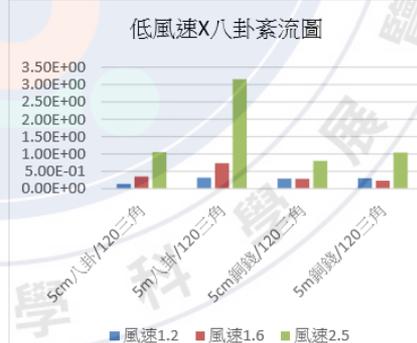
4. 擋煞X尖角之紊流與噪聲 研究結果與討論(4/5)

(1) 模擬結果得知，低風速時，八卦或銅錢，紊流能量都很低，擋煞效果佳，高風速時，八卦擋煞效果未若銅錢擋煞效果佳。

(2) 在低風速(水流圖)，實驗發現經由擋煞物渦旋皆未形成，而高風速(水煙圖)，銅錢擋煞未形成渦旋，而八卦擋煞形成較小渦旋，與模擬結果相互驗證。



風速1.6m/s之八卦與五銅錢之擋煞紊流強度圖



5. 紊流與噪音於尖角的分析 研究結果與討論(5/5)

(1) 燕尾形有最大的渦旋及紊流強度，原因是邊界層動量虧損。銅錢擋煞景觀是測出單體紊流產生最小的一體模型，推測因其表面凹凸不平之原因，能夠有效阻止邊界層的分離，抵抗紊流生成。

(2) 由實驗截圖模擬圖形可看出，流線方向，紊流渦旋位置，兩者相互驗證。

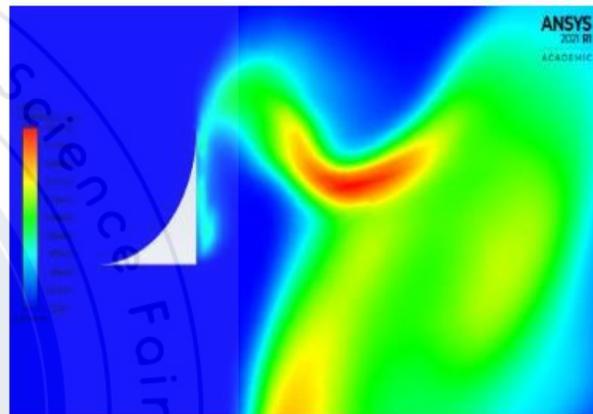


圖 21(a):燕尾形紊流圖

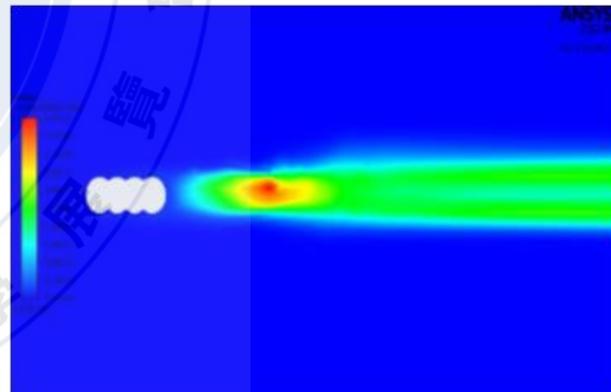
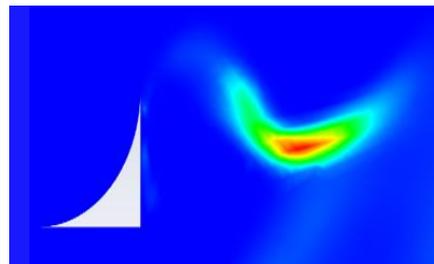
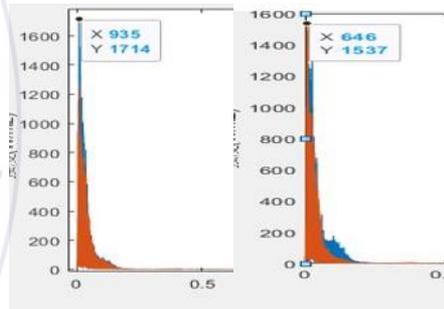
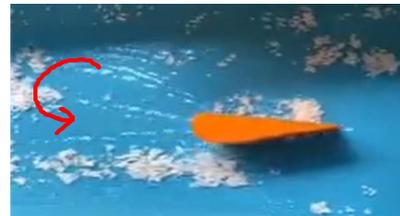


圖 22(a)銅錢擋煞形紊流圖

結論

1. 藉由水煙及水流實驗，發現大部分尖角形及擋煞形皆有渦漩氣流，證明存在紊流，尖角煞與紊流可能相關，且**燕尾形的形狀渦漩最為明顯**。
2. 藉由聲頻的傅立葉轉換(FFT)圖形我們發現，八卦擋煞形及銅錢擋煞形，皆有能降低高頻氣流的功效，且**八卦形除了降頻外還可讓氣流能量強度也下降，降頻幅度約200~300Hz，降強幅度約200W/m²**。
3. 由模擬結果可知，在低風速下各角形噪音強度都極小，但在中到高風速(5~8)時，表現略有不同，**三角形及燕尾形呈較規律變化，尤其是120度三角最為線性**，而擋煞物不管是**八卦或是銅錢**，在各風速紊流強度都極低，適合作為擋煞物。
4. 在擋煞物對於尖角模型之模擬輸出，發現在**低風速時，八卦及銅錢擋煞效果皆不錯**，但在**高風速時，僅有銅錢擋煞有較好的效力**。
5. 經由統計迴歸分析，各尖角及擋煞對於紊流與噪音之表現在**低風速時高度正相關，R平方值在0.75以上**。



中 National Primary & High School Science



謝謝大家！



參考文獻

參考文獻

1. ArkLab 飛行學院(民106)。Arduino 風洞機-自製空氣動力學實驗裝置。民110年2月27日，取自:<http://ark-lab.blogspot.com/2017/04/blog-post.html?m=1>。
2. 朱佳仁(民90)。工程流體力學。台灣:科技圖書股份有限公司。
3. 林步剛、蔡明哲(民109)。破風者-紊流與噪聲之流體力學探討。中華民國第60屆中小學科學展覽作品說明書。高中組。物理與天文學科。
4. 林宗聖(民100)。馬背燕尾與疊砌法。臺灣山岳。94:118-121。
5. 項文雄、曹家維(民109)。風水與科學~探討天斬煞與氣流的關係。中華民國第60屆中小學科學展覽作品說明書。國小組。物理科。
6. 馮玉明(民103)。小型垂直軸風力機氣動力噪音研究。行政院園子能委員會委託研究計畫報告。(計畫編號: 1032001NER038)。
7. 黃蘭翔(民102)。臺灣漢人建築「燕尾」翹脊之起源與文化初探。臺灣:南天書局。
8. Afanasieva, N. (2017). The Effect of Angle of Attack and Flow Conditions on Turbulent Boundary Layer Noise of Small Wind Turbines. Archives of Acoustics, 42.
9. Giguere, P., & Selig, M. S. (1999). Design of a tapered and twisted blade for the NREL combined experiment rotor (No. NREL/SR-500-26173). National Renewable Energy Lab., Golden, CO (US).
10. Rogers, A. L., & Manwell, J. F. (2004). Wind turbine noise issues. White paper by Renewable Energy Research Laboratory, University of Massachusetts at Amherst, Amherst, MA.
11. Salt, A. N., & Hullar, T. E. (2010). Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines. Hearing research, 268(1-2), 12-21.
12. Son, E., Kim, H., Kim, H., Choi, W., & Lee, S. (2010). Integrated numerical method for the prediction of wind turbine noise and the long range propagation. Current Applied Physics, 10(2), S316-S319.
13. Yu, H., Ahmed, N. A., & Flynn, T. G. (2014). Manufacture and material considerations in wind tunnel experimentation. In Applied Mechanics and Materials (Vol. 607, pp. 694-699). Trans Tech Publications Ltd.