

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 土木科

第一名

091202

活力再現

學校名稱：高雄市立高雄高級工業職業學校

作者：	指導老師：
職一 朱怡臻	黃天枝
職一 陳柏湧	
職二 王乙雅	
職二 劉元琦	

關鍵詞：活塞效應、引流效應、綠隧道

壹、摘要

主要是研究使用橡皮筋彈力器驅動潛行車廂體進入隧道後，產生的活塞效應與引流效應做為主題，探討潛行車廂（斜面、平面車頭造型）對隧道內各個垂直圓周角度(@15°)與水平@18cm 的氣流速度變化。結果發現在隧道活塞效應與引流效應最大的為垂直圓周角 60°位置，再針對隧道圓周角 60°水平向之 B-4、E-4、H-4、K-4 等孔位開設直徑 4cm 的通風口，測試驗證開設通風口後能有效降低活塞效應，使引流效應趨緩。潛行車廂行駛隧道所引發的最大活塞效應與最大引流效應之位置所得數值，建議於活塞效應與引流效應最大位置區可設置通風口或減壓井，甚至利用空氣流速效應設置發電機組提供隧道內之照明，使隧道成為綠隧道。

貳、研究動機

由周遭之生活環境中發現，當一潛行物由戶外進入隧道後，會產生一股氣流，常常使得隧道內設施造成損毀，進而引發意外，此強大氣流之現象稱為活塞效應；如台灣高速鐵路青埔車站因為設計不良，害怕高速行駛的列車經過車站時會因活塞效應而使車站玻璃帷幕被高壓空氣震碎。因此研究成員與指導老師討論後決定著手研究潛行車廂體與氣流變的關係，希望可以藉由本研究之測試，找出隧道活塞效應最大之垂直角度與水平位置，並在活塞效應最大開設通風口，是否能降低潛行車廂體駛入隧道內時之活塞效應，並引入清新的氣流。

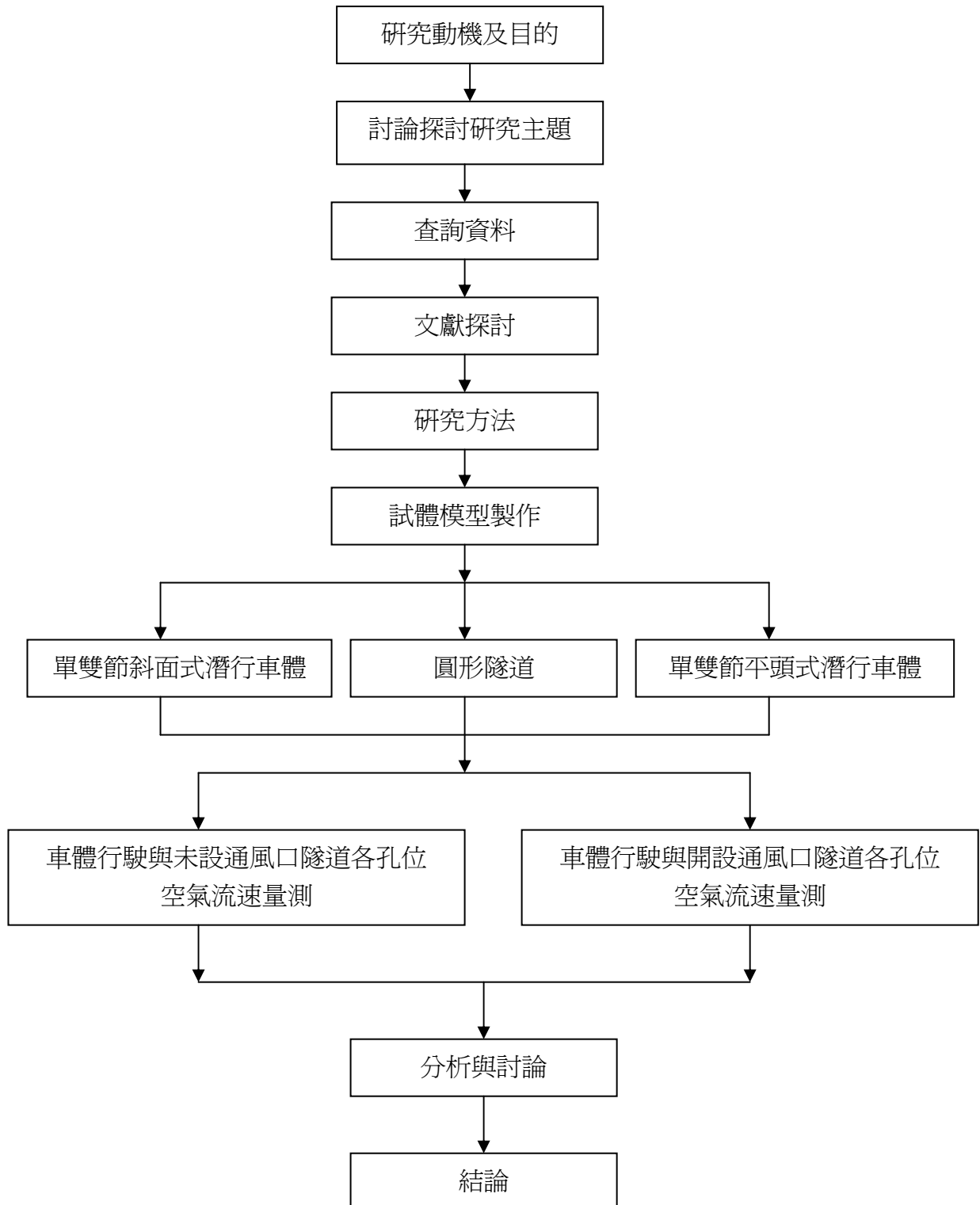
另外現在地球溫室效應日漸嚴重，為了減緩溫室效應與推動節能減碳，這個研究將會是一個土木工程設計的發現。當潛行車廂體進入隧道引發的活塞效應，若能藉由隧道開設通風口、減壓井時，同時結合發電機組設計提供隧道內的照明系統。

研究小組從斜面式、平面式兩種車頭廂體行駛隧道所產生的效應角度進行資料收集、模型測試與分析討論，探討氣流效應最強位置，並設置疏壓通風口，以探究活塞效應降低情況。

叁、研究目的

- 一、探討以斜面式與平面式單節 60cm 車廂體在彈力推動行駛隧道時，在隧道垂直圓周角活塞效應與引流效應變化。
- 二、探討以斜面式與平面式雙節 120cm 車廂體在彈力推動行駛隧道時，在隧道垂直圓周角活塞效應與引流效應變化。
- 三、探討在車廂行駛隧道內最大活塞效應位置點開設通風口，是否能有效降低活塞效應。

肆、研究流程



伍·研究設備與器材

表 1 研究設備與器材

設備與器材			
			
單釘氣壓式釘槍	腳踏車內胎緩衝器材料	尖嘴鉗	矽利康
			
水準尺 (調整車道平台)	平鋪式軌道 (列車軌道)	馬糞紙 (隧道圓弧放樣)	活動角規
			
捲尺 (測量距離)	秤子 (秤重)	木工圓盤鋸 (鋸切木料)	空氣壓縮機
			
模擬圓弧隧道試體	壓克力板 (製作透明車身)	車廂輪子	墨斗
			
風速計 (測隧道內風速)	木心板 (製作車身主體)	電鑽	噴燈
			
夾板 (車底、軌道)	釘子 (固定木材)	3/8 英寸鑽頭	木工手工鋸

陸、文獻探討

一、活塞效應案例探討

台灣交通自高鐵運輸的便捷，使得南北空間長度縮短，更促使都市交通網日趨完整。但在快速與便捷下卻也發生幾起因隧道設計未注意到的空氣流速造成的事故，如台灣高鐵桃園青埔站也因列車高速通過將引起強大活塞效應，造成隧道內空氣受到推擠，加上用以降低風壓的解壓井設計不當，列車經過車站時會因活塞效應而使車站玻璃帷幕被高壓空氣震碎裂。(維基百科)

如何有效地將列車進站前活塞效應隧道內的空氣予以紓解，避免造成車站設施遭破壞與站內空氣品質惡化，所以近期的隧道與地下化交通系統設計都會利用活塞效應來把髒空氣排出通風口及解壓井，並帶入新鮮的空氣。至於在隧道交通系統開設通風口與解壓井之位置即為本次研究主要方向。

二、基礎理論文獻

(一)從氣體動力論分析

潛行物體以 V 速度進入隧道，隧道內空氣分子受撞擊時產生溫度會上昇，上升所需之能量大小等於潛行物體所形成之活塞效應，則潛行物體在能量守衡條件下會使物體緩行停止。若當潛行物體移動速度大於空氣分子溫度能量，此時受撞擊之空氣分子行程定流行徑於潛行物體與隧道空間餘隙，空氣定流進入潛行物體後端時會產生尾流；加上定流空氣分子溫度較隧道外空氣分子溫度高，依熱平衡定律必產生對流效應，而此效應發展成回流。本研究即是將尾流與迴流統合定義為引流效應(陳順強，民 76)，如圖 1 所示。

(二)從潛行物體之阻力分析

流體在接近而繞行物體時，首先會加速，在最凸處到最高，然後再行減速，如果流體是理想的，則恢復原有速度，前後速度沒有差別，對物體不致產生阻力(drag)；但實際流體，由於黏滯摩擦作用，流體繞行之後，速度比前減少，造阻力之發生。阻力之來源分兩方面解釋，一是邊界層內速度梯度很大，剪應力隨之增高，在物體表面構成摩擦阻力，稱為表面阻力(surface drag)；另一為邊界剝離後生成尾流，並產生大量漩渦，消耗壓力，使後端壓力遠不如前，造成前後端壓力差，即構成阻力，稱成壓力阻力(pressure drag)、形狀阻力(form drag)或迴流，(陳慶芳，民 76) 如圖 2 所示。



圖 1 引流測試照片

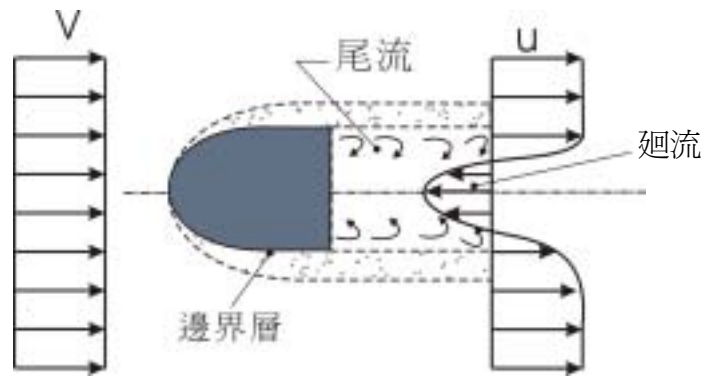


圖 2 流體繞過物體之速度變化圖

基於案例討討與基礎理論，可以確切地將列車行經隧道時會產生的活塞效應與引流效應之兩股空氣氣流，此二效應變化設定為本研究探討主題，經由模擬測試體的測試提供潛行車鄉體行駛隧道時的空氣流速變化參考數值。

柒、研究過程

一、研究方法

本研究選以比較性實驗法進行測試探討，Microsoft Excel XP 運算單雙節車廂體進入隧道內車頭引起的活塞效應氣流速，與產生引流效應氣流數值變化。

(一)蒐集資料

當開始從事研究前，研究成員與老師共同討論有關活塞效應與引流效應的問題，老師引導書面資料與尋求知識的方向，實驗測試動力則指導所有組員要將物理課程中有關牛頓定律仔細地思考，藉助網際網路瀏覽活塞效應、引流效應相關定義文獻知識。在詳閱資料和所蒐集的資料做問題分析討論，提出測試實驗的癥結並思考解決之方法，訂立研究方向開始我們的研究探討。

(二)研究設計

依據文獻分析擬定的研究方向，並開始尋找準備實驗的材料和設備，我們設計車廂的方向是以每 60cm 為一節車廂，分別為單節車廂體與雙節車廂體；車頭分別以斜面、平面兩組不同款式，共擬定了 4 輛列車。隧道依據建築法規規範之尺寸以 1：20 縮放作為本研究之模型。

二、研究試體製作

(一)模型設計

1.隧道

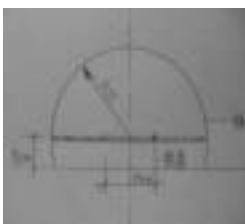


圖 3 隧道設計圖



圖 4 隧道實體圖



圖 5 隧道圓周測孔實體圖



圖 6 隧道通風口開設位置圖

2.單節車廂：規格 60cm×20cm×19cm -2.65kg(平面式車頭與斜面式車頭)

3.雙節車廂：規格 120cm×20cm×19cm -6.10kg(平面式車頭與斜面式車頭)

4.橡皮筋動力器：以角材作為柱，橡皮筋為彈射動力。

5.軌道設計：規格 915cm×52cm

6.隧道氣流鑽孔設計：以水平@18cm、垂直圓周角@15°鑽孔

7.動力器至隧道之間距離：固定 120 cm



圖 7 隧道空氣流速測試定位點 (O 點)



圖 8 隧道空氣流速測試定位點 (O 點進行測試)



圖 90 潛行車廂體測試動力裝置

三、研究測驗控制

本研究設計以橡皮筋動力器的拉伸位置彈推車廂體，利用物理速度的公式推算其加速度與施力值，本研究之控制數值如表 2、表 3 所示。

表 2 潛行車箱直線運動之所需數值

車廂體 控制項次	單節斜面式車箱	單節平面式車箱	雙節斜面式車箱	雙節斜面式車箱
速度測點距離	3.74m	3.74m	3.74m	3.74m
速度測點時間	0.88s	0.88s	0.88s	0.88s
速度測點加速度	9.66 m/s ²	9.66 m/s ²	9.66 m/s ²	9.66 m/s ²
車廂體質量	2.65kg	2.65kg	6.10kg	6.10kg
橡皮筋彈力	25.60 N	25.60 N	58.926 N	58.926 N

註：單節車廂以 10 條橡皮筋為 1 節共 14 節為動力器，雙節車廂以 10 條橡皮筋為 1 節共 20 節為動力器

註：

數值 1 計算，利用已知距離和時間，透過 $S=V_0t+1/2at^2$ 求得加速度，將求出的加速度帶入牛頓第二運動定律 $F=ma$ ，即可求得施力值。

四、研究測試

(一)實驗一





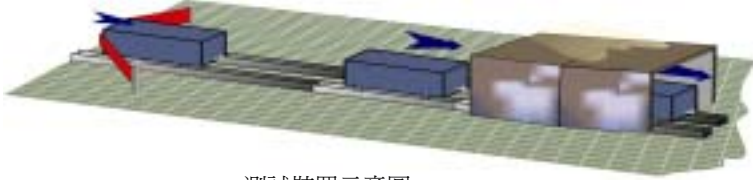
1.測試目標

探討單節斜面式與單節平面式之車廂體運動對應水平向 A 至 L 各點的活塞效應與引流效應之變化。

2.測試流程

依據測試目標裝置模擬測試進行測試，並量測其氣流速度作數據分析比較

表 3 測試過程流程圖

平面式列車安置於隧道入口軌道	動力裝置
	
氣流速度量測	測試車廂行駛隧道出口端
	
 <p>測試裝置示意圖</p>	

3.測試數據

單節斜面式與單節平面式車廂體對隧道水平向 A 至 L 點實驗測試數據分析統計表，如表 4 至表 10 與圖 10 至圖 15 所示。

表 4 15°之單節斜面式與平面式車箱水平向比較

孔號	單節斜面式車廂		單節平面式車廂	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
A-1 15°	0.270	0.354	0.130	0.365
B-1 15°	0.230	0.292	0.156	0.346
C-1 15°	0.300	0.370	0.186	0.360
D-1 15°	0.330	0.420	0.216	0.413
E-1 15°	0.343	0.402	0.180	0.373
F-1 15°	0.290	0.424	0.173	0.390
G-1 15°	0.226	0.430	0.206	0.411
H-1 15°	0.276	0.433	0.250	0.343
I-1 15°	0.206	0.314	0.180	0.260
J-1 15°	0.286	0.457	0.203	0.390
K-1 15°	0.300	0.420	0.216	0.365
L-1 15°	0.286	0.370	0.156	0.323

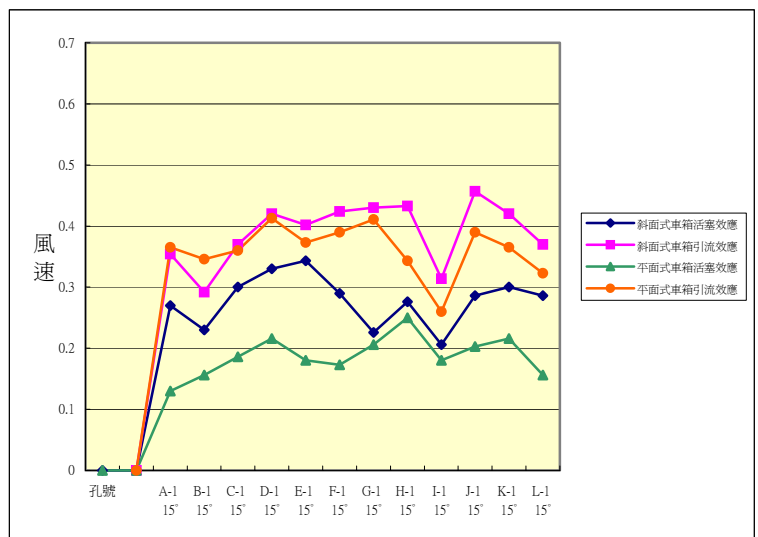


圖 10 15°之單節斜面式平面式車廂水平向比較折線圖

表 5 30°之單節斜面式與平面式車箱水平向比較

孔號	單節斜面式車箱		單節平面式車箱	
	風速(m/s)	風速(m/s)	風速(m/s)	風速(m/s)
	活塞	引流	活塞	引流
A-2 30°	0.244	0.412	0.223	0.383
B-2 30°	0.252	0.440	0.190	0.376
C-2 30°	0.310	0.490	0.200	0.328
D-2 30°	0.330	0.486	0.223	0.366
E-2 30°	0.314	0.534	0.183	0.420
F-2 30°	0.268	0.528	0.180	0.366
G-2 30°	0.300	0.556	0.246	0.446
H-2 30°	0.338	0.552	0.243	0.453
I-2 30°	0.396	0.496	0.156	0.326
J-2 30°	0.494	0.528	0.300	0.453
K-2 30°	0.451	0.572	0.316	0.400
L-2 30°	0.412	0.566	0.300	0.343

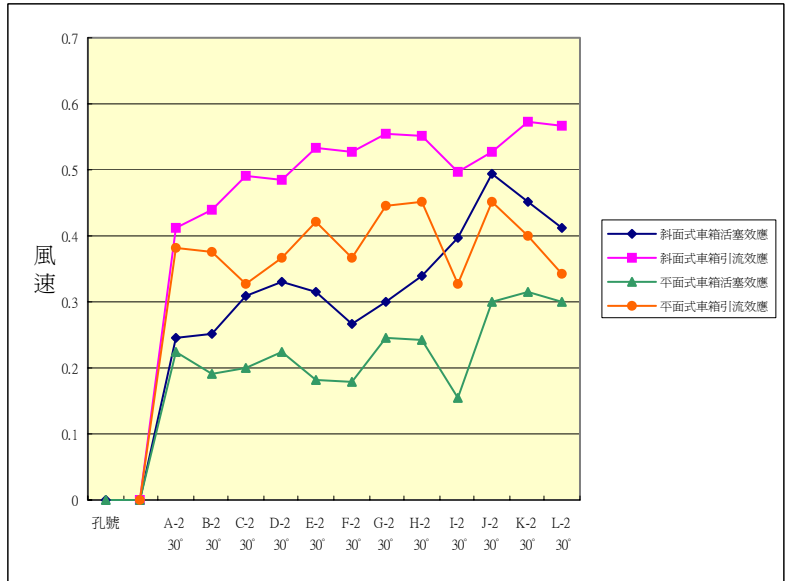


圖 11 30°之單節斜面式車箱與平面式車箱水平向比較折線圖

表 6 45°之單節斜面式與平面式車箱水平向比較

孔號	單節斜面式車箱		單節平面式車箱	
	風速(m/s)	風速(m/s)	風速(m/s)	風速(m/s)
	活塞	引流	活塞	引流
A-3 45°	0.218	0.260	0.150	0.250
B-3 45°	0.214	0.364	0.146	0.260
C-3 45°	0.310	0.470	0.186	0.370
D-3 45°	0.246	0.338	0.183	0.266
E-3 45°	0.286	0.416	0.140	0.380
F-3 45°	0.376	0.468	0.190	0.403
G-3 45°	0.378	0.486	0.226	0.396
H-3 45°	0.400	0.496	0.253	0.436
I-3 45°	0.334	0.476	0.213	0.360
J-3 45°	0.318	0.542	0.200	0.366
K-3 45°	0.332	0.590	0.170	0.353
L-3 45°	0.419	0.582	0.163	0.430

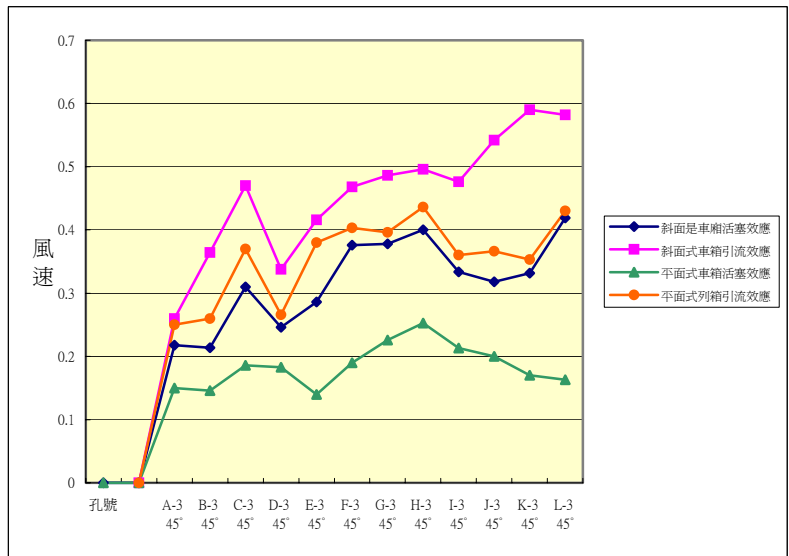


圖 12 45°之單節斜面式車箱與平面式車箱水平向比較折線圖

表 7 60°之單節斜面式與平面式車箱水平向比較

孔號	單節斜面式車箱		單節平面式車箱	
	風速(m/s)	風速(m/s)	風速(m/s)	風速(m/s)
	活塞	引流	活塞	引流
A-4 60°	0.220	0.418	0.170	0.243
B-4 60°	0.332	0.466	0.183	0.366
C-4 60°	0.300	0.430	0.150	0.353
D-4 60°	0.368	0.466	0.163	0.310
E-4 60°	0.422	0.576	0.180	0.343
F-4 60°	0.362	0.550	0.233	0.350
G-4 60°	0.388	0.510	0.216	0.360
H-4 60°	0.394	0.470	0.250	0.390
I-4 60°	0.368	0.526	0.210	0.346
J-4 60°	0.442	0.554	0.230	0.376
K-4 60°	0.420	0.584	0.176	0.363
L-4 60°	0.492	0.638	0.193	0.440

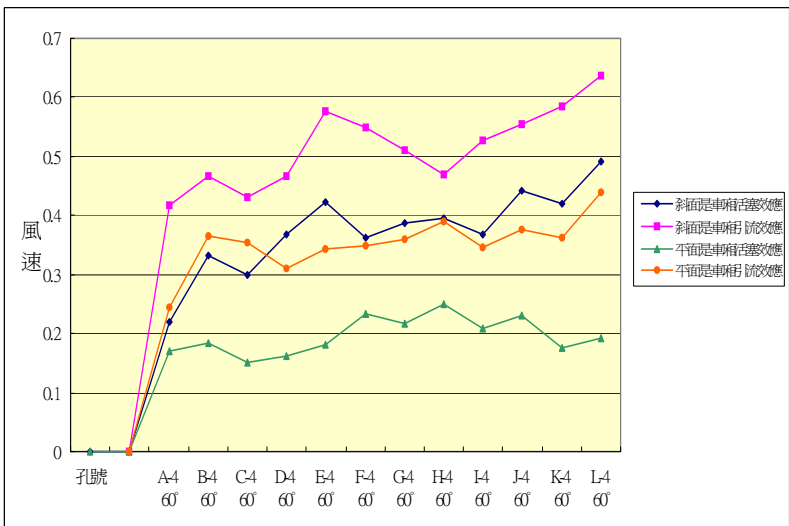


圖 13 60°之單節斜面式車箱與平面式車箱水平向比較折線圖

表 8 75°之單節斜面式與平面式車箱水平向比較

孔號	單節斜面式車箱		單節平面式車箱	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
A-5 75°	0.310	0.488	0.180	0.389
B-5 75°	0.312	0.496	0.230	0.403
C-5 75°	0.280	0.490	0.223	0.436
D-5 75°	0.356	0.516	0.243	0.363
E-5 75°	0.344	0.544	0.230	0.323
F-5 75°	0.315	0.498	0.213	0.360
G-5 75°	0.336	0.534	0.230	0.330
H-5 75°	0.378	0.582	0.258	0.373
I-5 75°	0.370	0.552	0.215	0.393
J-5 75°	0.439	0.614	0.263	0.436
K-5 75°	0.436	0.596	0.233	0.396
L-5 75°	0.406	0.590	0.223	0.350

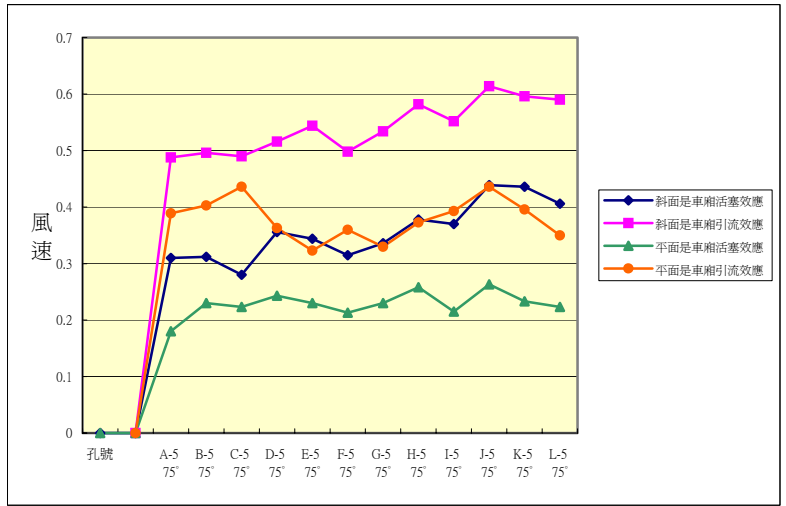


圖 14 75°之單節斜面式與平面式車箱水平向比較折線圖

表 9 90°之單節斜面式與平面式車箱水平向比較

孔號	單節斜面式車箱		單節平面式車箱	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
A-6 90°	0.270	0.394	0.146	0.253
B-6 90°	0.326	0.443	0.216	0.283
C-6 90°	0.370	0.480	0.190	0.323
D-6 90°	0.360	0.460	0.160	0.346
E-6 90°	0.290	0.416	0.196	0.303
F-6 90°	0.278	0.480	0.163	0.423
G-6 90°	0.370	0.494	0.223	0.423
H-6 90°	0.388	0.464	0.310	0.423
I-6 90°	0.384	0.552	0.330	0.453
J-6 90°	0.390	0.590	0.346	0.410
K-6 90°	0.360	0.570	0.320	0.426
L-6 90°	0.370	0.598	0.363	0.416

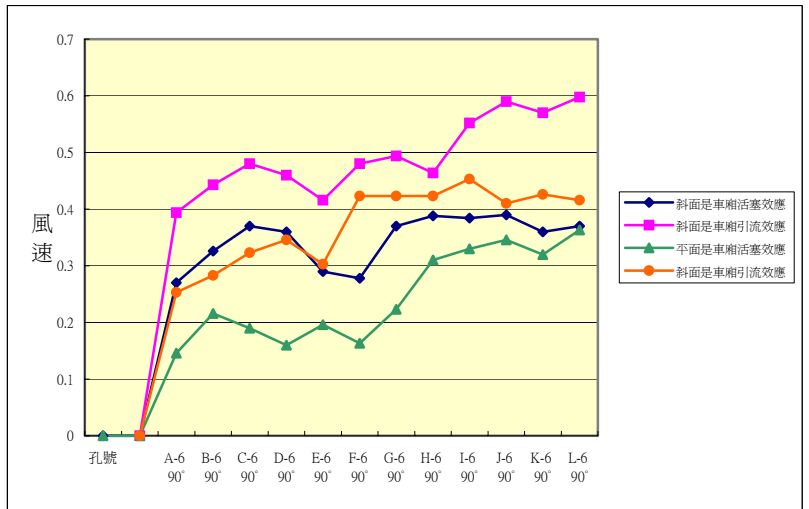


圖 15 90°之單節斜面式車箱與平面式車箱水平向比較折線圖

4.分析與討論：

由數據中得知，單節斜面式車廂比單節平面車廂的活塞效應和引流效應來得大，潛行物進入隧道後，其A～D孔與I～L孔之水平位置所產生的風速是比較大的，例如隧道75°的J孔，風速在是0.614m/s，在L孔雖然沒有如75°J孔的0.614m/s之大，但是平均皆在0.590m/s而活塞效應各角度最大的風速平均在都在0.350m/s以上；因為當潛行物進入隧道後，會把隧道內之飽和空氣推擠，產生黏滯摩擦作用，並且在車廂體後方形成引流效應。又當潛行車體到隧道中間段時，與空氣摩擦所產生之黏滯作用趨緩，且I孔位置在各垂直圓周角的活塞效應與引流效應變化數值平均較為趨緩，經討論後，是否因I位置已接近隧道出口，此時出口處的空氣流動進入隧道與潛行車廂所推擠的隧道內空氣流速進行碰撞造成I孔位置空氣效應呈現趨緩，在實驗二之長車廂體測試再予以注意觀察。

(二)實驗二

1.測試目標

探討雙節斜面式與雙節平面式之車廂體運動對應水平向 A 至 L 各點的活塞效應與引流效應之變化。

2.測試流程

依據測試目標裝置模擬測試進行測試，並量測其氣流速度作數據分析比較。

3.測試數據

雙節斜面式列車與雙節平頭式列車水平向實驗測試數據分析統計表，如表 10 至表 15 與圖 16 至圖 21 所示。

表 10 15°之雙節斜面式與平面式車箱水平向比較

孔號	雙節斜面式列車		雙節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
A-1 15°	0.132	0.252	0.260	0.390
B-1 15°	0.098	0.266	0.280	0.370
C-1 15°	0.080	0.235	0.310	0.430
D-1 15°	0.196	0.336	0.310	0.450
E-1 15°	0.296	0.348	0.360	0.430
F-1 15°	0.238	0.420	0.340	0.470
G-1 15°	0.228	0.354	0.310	0.410
H-1 15°	0.242	0.376	0.300	0.390
I-1 15°	0.192	0.290	0.250	0.370
J-1 15°	0.174	0.330	0.260	0.340
K-1 15°	0.170	0.338	0.220	0.310
L-1 15°	0.162	0.274	0.300	0.440

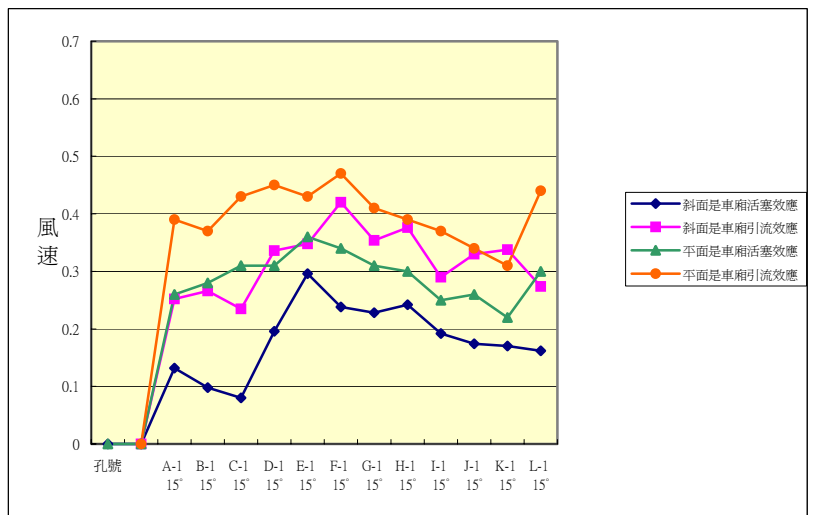


圖 16 15°之雙節斜面式車箱與平面式車箱水平向比較折線圖

表 11 30°之雙節斜面與平面式車箱水平向比較

孔號	雙節斜面式列車		雙節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
A-2 30°	0.194	0.360	0.190	0.430
B-2 30°	0.087	0.352	0.220	0.390
C-2 30°	0.160	0.334	0.130	0.450
D-2 30°	0.182	0.384	0.140	0.370
E-2 30°	0.210	0.394	0.150	0.360
F-2 30°	0.302	0.360	0.240	0.420
G-2 30°	0.298	0.386	0.310	0.370
H-2 30°	0.294	0.342	0.260	0.360
I-2 30°	0.200	0.366	0.230	0.370
J-2 30°	0.210	0.340	0.190	0.420
K-2 30°	0.226	0.354	0.220	0.380
L-2 30°	0.250	0.388	0.230	0.460

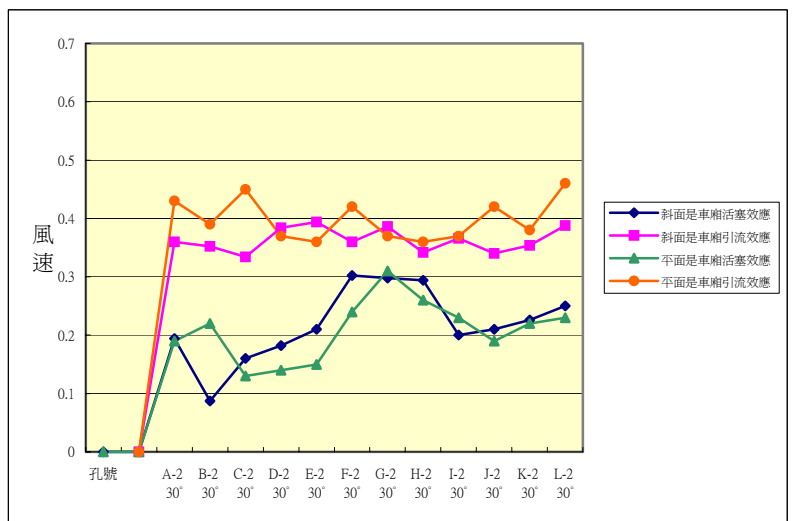


圖 17 30°之雙節斜面式車箱與平面式車箱水平向比較折線圖

表 12 45°之雙節斜面式與平面式車箱水水平向比較

孔號	雙節斜面式車箱		雙節平面式車箱	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
A-3 45°	0.124	0.336	0.220	0.430
B-3 45°	0.044	0.346	0.160	0.380
C-3 45°	0.166	0.360	0.140	0.360
D-3 45°	0.198	0.418	0.140	0.330
E-3 45°	0.146	0.430	0.120	0.300
F-3 45°	0.164	0.456	0.220	0.360
G-3 45°	0.294	0.404	0.260	0.280
H-3 45°	0.322	0.424	0.200	0.290
I-3 45°	0.220	0.362	0.210	0.350
J-3 45°	0.124	0.386	0.240	0.340
K-3 45°	0.152	0.448	0.260	0.350
L-3 45°	0.156	0.336	0.230	0.450

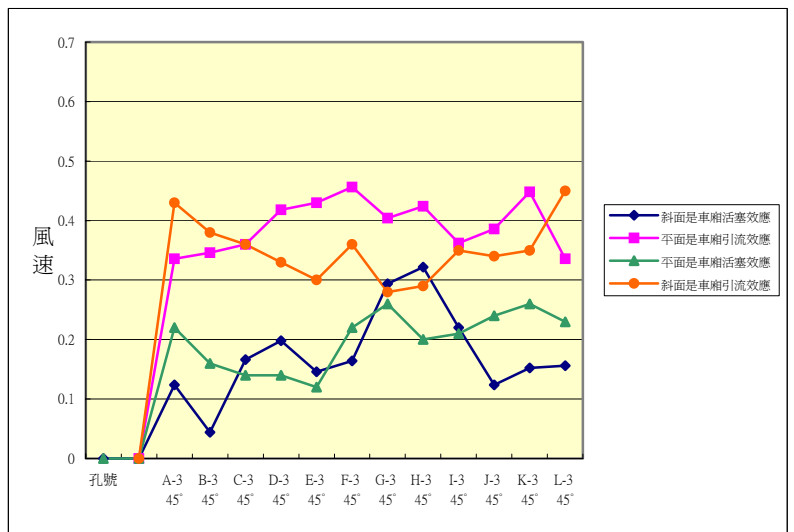


圖 18 45°之雙節斜面式車箱與平面式車箱水水平向比較折線圖

表 13 60°之雙節斜面式與平面式車箱水水平向比較

孔號	雙節斜面式車箱		雙節平面式車箱	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
A-4 60°	0.274	0.246	0.180	0.440
B-4 60°	0.048	0.388	0.150	0.412
C-4 60°	0.178	0.438	0.160	0.450
D-4 60°	0.240	0.532	0.210	0.290
E-4 60°	0.260	0.526	0.160	0.270
F-4 60°	0.214	0.458	0.240	0.280
G-4 60°	0.268	0.500	0.210	0.330
H-4 60°	0.256	0.482	0.210	0.320
I-4 60°	0.290	0.442	0.190	0.360
J-4 60°	0.315	0.536	0.100	0.300
K-4 60°	0.278	0.448	0.190	0.410
L-4 60°	0.268	0.438	0.200	0.390

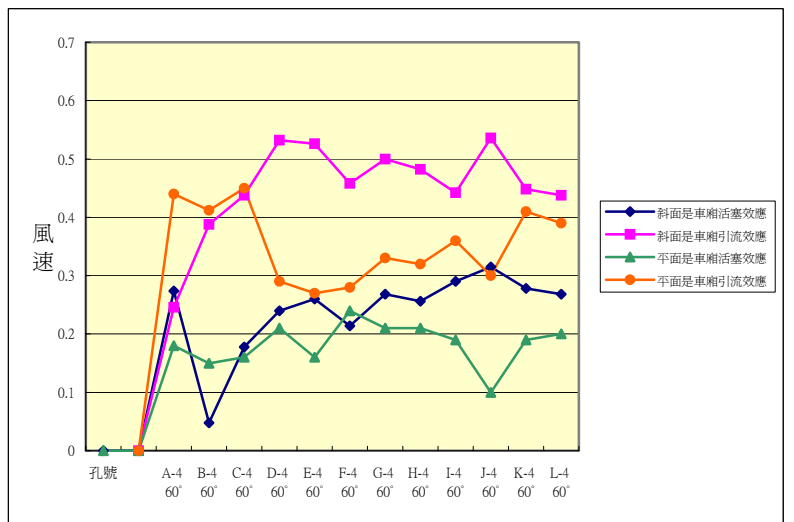


圖 19 60°之雙節斜面式車箱與平面式車箱水水平向比較折線圖

表 14 75°之雙節斜面式與平面式車箱水水平向比較

孔號	雙節斜面式車箱		雙節平面式車箱	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
A-5 75°	0.084	0.228	0.160	0.500
B-5 75°	0.092	0.376	0.180	0.470
C-5 75°	0.174	0.536	0.170	0.420
D-5 75°	0.138	0.550	0.140	0.330
E-5 75°	0.172	0.495	0.170	0.280
F-5 75°	0.128	0.422	0.170	0.300
G-5 75°	0.112	0.334	0.160	0.280
H-5 75°	0.218	0.472	0.280	0.420
I-5 75°	0.240	0.372	0.120	0.370
J-5 75°	0.274	0.394	0.190	0.330
K-5 75°	0.234	0.418	0.150	0.340
L-5 75°	0.200	0.418	0.160	0.380

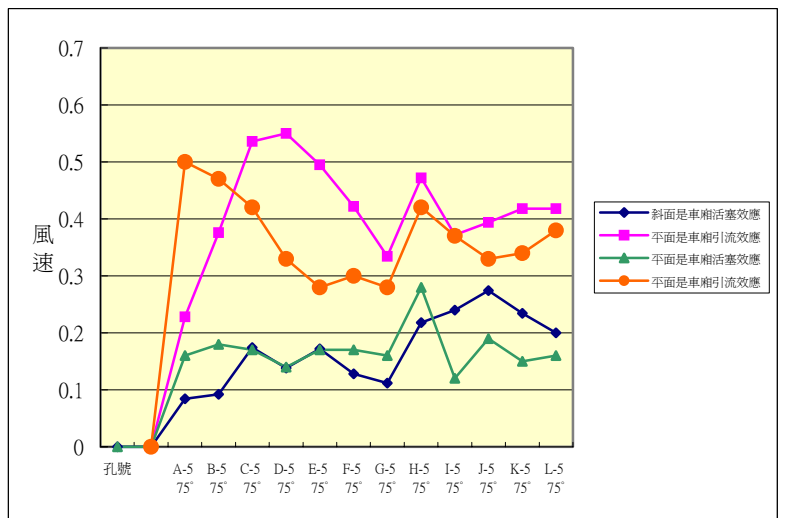


圖 20 75°之雙節斜面與平面式車箱水水平向比較折線圖

表 15 90°之雙節斜面式與平面式車箱水平向比

孔號	雙節斜面式車箱		雙節平面式車箱	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
A-6 90°	0.094	0.280	0.250	0.390
B-6 90°	0.108	0.324	0.210	0.450
C-6 90°	0.324	0.558	0.240	0.530
D-6 90°	0.274	0.570	0.180	0.530
E-6 90°	0.234	0.456	0.110	0.370
F-6 90°	0.230	0.510	0.160	0.360
G-6 90°	0.234	0.462	0.150	0.320
H-6 90°	0.192	0.426	0.120	0.340
I-6 90°	0.198	0.322	0.170	0.280
J-6 90°	0.250	0.426	0.160	0.360
K-6 90°	0.263	0.428	0.200	0.410
L-6 90°	0.242	0.422	0.213	0.400

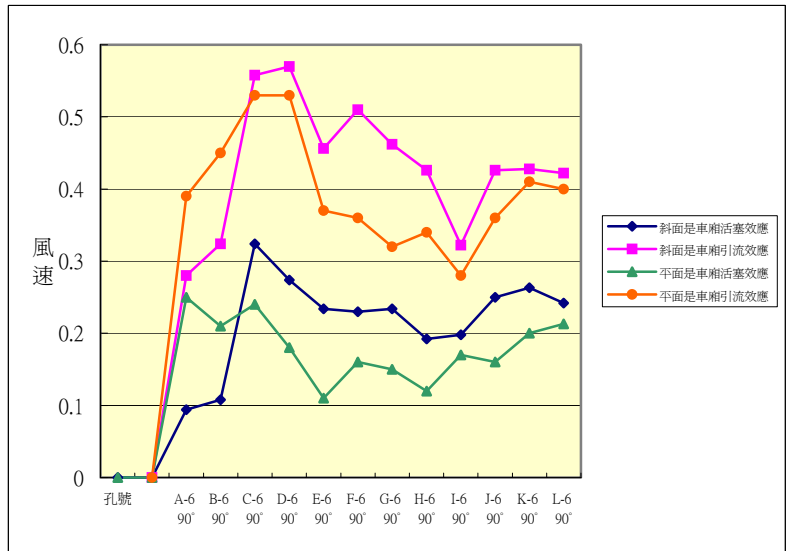


圖 21 90°之雙節斜面式與平面式車箱水平向比較折線圖

4.分析與討論：

由數據中得知，雙節斜面車箱活塞效應均較比雙節平面車箱為大，當車箱進入隧道後，其 A ~ D 孔與 I ~ L 孔之水平位置所產生的空氣流速變化較顯著。雙節斜面式車箱體在活塞效應比平面式車箱為大，引流效應變化仍能以斜面式的效益較高。活塞效應最大則是在雙節斜面式車箱 90°的 K 孔，空氣流速 0.360m/s，而引流是在斜面車箱 60°的 J 孔僅相差 0.006m/s 的空氣流速差距不大。且 I 孔位置在各垂直圓周角的活塞效應與引流效應又均發現變化數值較為趨緩，經實驗一、實驗二證實，因 I 位置已接近隧道出口，此時出口處的空氣流動進入隧道與潛行車箱所推擠的隧道內空氣流速進行碰撞造成 I 孔位置空氣效應呈現趨緩。

經由研究後可得知，原因為潛行物進入隧道後，會撞擊隧道內之空氣而推出，列車截面積撞擊之氣流往前其餘則沿著車箱產生黏滯摩擦作用，並且由後方帶入一氣流，此氣流我們稱為引流效應，當潛行物到隧道中間時，與空氣摩擦所產生之黏滯作用已消失，所以此時潛行物之速度相當平穩，其所產生之風速亦較平穩，而當潛行物即將使出隧道口時，為了突破隧道外之大氣壓力駛至外面，便開始加速，同時，又再次產生黏滯摩擦作用，使其風速變大。

(三)實驗三

1.測試目標

探討單節斜面式與單節平面式廂體於垂直向 A 至 L 各@15°圓周角 (15°、30°、45°、60°、75°、90°) 活塞效應與引流效應之風速變化。

2.測試流程

依據測試目標裝置模擬測試進行測試，並量測其氣流速度作數據分析比較。

3.測試數據

單節斜頭式列車與單節平頭式列車實垂直向驗測試數據分析統計表，如表 16 至表 27 與圖 22 至圖 33 所示。

表 16 15°~90°A 孔之單節斜面式與平面式車箱垂直向比較

孔號	單節斜面式列車		單節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
A-1 15°	0.270	0.354	0.130	0.365
A-2 30°	0.244	0.412	0.223	0.383
A-3 45°	0.218	0.260	0.150	0.250
A-4 60°	0.220	0.418	0.170	0.243
A-5 75°	0.310	0.488	0.180	0.389
A-6 90°	0.270	0.394	0.146	0.253

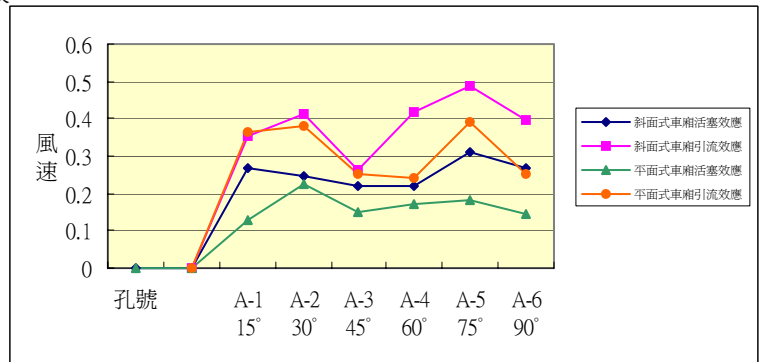


表 17 15°~90°B 孔之單節斜面式與平面式車箱垂直向比較

孔號	單節斜頭式列車		單節平頭式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
B-1 15°	0.230	0.292	0.156	0.346
B-2 30°	0.252	0.440	0.190	0.376
B-3 45°	0.214	0.364	0.146	0.260
B-4 60°	0.332	0.466	0.183	0.366
B-5 75°	0.264	0.496	0.230	0.403
B-6 90°	0.326	0.443	0.216	0.253

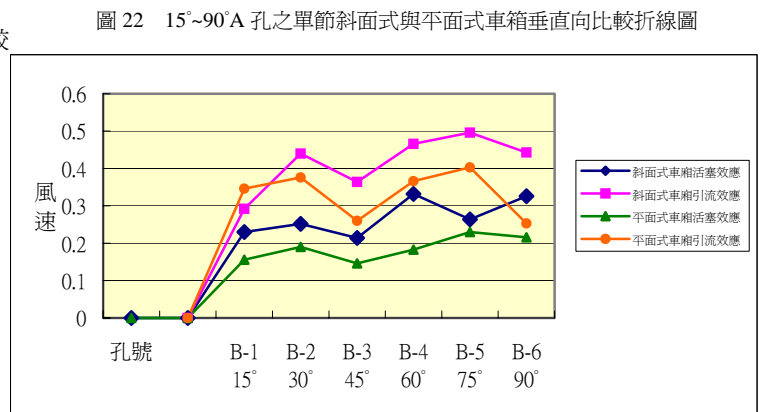


表 18 15°~90°C 孔之單節斜面式與平面式車箱垂直向比較

孔號	單節斜頭式列車		單節平頭式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
C-1 15°	0.300	0.370	0.186	0.360
C-2 30°	0.310	0.490	0.200	0.328
C-3 45°	0.310	0.470	0.186	0.370
C-4 60°	0.300	0.430	0.150	0.353
C-5 75°	0.280	0.490	0.223	0.463
C-6 90°	0.370	0.480	0.190	0.323

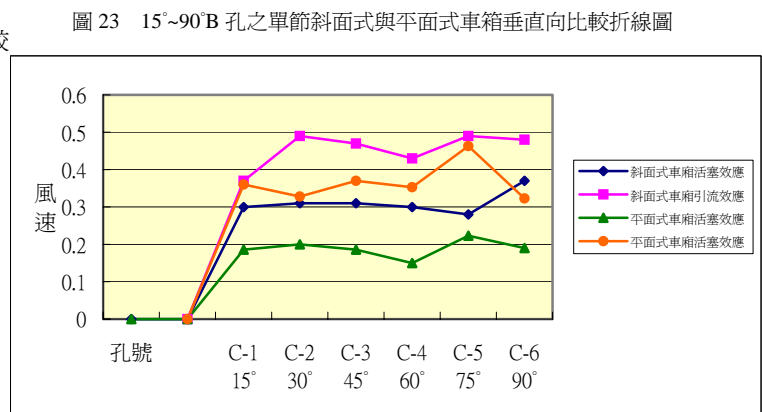


圖 22 15°~90°A 孔之單節斜面式與平面式車箱垂直向比較折線圖

圖 23 15°~90°B 孔之單節斜面式與平面式車箱垂直向比較折線圖

圖 24 15°~90°C 孔之單節斜面式車箱與平面式車箱垂直向比較折線圖

表 19 15°~90°D 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	單節斜面式列車		單節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
D-1 15°	0.330	0.420	0.216	0.413
D-2 30°	0.330	0.486	0.140	0.366
D-3 45°	0.246	0.338	0.140	0.266
D-4 60°	0.368	0.466	0.163	0.310
D-5 75°	0.356	0.516	0.243	0.363
D-6 90°	0.360	0.460	0.160	0.346

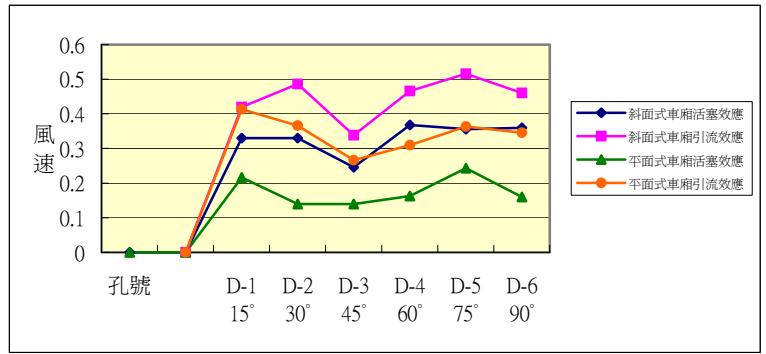


圖 25 15°~90°D 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線圖

表 20 15°~90°E 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	單節斜面式列車		單節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
E-1 15°	0.343	0.402	0.180	0.373
E-2 30°	0.314	0.534	0.183	0.420
E-3 45°	0.286	0.416	0.140	0.380
E-4 60°	0.422	0.576	0.180	0.343
E-5 75°	0.344	0.544	0.230	0.323
E-6 90°	0.290	0.416	0.196	0.303

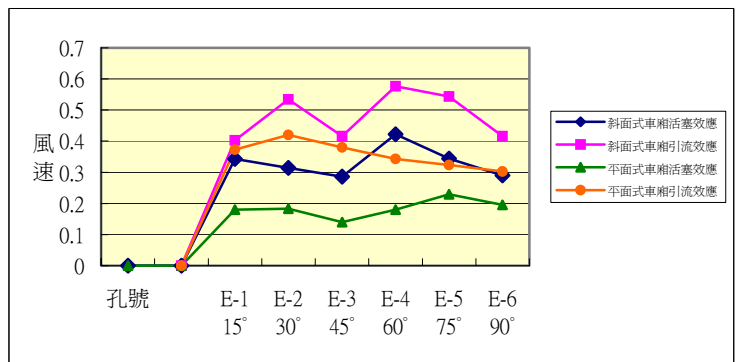


圖 26 15°~90°E 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線圖

表 21 15°~90°F 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	單節斜面式列車		單節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
F-1 15°	0.290	0.424	0.173	0.390
F-2 30°	0.268	0.528	0.180	0.366
F-3 45°	0.376	0.468	0.190	0.403
F-4 60°	0.362	0.550	0.233	0.350
F-5 75°	0.315	0.498	0.213	0.360
F-6 90°	0.278	0.480	0.163	0.350

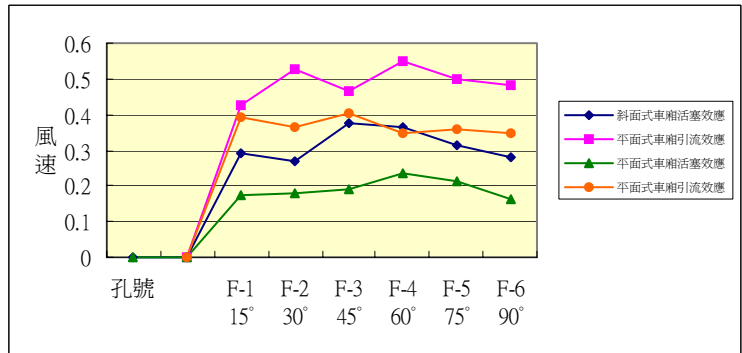


圖 27 15°~90°F 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線圖

表 22 15°~90°G 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	單節斜面式列車		單節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
G-1 15°	0.226	0.430	0.206	0.411
G-2 30°	0.300	0.556	0.246	0.446
G-3 45°	0.378	0.486	0.226	0.396
G-4 60°	0.288	0.510	0.216	0.360
G-5 75°	0.336	0.534	0.210	0.330
G-6 90°	0.370	0.494	0.223	0.390

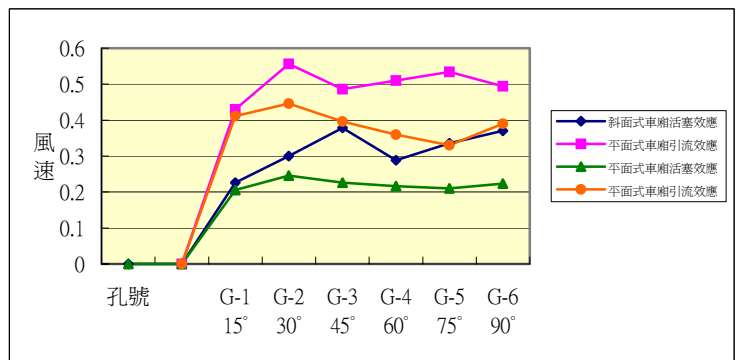


圖 28 15°~90°G 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線圖

表 23 15°~90°H 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	單節斜面式列車		單節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
H-1 15°	0.256	0.433	0.250	0.343
H-2 30°	0.338	0.552	0.243	0.453
H-3 45°	0.400	0.496	0.253	0.436
H-4 60°	0.394	0.470	0.250	0.390
H-5 75°	0.378	0.582	0.212	0.373
H-6 90°	0.388	0.464	0.310	0.423

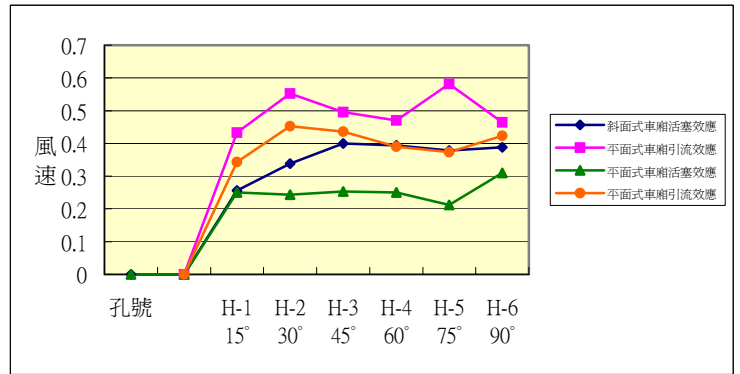


圖 29 15°~90°H 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線圖

表 24 15°~90°I 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	單節斜面式列車		單節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
I-1 15°	0.206	0.314	0.180	0.260
I-2 30°	0.396	0.496	0.240	0.326
I-3 45°	0.334	0.476	0.213	0.360
I-4 60°	0.368	0.526	0.210	0.346
I-5 75°	0.370	0.552	0.215	0.393
I-6 90°	0.384	0.552	0.330	0.453

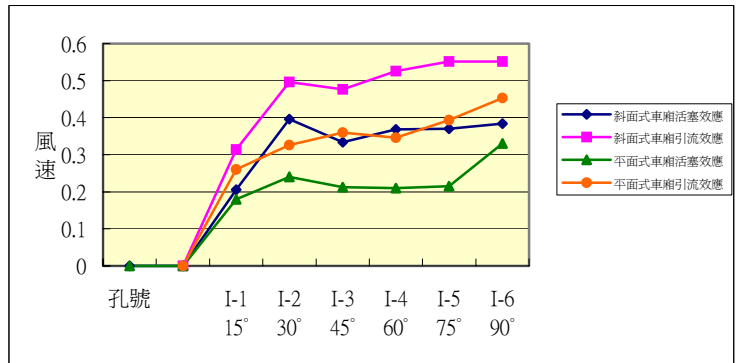


圖 30 15°~90°I 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線圖

表 25 15°~90°J 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	單節斜面式列車		單節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
J-1 15°	0.286	0.457	0.203	0.390
J-2 30°	0.494	0.528	0.300	0.453
J-3 45°	0.318	0.542	0.200	0.366
J-4 60°	0.442	0.554	0.230	0.376
J-5 75°	0.439	0.614	0.263	0.436
J-6 90°	0.390	0.590	0.346	0.410

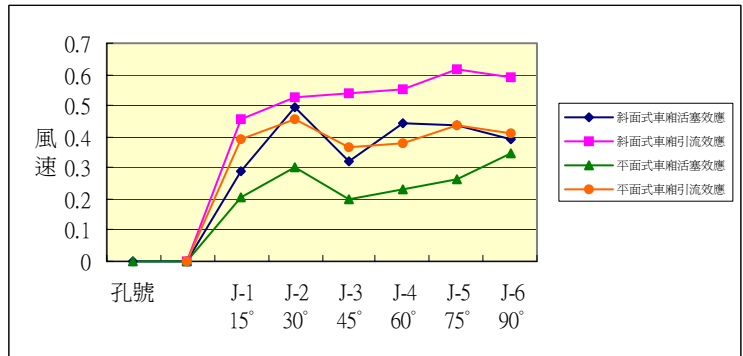


圖 31 15°~90°J 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線圖

表 26 15°~90°K 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	單節斜面式列車		單節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
K-1 15°	0.300	0.420	0.216	0.365
K-2 30°	0.451	0.572	0.316	0.400
K-3 45°	0.332	0.590	0.170	0.353
K-4 60°	0.420	0.584	0.176	0.363
K-5 75°	0.436	0.596	0.213	0.396
K-6 90°	0.360	0.570	0.320	0.426

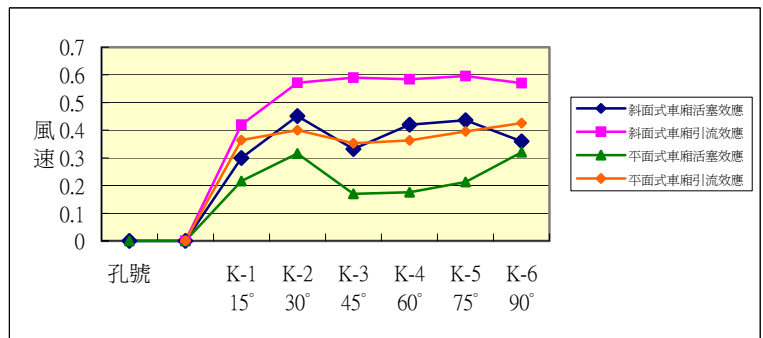


圖 32 15°~90°K 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線圖

表 27 15°~90°L 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	單節斜面式列車		單節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
L-1 15°	0.286	0.370	0.156	0.323
L-2 30°	0.412	0.566	0.300	0.343
L-3 45°	0.419	0.582	0.163	0.430
L-4 60°	0.492	0.590	0.193	0.440
L-5 75°	0.406	0.590	0.223	0.350
L-6 90°	0.370	0.598	0.363	0.416

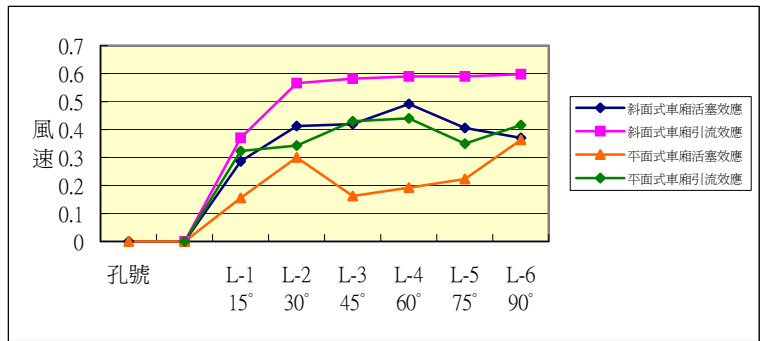


圖 33 15°~90°L 孔之單節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線

4.分析與討論：

由實驗三中可以發現，在每點位瞬時速度相同單節斜面式車廂其活塞效應最大角度為 30°~60°，單節平面式車廂其活塞效應最大處大部分為 90°；單節斜面式車廂其引流效應最大角度為 60°~90°，單節平面式車廂其引流效應最大處大部分為 90°。單節斜面式車廂其風速亦大於單節平面式車廂，推測其原因為斜面式潛行物，其接觸面積比平面式來得大，進入隧道後較容易與氣流相切，讓氣流往車體上方與兩側跑，使其車身較為平穩，較不會因為速度太快而與空氣摩擦，使整個車身搖晃，較適用於速度快之列車。平面式潛行車體與空氣接觸面積較小，容易因為速度過快使得車頭離開軌道容易造成危險，因此，平面式車廂體較適合用於普通速度之列車上。

(四)實驗四

1.測試目標

探討雙節斜面式與雙節平面式廂廂體於垂直向 A 至 L 各@15°圓周角（15°、30°、45°、60°、75°、90°）活塞效應與引流效應之風速變化。

2.測試流程

依據測試目標裝置模擬測試進行測試，並量測其氣流速度作數據分析比較。

3.測試數據

雙節斜面式列車與雙節平面式列車實垂直向測試數據分析統計表，如表 28 至表 39 與圖 34 至圖 45 所示。

表 28 15°~90°A 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	雙節斜面式列車		雙節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
A-1 15°	0.132	0.252	0.260	0.390
A-2 30°	0.194	0.360	0.190	0.430
A-3 45°	0.124	0.336	0.220	0.430
A-4 60°	0.220	0.246	0.180	0.340
A-5 75°	0.084	0.228	0.160	0.360
A-6 90°	0.094	0.280	0.250	0.390

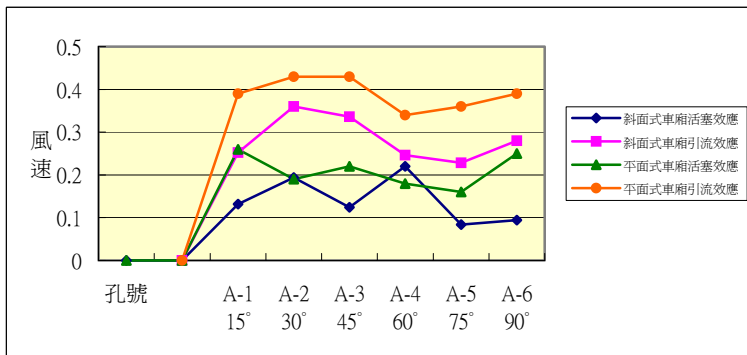


圖 34 15°~90°A 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線

表 29 15°~90°B 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	雙節斜面式列車		雙節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
B-1 15°	0.178	0.266	0.280	0.370
B-2 30°	0.120	0.352	0.220	0.390
B-3 45°	0.110	0.346	0.160	0.380
B-4 60°	0.160	0.388	0.150	0.410
B-5 75°	0.092	0.376	0.180	0.420
B-6 90°	0.108	0.324	0.210	0.450

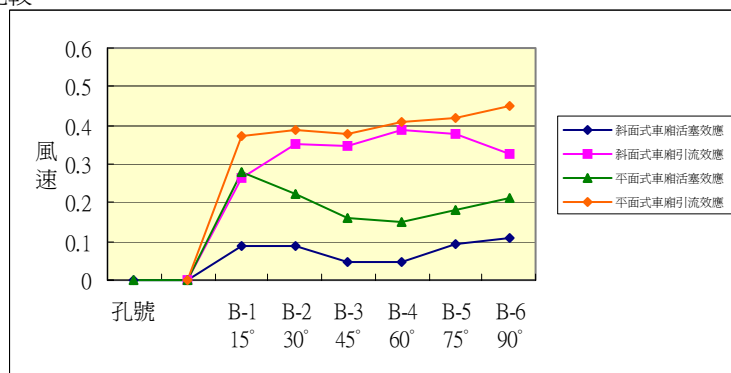


圖 35 15°~90°B 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線

表 30 15°~90°C 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	雙節斜面式列車		雙節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
C-1 15°	0.130	0.235	0.310	0.490
C-2 30°	0.160	0.334	0.130	0.450
C-3 45°	0.166	0.360	0.140	0.360
C-4 60°	0.178	0.438	0.160	0.380
C-5 75°	0.174	0.436	0.170	0.396
C-6 90°	0.250	0.486	0.240	0.530

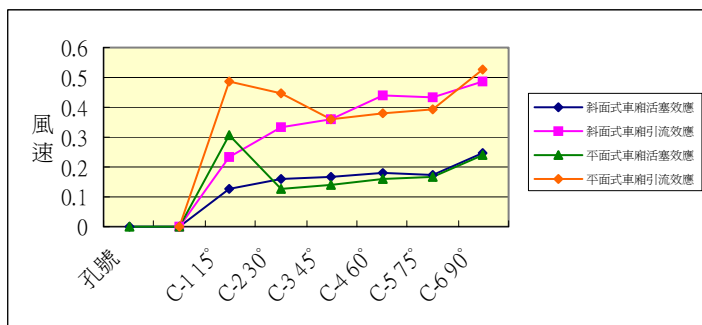


圖 36 15°~90°C 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線

表 31 15°~90°D 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	雙節斜面式列車		雙節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
D-1 15°	0.196	0.336	0.310	0.450
D-2 30°	0.182	0.384	0.140	0.370
D-3 45°	0.198	0.418	0.140	0.330
D-4 60°	0.240	0.532	0.210	0.310
D-5 75°	0.138	0.450	0.140	0.350
D-6 90°	0.274	0.504	0.140	0.530

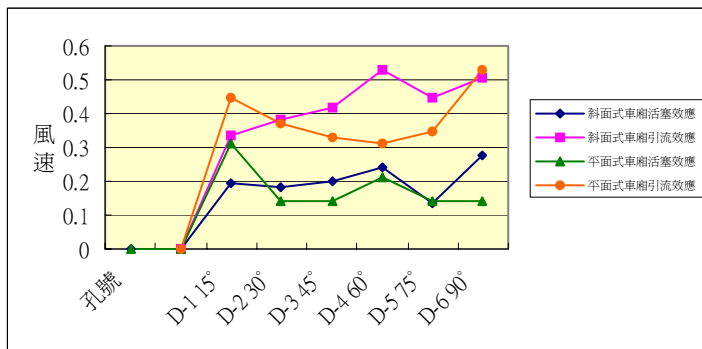


圖 37 15°~90°D 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線

表 32 15°~90°E 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	雙節斜面式列車		雙節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
E-1 15°	0.296	0.348	0.360	0.430
E-2 30°	0.182	0.394	0.150	0.360
E-3 45°	0.146	0.430	0.120	0.300
E-4 60°	0.260	0.526	0.130	0.270
E-5 75°	0.172	0.472	0.170	0.300
E-6 90°	0.234	0.456	0.180	0.400

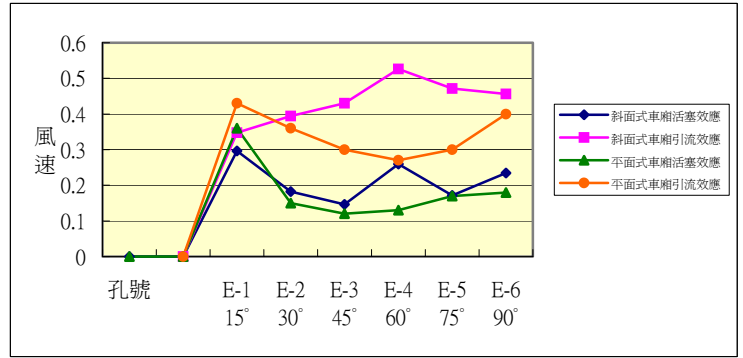


圖 38 15°~90°E 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線

表 33 15°~90°F 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	雙節斜面式列車		雙節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
F-1 15°	0.238	0.420	0.340	0.470
F-2 30°	0.302	0.360	0.240	0.420
F-3 45°	0.164	0.456	0.220	0.360
F-4 60°	0.214	0.458	0.240	0.280
F-5 75°	0.128	0.422	0.170	0.290
F-6 90°	0.230	0.520	0.160	0.400

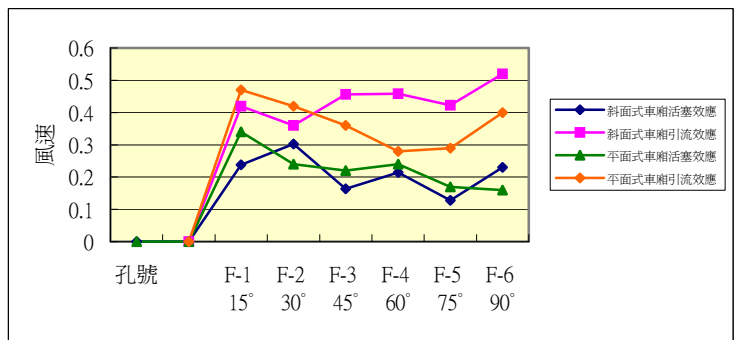


圖 39 15°~90°F 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線

表 34 15°~90°G 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	雙節斜面式列車		雙節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
G-1 15°	0.228	0.354	0.310	0.410
G-2 30°	0.298	0.386	0.310	0.370
G-3 45°	0.294	0.404	0.260	0.280
G-4 60°	0.268	0.500	0.210	0.330
G-5 75°	0.112	0.334	0.160	0.280
G-6 90°	0.234	0.490	0.150	0.360

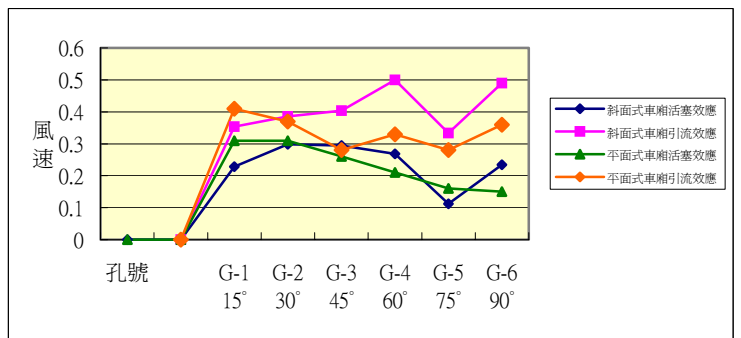


圖 40 15°~90°G 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線

表 35 15°~90°H 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	雙節斜面式列車		雙節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
H-1 15°	0.242	0.376	0.300	0.390
H-2 30°	0.294	0.342	0.260	0.360
H-3 45°	0.250	0.424	0.240	0.290
H-4 60°	0.256	0.482	0.210	0.320
H-5 75°	0.218	0.472	0.280	0.350
H-6 90°	0.190	0.426	0.120	0.310

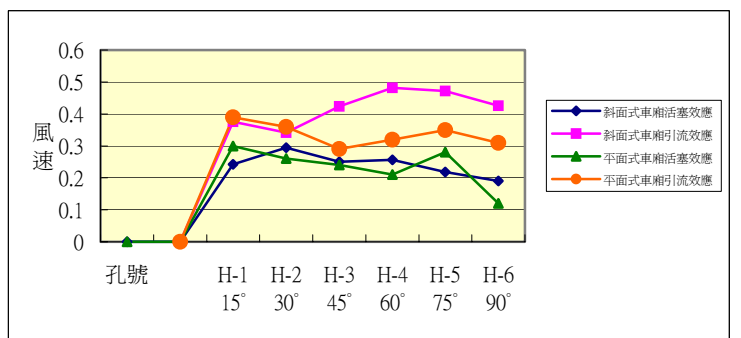


圖 41 15°~90°H 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線

表 36 15°~90°I 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	雙節斜面式列車		雙節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
I-1 15°	0.162	0.290	0.250	0.370
I-2 30°	0.200	0.366	0.230	0.370
I-3 45°	0.220	0.362	0.210	0.350
I-4 60°	0.290	0.442	0.190	0.360
I-5 75°	0.240	0.372	0.120	0.370
I-6 90°	0.198	0.322	0.170	0.280

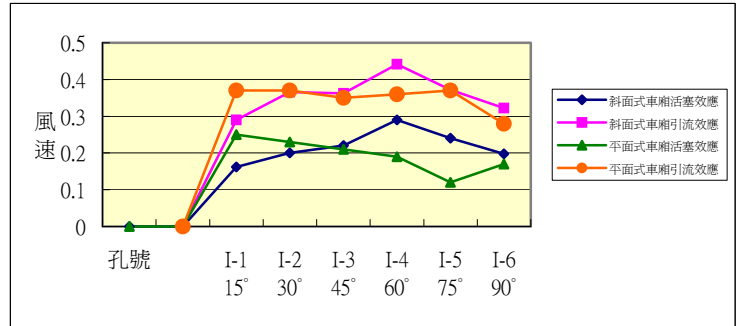


圖 42 15°~90°I 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線圖

表 37 15°~90°J 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	雙節斜面式列車		雙節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
J-1 15°	0.174	0.330	0.260	0.340
J-2 30°	0.210	0.340	0.190	0.420
J-3 45°	0.124	0.386	0.240	0.340
J-4 60°	0.315	0.536	0.100	0.300
J-5 75°	0.274	0.394	0.190	0.330
J-6 90°	0.352	0.426	0.160	0.360

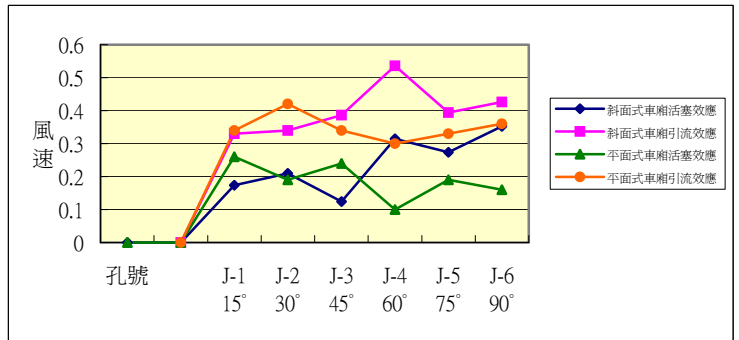


圖 43 15°~90°J 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線圖

表 38 15°~90°K 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	雙節斜面式列車		雙+節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
K-1 15°	0.170	0.338	0.220	0.310
K-2 30°	0.226	0.354	0.220	0.380
K-3 45°	0.152	0.448	0.260	0.350
K-4 60°	0.278	0.448	0.190	0.410
K-5 75°	0.234	0.418	0.150	0.340
K-6 90°	0.360	0.428	0.200	0.400

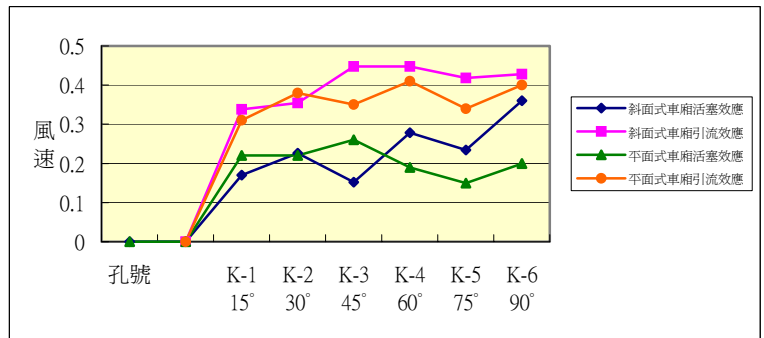


圖 44 15°~90°K 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線

表 39 15°~90°L 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較

孔號	雙節斜面式列車		雙節平面式列車	
	風速(m/s)		風速(m/s)	
	活塞	引流	活塞	引流
L-1 15°	0.162	0.474	0.300	0.440
L-2 30°	0.250	0.388	0.230	0.460
L-3 45°	0.156	0.336	0.230	0.450
L-4 60°	0.268	0.438	0.200	0.390
L-5 75°	0.200	0.418	0.160	0.380
L-6 90°	0.242	0.422	0.230	0.400

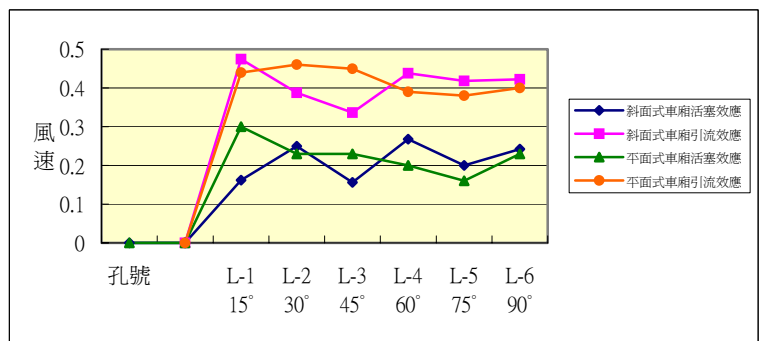


圖 45 15°~90°L 孔之雙節斜面式與平面式車廂垂直向比較折線

4.分析與討論

由研究中可以發現，在每點位瞬時速度相同雙節斜面式車廂其活塞效應平均最大角度為 90° ，引流效應則平均在 60° 為最大。雙節平式面車廂其活塞效應最大處為 15° ，引流效應則平均在 60° 為最大推測其原因為斜面式潛行物，其接觸面積比平面式來得大，進入隧道後較容易與氣流相切，讓氣流往上方與兩旁跑，使其車身較為平穩，較不會因為速度太快而與空氣摩擦，使整個車身飛起，較適用於速度快之列車。而平面式潛行物與空氣接觸面積較小，容易因為速度過快，使得車頭離開軌道，容易造成危險，因此，此造型較適合用於普通速度之列車上。

(五)實驗五

於垂直圓周角 60° 前 5cm 開設通風口並取樣 30° 、 45° 、 60° 、 75° 各活塞效應與引流效應變化予以探討。

1.測試目標

- (1)單節斜面式車體行駛開設通風口對應隧道垂直圓周角 60° 水平向 A 至 L 各位置點活塞效應與引流效應變化。
- (2)雙節斜面式車體行駛開設通風口對應隧道垂直圓周角 75° 水平向 A 至 L 各位置點活塞效應與引流效應變化。
- (3)單節平面式車體行駛開設通風口對應隧道垂直圓周角 30° 水平向 A 至 L 各位置點活塞效應與引流效應變化。
- (4)雙節平面式車體行駛開設通風口對應隧道垂直圓周角 45° 水平向 A 至 L 各位置點活塞效應與引流效應變化。

2.測試流程

依據測試目標裝置(如圖)模擬測試體進行測試，並量測其氣流速度作數值分析比較。

3.測試數據

垂直圓周角 60° 前 5cm 開設通風口並取樣 30° 、 45° 、 60° 、 75° 各活塞效應與引流效應變化測試數據分析統計表，如表 40 至表 43 與圖 46 至圖 49 所示。

表 40 60°有無設置通風口之比較

單節斜面式列車 60°中有無設置通風口				
孔號	活塞效應		引流效應	
	無設	設置	無設	設置
A-4 60°	0.220	0.130	0.418	0.390
B-4 60°	0.332	0.080	0.466	0.380
C-4 60°	0.300	0.090	0.430	0.400
D-4 60°	0.368	0.150	0.466	0.610
E-4 60°	0.422	0.130	0.576	0.649
F-4 60°	0.362	0.160	0.550	0.650
G-4 60°	0.388	0.450	0.510	0.370
H-4 60°	0.394	0.410	0.470	0.180
I-4 60°	0.368	0.450	0.526	0.410
J-4 60°	0.442	0.470	0.554	0.360
K-4 60°	0.420	0.430	0.584	0.500
L-4 60°	0.492	0.330	0.638	0.560

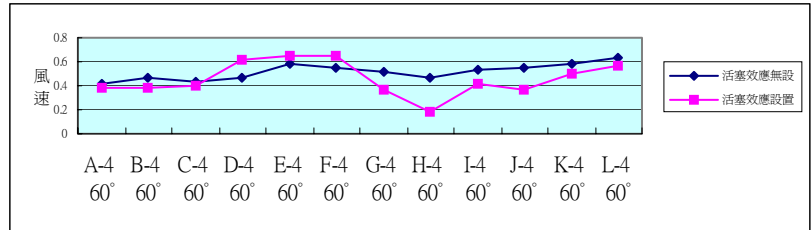
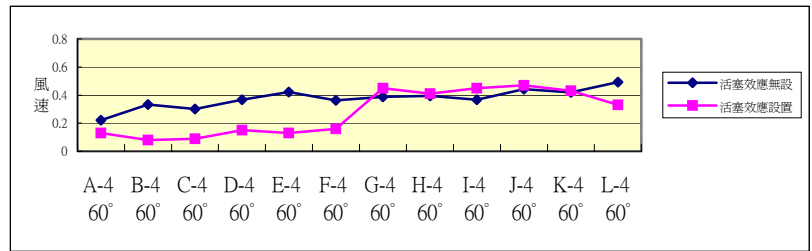


圖 46 60°A~L 設通風與無設通風口 A~L 孔之單節斜面式車廂比較折線圖

表 41 30°有無設置通風口之比較

單節平面式列車 30°中有無設置通風口				
孔號	活塞效應		引流效應	
	無設	設置	無設	設置
A-2 30°	0.223	0.163	0.383	0.290
B-2 30°	0.190	0.210	0.376	0.323
C-2 30°	0.200	0.213	0.328	0.296
D-2 30°	0.223	0.203	0.366	0.376
E-2 30°	0.183	0.156	0.420	0.340
F-2 30°	0.180	0.150	0.366	0.306
G-2 30°	0.246	0.216	0.446	0.300
H-2 30°	0.243	0.176	0.453	0.240
I-2 30°	0.156	0.146	0.326	0.280
J-2 30°	0.300	0.140	0.453	0.243
K-2 30°	0.316	0.160	0.400	0.276
L-2 30°	0.300	0.223	0.343	0.326

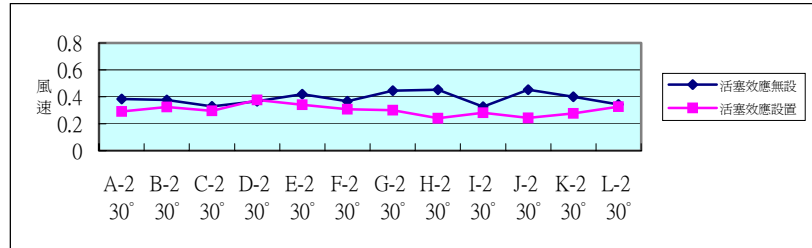
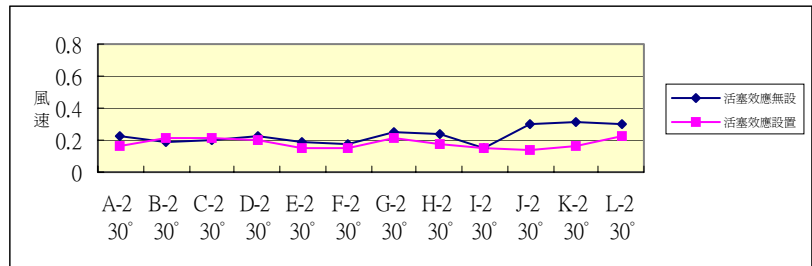


圖 47 30°A~L 設通風與無設通風口 A~L 孔之單節平面式車廂比較折線圖

表 42 75°有無設置通風口之比較

雙節斜面式列車 75°中有無設置通風口				
孔號	活塞效應		引流效應	
	無設	設置	無設	設置
A-5 75°	0.084	0.100	0.228	0.330
B-5 75°	0.092	0.180	0.376	0.420
C-5 75°	0.174	0.110	0.536	0.460
D-5 75°	0.138	0.180	0.550	0.450
E-5 75°	0.172	0.260	0.495	0.550
F-5 75°	0.128	0.150	0.422	0.350
G-5 75°	0.112	0.220	0.334	0.440
H-5 75°	0.218	0.270	0.472	0.560
I-5 75°	0.240	0.180	0.372	0.440
J-5 75°	0.274	0.220	0.394	0.480
K-5 75°	0.234	0.240	0.418	0.550
L-5 75°	0.200	0.210	0.418	0.590

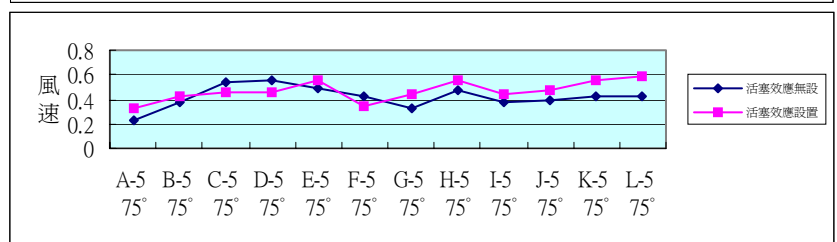
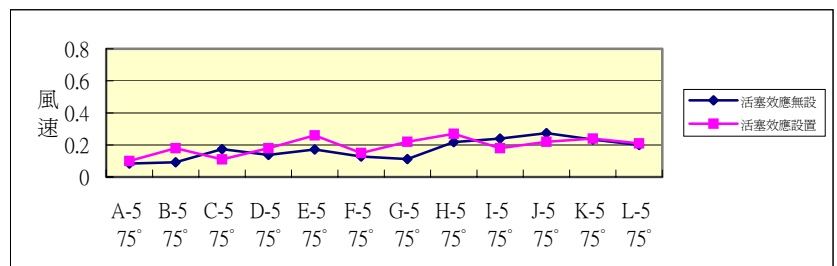


圖 48 75°A~L 設通風與無設通風口 A~L 孔之單節平面式車廂比較折線圖

表 43 45°有無設置通風口之比較

雙節平面式列車 45°中有無設置通風口				
孔號	活塞效應		引流效應	
	無設	設置	無設	設置
A-3 45°	0.220	0.096	0.430	0.433
B-3 45°	0.160	0.143	0.380	0.346
C-3 45°	0.140	0.210	0.360	0.373
D-3 45°	0.140	0.220	0.330	0.350
E-3 45°	0.120	0.120	0.300	0.460
F-3 45°	0.220	0.176	0.360	0.350
G-3 45°	0.260	0.336	0.280	0.453
H-3 45°	0.200	0.086	0.290	0.260
I-3 45°	0.210	0.133	0.350	0.396
J-3 45°	0.240	0.216	0.340	0.336
K-3 45°	0.260	0.186	0.350	0.413
L-3 45°	0.230	0.213	0.450	0.346

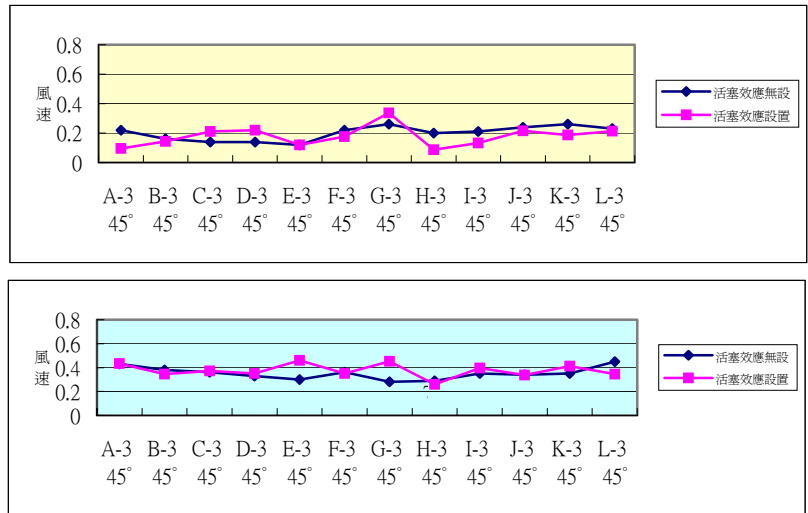


圖 49 45°A~L 設通風與無設通風口 A~L 孔之單節平面式車廂比較折線圖

4.分析與討論

由實驗一～四可以得知其活塞效應最大之角度與距離，並決定再 60°B、E、H、K 等孔前 5cm 處開設直徑 4cm 的通風口，驗證開設通風口後，降低了活塞效應，對隧道內設施破壞可有效降低。設置通風口後再測其風速，由數據中得知，發現其部份位置之風速有明顯下降，像在 60°的 B 孔活塞效應可從 0.300 m/s 降至 0.090 m/s 或 60°的 C 孔從 0.332 m/s 降至 0.080m/s，而引流在 30°的 J、K 孔皆可從 0.400 m/s 降至 0.200 m/s，但並非各孔皆具有降壓的作用。

設置通風口之目的為使潛行物行經隧道時，可以安全駛出，因潛行物進入隧道後推擠空氣即產生活塞效應，當所推擠之空氣到一定值，便會開始使內部設施受到擠壓而損毀，為避免此情況之產生，便需要設置疏壓通風口，根據質量守恆定理，雖然通風口沒有通往外面，但可以藉由通風口讓內部之空氣經由通風口之風扇轉動而紓解，較不會發生意外。

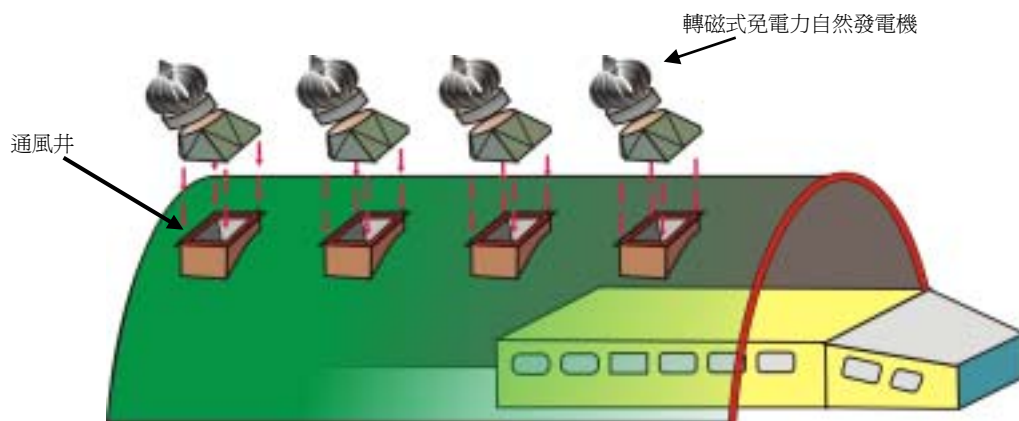
捌、結論

從就模型測試結果，潛行車廂體型使隧道與隧道前端入口段及後端出口段，應對於隧道內之原有空氣流體進行碰撞產生活塞效應較大，與突破黏滯摩擦作用下，使得隧道內的空氣分子溫度上升與隧道外空氣進行引流效應產生以較偏高。水平向的 D 至 I 之中間段活塞與引流較為趨緩，並在開設通風口後更為趨緩，若於隧道內需設置車站月台，則以此段作為規劃考量。就車廂頭造型測試結果，斜面式為獲得良好抗風阻設計與猶如賽車般所需的下壓力，其斜面與空氣流的接觸面積在隧道內反道使產生的空氣流速效應較平面式為顯著。

由實驗一至實驗四可歸納出，單節斜面式車廂 J-2 活塞效應最大 0.494m/s ，L-4 引流效應最大，風速 0.638m/s ；單節平面式車廂 L-6 活塞效應最大，風速為 0.363m/s ，I-6、L-2 引流效應最大，風速為 0.453m/s ；雙節斜面式車廂 C-6 活塞效應最大，風速為 0.324m/s ，C-6 引流效應最大，風速為 0.558m/s ；雙節平面式車廂，活塞效應最大，風速為 0.360m/s ，引流效應最大，C-6、D-6 風速為 0.530m/s 。

由實驗五隧道圓周角 60° 水平位置 B-4、E-4、H-4 及 K-4 孔前 5cm 處開設直徑 4cm 的通風井，測得的活塞效應與引流效應數據平均皆都有顯著的下降，若對應實際列車行駛狀況提供行車安全，避免車站及隧道內設施過大風壓破壞之虞，亦能達到列車進入隧道使氣流通，並將隧道內之廢氣藉由通風井排出，使空氣品質達到優質。

若能結合設置風力發電機與蓄電池，將潛行車體經過隧道所帶來的氣流效應加以應用，達到發電效果，因風力發電機最低發電風速為 2.5m/s ，實際列車行駛隧道時，所帶來的氣流的大小比本研究測試模型所得之數值高，使用蓄電方式的風力發電機獨立系統即可運轉稅暢獲得穩定的發電功能，其電力可提供隧道與車站的照明系統，可省下不少的經費，提高隧道的經濟價值，達到綠色隧道的目標。



玖、參考文獻

- 一、葉宗哲 劉永山(民 97)，基礎物理 B，5 月修訂版，台北縣，泰宇出版股份有限公司。
- 二、陳慶芳(民 76)，流體力學概論，台北市，徐氏基金會出版。
- 三、陳順強 譯(民 76)，費因曼物理學(第一部下)，台北市，徐氏基金會出版。
- 四、台科大進階物理(力學篇)，台北市，台科大圖書。
- 五、活塞效應，[維基百科,自由的百科全書](http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B4%BB%E5%A1%9E%E6%95%88%E6%87%89)，
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B4%BB%E5%A1%9E%E6%95%88%E6%87%89>
- 六、陳俊宏 等，台北捷運潛盾施工引致深陷探討 <http://www.maaconsultants.com/common/publications/2000/2000-035.pdf>

【評語】 091202

- 1、 以簡明之圖表方式呈現試驗數據符合科學研究方法。
- 2、 試驗模型設計、繪圖方式及實作之方式與高職教學課程頗符合並具有高度之教材相關性。
- 3、 以工程案例進行探討並提出解決方法，研究方法值得鼓勵。