

# 爸爸的困擾—— 蘆洲五股間三個連續急彎路之探討

國中組應用科學科第三名

台北縣蘆洲國民中學

作者：蘇泰元、朱庭輝、蔡怡德、蔡毓舜

指導教師：郭春華、林明如

## 一、研究動機

連接蘆洲與五股的台103線在疏洪道內的路段，在疏洪道完成後將原來的堤防加高兩倍，為避免影響疏洪道的排洪功能及經費考慮情況下，將原本直線長130公尺的直線道路，改成連續三個急彎路，其總長770公尺。

剛開放通車時，許多駕駛人，在路況不熟、標示不清，彎度過大，視距太短及路寬達9公尺的虛擬情況下，常因速度過快，而衝向對方車道，撞上對方來車，導致許多交通憾事發生。事後有關單位在道路中央加上分隔磚，但仍因彎度過大，而常有車輛撞毀分隔磚，因彎道就在學校附近，也常目睹車禍發生，有時搭父親的車經過此路段時，父親都戰戰兢兢，減速慢行，雖然如此，我仍感到很強的離心力作用，因此我們在老師的指導之下，想找出此路段有那些設計上的缺失及想探索急彎路之秘。

## 二、研究目的

- (一)道路基本資料的測量紀錄與理論分析。
- (二)設計實驗以模擬車行彎路的情況。

### 三、器材與設備

高速閃光燈	砝碼	計數器
壓克力轉盤	照度計	鉛垂線
直流馬達	皮尺	照相機
變壓器	彈簧秤	各種材質的紙
模型車數台	新舊輪胎各一個	量角器

### 四、過程結果與討論

我們將本研究分為道路基本資料的測量紀錄與理論分析及實驗探討部份。

#### 實驗(一) 道路基本資料的測量與理論分析

1. 將道路分成三區①A區：三民分局到第一個彎路

②B區：第一個彎路到第二個彎路

③C區：第二個彎路到第三個彎路

2. 利用皮尺分別量出道路的長度、路寬、路肩寬、轉彎處的曲線長，及曲率半徑。利用這些數據畫出縮小比例圖，如圖(-)及詳列在表格上如表(-)。

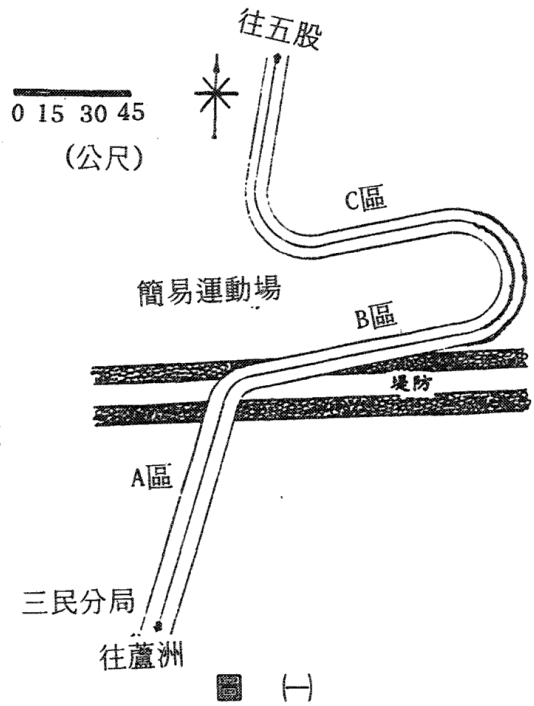
表 一

區別\項目	曲線長(m)	曲率半徑(m)	道路寬(m)	路肩寬(m)	超高度
A(右)	31.0	34.41	7.8	1.6	1.5°
B(左)	1	26.2	47.47	7.8	4.0°
	2	27.8	113.04	7.79	
	3	43.5	45.63	6.4	
C(右)	1	60.0	56.33	7.14	1.5°
	2	20.20	47.77	8.05	
	3	20.20	42.68	8.05	

A是圓曲線，B，C是複曲線，在A，B，C區都有跳動路面，在A，C有限速30Km/hr標誌，道路兩側每30公尺有一盞路燈，道路中央有分隔磚，轉彎處護欄都漆上白色，堤防位在第一個轉彎處高約7.4公尺。

3. 摩擦力之測量：

- (1) 因整段道路路面之性質約略相同，故只選擇A區測量。
- (2) 利用彈簧秤分別測出新舊汽車輪胎在乾燥且乾淨的路面和有沙粒路面，及下雨時的側向摩擦係數如下表(二)。
- (3) 同(2)，分別量出汽車輪胎正放時的縱向摩擦係數，結果如下表(三)



路面	輪胎		新輪胎	舊輪胎
	摩擦係數			
正常路面	新		1.05	0.95
	舊		0.85	0.77
沙地路面	新		0.60	0.57
潮濕路面	新		0.53	0.49

側向滑動  
表(二)

路面	輪胎		新輪胎	舊輪胎
	摩擦係數			
正常路面	新		0.99	0.84
	舊		0.8	0.75
沙地路面	新		0.65	0.55
潮濕路面	新		0.50	0.45

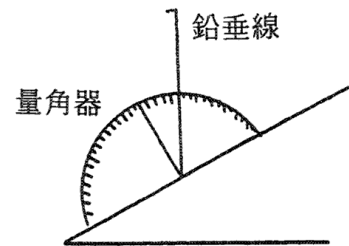
縱向滑動  
表(三)

4. 超高度之測量：

利用鉛垂線及量角器，分別在A，B，C三區各取10個位置量出傾斜度再求平均值，操作方法如圖(二)，結果如表(四)。

區段	A	B	C
超高度	1.5°	4°	1.5°

表(四)



圖(二)

5. 夜間照度之測量：

- (1) 利用照度計，分別量出A，B，C三區之照度，因B，C區雖有路燈，但從九月

份我們開始觀測，即未曾亮過，故我們選擇三民分駐所前的三民路及關渡橋附近的大度路，做對照與比較如下表(五)。

區段	A區	B區	C區	三民路	大度路
照度(LX)	3~5	0	0	20	45

(表五)

(2)通常標準照度規定在地面上是10LX，且避免有不平均照度發生。但此路段在三個急轉彎處因路燈都不亮，故照度都是0。

(3)此路段是水銀燈，而三民路及大度路都是用氙燈。

6. 汽車車前燈之近光燈，遠光燈，照射距離之測量，及被照物表面性質如何影響光的反射研究：

(1)將汽車開至學校操場，利用照度計量出近光燈的照度與距離之關係，及遠光燈照射之距離如表(六)。

距離(m) 照度(LX)	1	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80
近光燈	5000以上	440	120	49	18	4	0	0	0	0	0
遠光燈	5000以上	800	250	80	50	20	15	10	8	5	0

(表六)

(2)由表可知，近光燈照射距離約可到達30~40公尺左右，遠光燈約可到達80~100公尺左右。

(3)在暗室中將不同顏色被照物，分別放在手電筒前適當位置，觀看光反射情形，結果如表(七)。

顏色	灰色(光滑)	白色	黃色	黑色	棕色	橘色
反光情形	不清楚	清楚	清楚	不清楚	不清楚	清楚

表(七)

(4)可知道當物體顏色與背景顏色接近時，此物體看起來較不清楚。

7. 交通流量的觀測：

(1)分別在27/9，9/10，13/11，24/12四天分別在七點到八點，十一點到十二點，十四點到十五點，十七點到十八點，二十點到二十一點，二十二點到

二十三點，六個時段，利用計數器量出在A區每個時段的交通流量，並求出平均值，結果如下表(八)。

時 段 方 向 流 量	7:00- 8:00	11:00- 12:00	14:00- 15:00	17:00- 18:00	20:00- 21:00	22:00- 23:00
蘆洲→五股	662	692	430	732	580	353
五股→蘆洲	629	628	370	698	722	372

表(八)

8.討論：

本實驗探討部分所使用代號如下：

F=摩擦力    F =離心力    f=摩擦係數    g=重力加速度  
s=距離    r=曲率半徑     $\theta$  =傾斜角度    w=車子重量  
v=速度    t=時間

(1)『容易』操作方向盤時間之探討：

①所謂容易操作方向盤時間是指在車行彎路時將方向盤轉一角度再回正的時間，此時間可由(時間=曲線長/速度)求得，因此可算出A，B，C三區轉彎處之操作時間與速度之關係，如下表(九)。

速度(km/hr) 時間(秒) 區段	20	30	40	50	60	70	80	90
A區	5.58	3.72	2.79	2.23	1.86	1.57	1.40	1.24
B區	17.54	11.70	8.78	7.02	5.85	5.02	4.39	3.9
C區	12.77	8.52	6.39	5.11	4.26	3.65	3.2	2.84

表(九)

②容易操作方向盤時間在3-5秒，由表可知，A區轉彎處在速度超過40km/hr，C區在80km/hr時，操作方向盤即感困難。

(2)車行彎路時摩擦力與行車速率之探討：

①設路面傾斜度為零時，此時車子所需的向心力必須由輪胎與地面摩擦力提供，向心力= $w \times v^2 / R$ 及 $F = fWg$   
 $fWg = w \times v^2 / R$ 可知 $v^2 = fgR$ ， $v = \sqrt{fgR}$

可求出A區摩擦係數與行車速度之關係如表(+)

f	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
v (Km/hr)	30	42	51	59	66	72

表 (十)

②由表(+ )可知在轉彎處摩擦力愈大，行車速度可以愈快。

③在同一路段上，摩擦係數會隨路面使用情況，輪胎使用時間，雨天或是否有了沙而定，有沙及雨天測量時，甚至可低至0.45，這讓我們了解天雨路滑的道理，一般而言，新路，新輪胎，乾淨路面會有較大的摩擦係數。

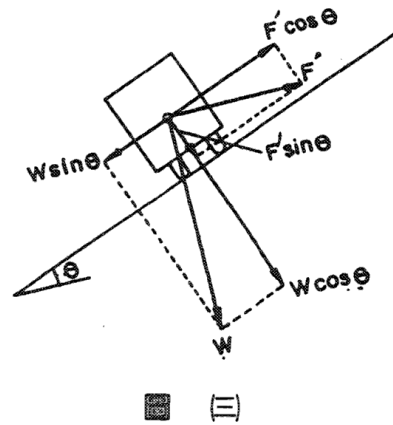
(3)路面傾斜與行車速度之探討：

①右圖(三)是車子在傾斜路面行駛時的力圖。

因為沿斜面方向合力為零，因此可以得到

$$V = \sqrt{Rgf + Rg \tan \theta}$$

②我們可算出在A區當傾斜度分別是2%、4%、6%、8%、10%，而摩擦係數以雨天的0.3及乾燥，乾淨路面的0.8分別代入時，最高的行車速度如下表(±)



傾斜度 摩擦係數	2%	2.6%	4%	6%	8%	10%
0.3	37.4	37.7	38.55	39.67	40.75	41.81
0.8	59.86	60.08	60.59	61.31	62.02	62.72

表 (十一)

③由表(±)可知在轉彎處傾斜度愈大，車子的速度可以更大，而不會滑出車道。

④我們所量出的A區傾斜度是2.6%，在雨天最快速度只能達到37.7Km/hr，因此限速30Km/hr是合理的。

(4)剎車，停車視距之探討：

①如右圖(四)，假設駕駛員在A處發現，在C

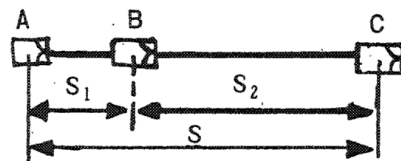


圖 (四)

處有障礙物時，則此駕駛員判斷是否刹車的時間稱為判斷反應時間，此時已走了 $s_1$ 距離，然後才反應刹車，此時又走了 $s_2$ ，因此刹車距離 $S=s_1+s_2$

②判斷反應時間，普通為1-3秒，我們取2秒，故 $s_1=2V$ ，而 $s_2$ 可由能量轉換求得， $\frac{1}{2}WV^2=fwg \times S_2$

$$S_2=V^2/2fg \quad \text{可得 } S=2V+V^2/2fg$$

③摩擦係數分別以0.3，0.8代入可求得刹車距離，如表(十二)

速度 (km/hr) 摩擦 距離 係數 (m)	20	30	40	50	60	70	80
0.3	16.4	28.5	43.2	60.6	80.6	103.2	128.4
0.8	13.1	21.1	30.9	40.1	51.1	63.01	75.93

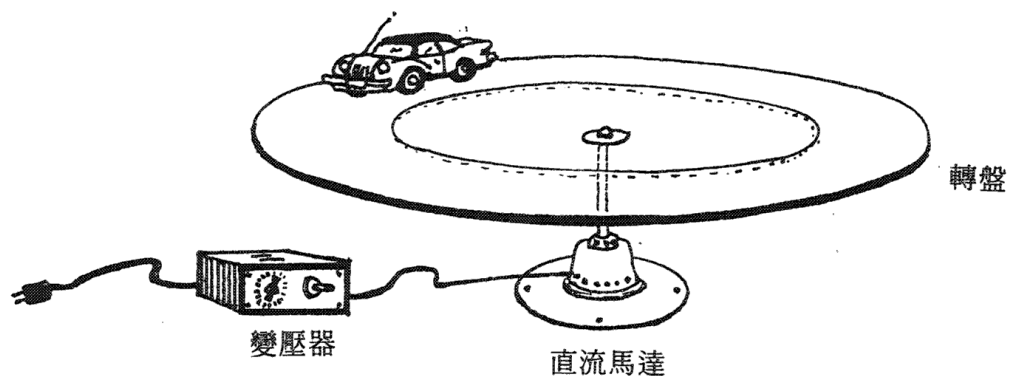
表(十二)

④由表(十二)可知，速度愈快刹車距離愈遠。

⑤夜晚有雨時行駛在A區，直到發現分隔磚再踩車時，以近光燈照射距離是30~40公尺，則速度在30~40公里/小時，即會發生危險。

### 實驗(二)實驗探討：

1.裝置如圖(五)



圖(五)

2.原理：

(1)將模型車放在轉盤上，當轉盤轉動時，模型車也會跟著轉動，就如同車子在轉彎處行駛一樣，當離心力太大時，模型車會被甩出去，此時可用高速閃光燈測出轉速。

(2)設轉速是 $x$ 轉/秒，車子放在距圓心 $y$ 公分處，則轉速為 $v=2\pi yx$ 。

3.本實驗探討部份所用代號如下：

F=摩擦力      f=摩擦係數      R=距圓心距離  
 W=模型車重量      H=重心高度      v=速度  
 C=傾斜度

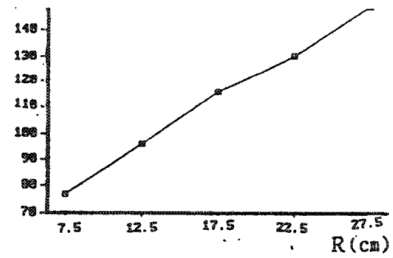
4. 過程結果與討論：

(1) 不同曲率半徑之探討：

① 在F, W, H, C是控制變因下改變R, 得到下表(十三)及圖(六)。

f=0.86      W=100gw      C=0					
R (cm)	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
v (cm/s)	77	96	116	130	149
誤差	6.2%	10.7%	8.8%	10.9%	4.2%

表(十三)



圖(六)

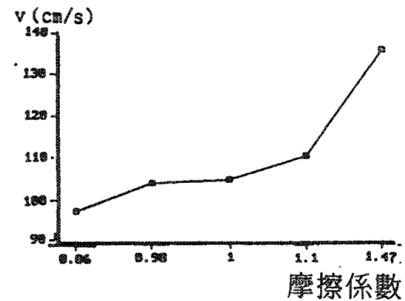
② 由表可知, 曲率半徑越小, 車子愈容易滑出車道。

(2) 不同摩擦力之探討：

① 在R, C, W, H是控制變因下, 利用不同材質的紙, 改變F得下表(十四)及圖(七)。

R=12.5cm      W=115gw      C=0					
f	0.86	0.98	1.00	1.1	1.47
v (cm/s)	97.46	104.2	105.1	110.9	136.0
誤差	10.0%	9.6%	9.8%	8.7%	3.0%

表(十四)



圖(七)

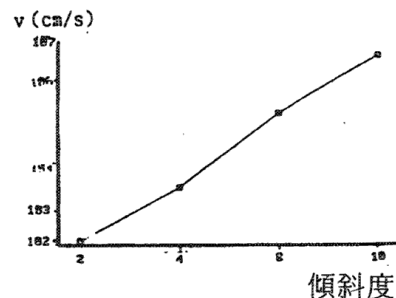
② 由表可知, 車行轉彎處摩擦力愈大, 車子愈不容易滑出車道。

(3) 不同傾斜度之探討：

① 在F, R, W, H是控制變因下, 利用金屬板改變傾斜度, 改變C得下表(十五)及圖(八)。

f=0.86      W=115gw      R=12.5cm				
C	2	4	8	10
v (cm/s)	102.1	103.4	105.2	106.6
誤差	3.2%	3.0%	3.9%	3.4%

表(十五)



圖(八)



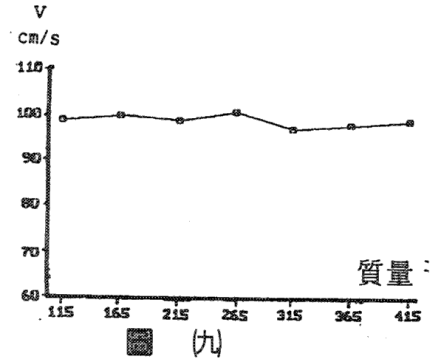
②由表可知，轉彎處傾斜度越大，車子愈不容易滑出車道。

(4)不同質量之探討：

①在F，R，H，C是控制變因下，利用砝碼改變質量，得到下表(六)及圖(九)。

f=0.86 R12.5cm C=0							
W	115	165	215	265	315	365	415
v (cm/s)	99	100	99	101	97	98	99
誤差	7.0%	5.1%	7.0%	3.2%	10.7%	8.9%	7.0%

表(十六)



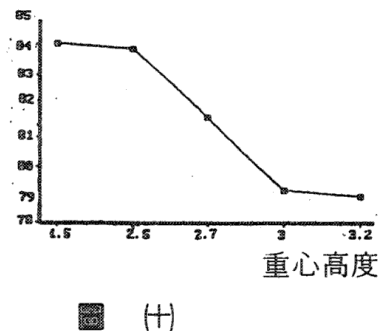
②由表可知，車子質量的大小與車子滑出跑道關係不大。

(5)改變車子重心的高度之探討：

①在F，R，W，C是控制變因下，在模型車上固定一直立的金屬棒，在其上裝一個可調整高度的螺絲，調整其高度，即可改變重心位置，所得如下表(七)及圖(十)。

f=0.86 W=115gw		R=12.5cm C=0			
重心高 (cm)	1.5	2.5	2.7	3.0	3.2
v (cm/s)	84.0	83.8	81.5	79.1	78.9
誤差	33.0%	33.8%	36.1%	27.2%	27.6%

表(十七)



②由表可知，在轉彎處車子重心愈高，車子愈容易翻出跑道。

③此實驗誤差非常大，可能是重心過高而容易翻覆。

(6)討論：

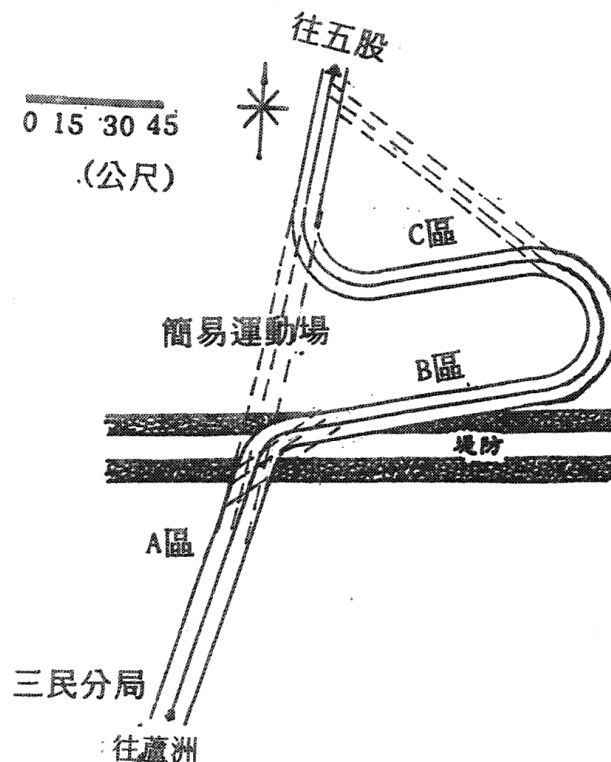
- ①我們所設計的實驗雖然無法完整的模擬車行轉彎的實際情況，雖然如此，但由本實驗亦能測量出車行轉彎時所能允許的最大速度，與曲率半徑，摩擦係數，傾斜度，車子重心高度有關，而與車子本身重量無關。
- ②用高速閃光燈測轉速，因觀察不易，所以每個實驗，都重覆多次，但仍產生不少誤差，約5%~10%，在重心實驗中，甚至高達50%，這個原因，可能是重心過高而容易翻覆，而不是滑出車道。

## 五、結 論

- 1.本路段的警告標誌，種類很多，計有反光指示標誌、跳動路面七處、限速30km/hr標誌二個、全路段都有分隔磚、每30公尺有一盞路燈，足見此路段深具危險性。
- 2.在轉彎處分隔磚的顏色，該改成白色、黃色或白底黃色斜線條紋，使分隔磚在被照時，能更清楚的顯示。
- 3.夜間的照明設備該換成功率較大的水銀燈或氙燈以及常更換燈泡，或縮短燈架距離以增加夜間的可見距離。
- 4.在轉彎處，常累積很多的沙粒及有些路面因使用過久而未翻新，這兩個因素都會降低路面的摩擦力，而增長煞車距離，故該常清掃沙粒或翻新路面。
- 5.右下圖虛線是我們針對此路段所作的修改建議
  - (1)截彎取直採高架方式跨越疏洪道，此施工方式花費較大但因此路段流量甚大，此建議該是解決之道。
  - (2)B區轉彎處直接連到C區的紅綠燈處，如此180°的急彎路可改善。此改善花費較少。
  - (3)可加大A區轉彎處的曲率半徑至原來的四倍。

## 六、感 想

- 1.台103線在疏洪區內的路段，在堤防未加高前是採取填土墊高懸接堤防及舊有道路。因高度不大對排洪功能影響不大，但堤防高度增為兩倍後，如再採取填土墊高勢必影響排洪功能，因此施工單位在經費考慮之下未採取高架方式施工，而是沿著堤防產生連續三個急彎路，我們不解的是施工單位在施工之前，為何規劃如此草率，即使在經費不足的情況下，



也該慎重其事，盡量減少彎路。如A區的轉彎點，只要向前移30公尺，曲率半徑就可增為四倍，或可從B區轉彎處直接連接到C區紅綠燈處，如此就不會產生180°大轉彎，C區的轉彎也沒有了，道路這樣的設計即使添加更完備的警告設備也於事無補。

2.七年了，不知多少車輛在此發生事故，因此我們鄭重呼籲，此路段務必早點改善。

## 七、參考資料

- 1.公路工程 作者：溫宏政
- 2.汽車設計 作者：張洪欣
- 3.高中物理課本

## 評 語

本作品探討台103線蘆洲與五股間連續三個彎路所造成的交通安全問題，題材的選擇來自日常生活所接觸到的事情，十分恰當。實驗設計和實地觀察相互對應，充份發揮科學研究的精神，也是國中學生能力所及，整個作品的原創性、完整性和應用性均佳，學生表達能力也很好。最難得的是研究結果對該路段交通安全所提改善建議也具體可行。