

駕駛操作模式對車輛煞車系統衰退影響之研究

何信毅¹ 劉宗益¹

摘要

車輛煞車系統是藉由摩擦力將車輛動能轉變為熱能，使車輛能有效地減速停止；然而熱能若無法有效散逸，隨著系統溫度的上升，煞車效能會隨之變化，最明顯的便是因來令片與碟盤間摩擦係數的減低所導致的效能衰退，更嚴重的則可能造成煞車油汽化（氣阻），使煞車系統失效，對行車安全影響甚鉅。台灣地形有一半以上是由山地丘陵所組成，於山地行駛時，駕駛者對於煞車系統的操作方式，將影響煞車溫度上升的幅度與效能衰退的程度。故本研究的目的，即要探討不同的駕駛操作模式，對於煞車效能衰退的影響，進而提供駕駛人正確的煞車操作觀念，確保用路人的行車安全。本研究由各國煞車衰退的測試方法著手，探討駕駛模式對煞車效能衰退影響的因素，並以一輛客貨兩用車實際測試煞車增溫對煞車效能的影響。最後，本研究選擇北、中、南三條國內山區道路進行實車測試，驗證不同駕駛模式對於山區道路行車安全的影響。

壹、前言

根據警政署的統計資料顯示，交通意外事故的發生，至少有 80% 以上可歸因於駕駛人的操作疏失。其實，就算是車輛的機械問題，也有可能是因為駕駛的操作失當所引起的，煞車系統因熱衰退所造成的效能降低就是一個例子。黃道易等人[1]曾以動態試驗機進行煞車累積升溫之研究，由試驗數據顯示 150~200 為一般來令片較安全的工作範圍，煞車作用的時間拉長與踏力的增加是煞車來令片升溫的主要原因，且來令片的升溫會導致來令片摩擦係數的衰減。由此可知，煞車來令片有其適當的工作溫度，在超過其工作溫度範圍外使用煞車時，無法發揮充分的煞車效能，甚至導致煞車系統失效。而駕駛的操作方式，包含煞停的次數、時間、間隔與踏力的大小等，皆會影響煞車來令片升溫的程度，尤其是在需要頻頻踩踏煞車的山區路段，煞車的升溫更是明顯。

台灣地形有一半以上是由丘陵、山地所組成，於山地行駛時，駕駛者對於煞車系統的操作方式，將影響煞車溫度上升的幅度與效能衰退的程度。在山區道路，往往可見車輪因煞車系統過熱，冒出的陣陣白煙，或是車輛在下坡時頻頻作動煞車，等到了山下，才發現煞車系統嚴重衰退，甚至完全失效。這種煞車溫度過高的現象常發生在砂石車、遊覽車等重型車輛或較舊型的小轎車上，對於大型車駕駛而言，因為駕駛經驗豐富，懂得利用排氣煞車或是以洒水降溫裝置來降低煞車溫度，能防患於未然，然而對於一般小型車駕駛而言，則不見得有正確的行駛觀念。尤其是現在的小客車多為自排車，駕駛往往誤認使用 D 檔即可安全的應付所有的路況；再者，載重狀況對煞車升溫具有絕對性的影響，因此在相同下坡路段

1 財團法人車輛研究測試中心工程師

中，或許在空載狀況下一直以 D 檔行駛是安全的，但滿載時或許就會出問題；又煞車油的沸點會因含水量而下降，因此若沒有定期更換煞車油，隨著煞車油使用時間的增長，產生氣阻現象的機率亦會增加。故駕駛必須對車輛的煞車系統有正確的認知，定時維護保養並採取正確的駕駛操作方法，以確保自身與他人的行車安全。

貳、煞車效能與溫度

車輛煞車系統是藉由煞車來令片與碟盤或煞車鼓間的摩擦力，提供足夠的煞車制動扭力，並將車輛動能與位能轉變為熱能，使車輛能有效地減速停止，煞車所產生的熱能，大部分皆由煞車來令片與碟盤或煞車鼓吸收。

隨著煞車系統溫度的上升，煞車效能會隨之變化，最明顯的便是因來令片與碟盤或煞車鼓間摩擦係數的減低所導致的效能衰退，更嚴重的則可能造成煞車油汽化（氣阻），使煞車系統失效。溫度造成煞車系統的衰退或失效，主要可分為熱衰退與氣阻兩種。

因為摩擦熱升溫使煞車效能暫時降低的現象稱為熱衰退，一般而言，在煞車過程中，煞車來令片的表面經常可以達到 300 以上，而當來令片溫度上升至一定程度時，膠結材料與填充材料便有可能開始融化或汽化，在來令片表面產生薄膜，降低摩擦係數[2]。每種煞車來令片都有一定的工作溫度，隨著溫度的升高，來令片與碟盤間的摩擦係數會先上升再下降，一般道路用的來令片的適用溫度大概在 400 以下。對於鼓式煞車而言，煞車鼓受熱膨脹，降低摩擦的接觸面積，也會降低煞車效能，屬於一種機械衰退。此外，對於新的煞車來令片而言，其受熱的時候更容易釋出氣體，所造成的衰退將更明顯。然而，一般駕駛往往會抱持著新來令片煞車效能較好的錯誤觀念，反而更加危險。

液壓煞車系統，是靠液體不可壓縮的原理做為能量傳遞的媒介，此液體稱為“煞車油”（brake fluid），通常以多元醇所組成。由於氣體可以被壓縮，所以若煞車油因過熱而汽化時，將會造成氣阻現象，即由煞車踏板的踏力無法傳遞至煞車分泵，造成煞車效能降低甚至失效。由此可知，對於煞車油而言，最重要的特性便是必須具有高沸點，能在高溫下不沸騰，維持良好的操作性。一般常用的煞車油分級有 FMVSS 和 SAE 兩種標準，市面上常見的煞車油分級有 DOT-3、DOT-4 以及 DOT-5，其大致區別如表一。其中 DOT-4 為目前較常用之煞車油，乾沸點需達 230 以上，濕沸點（含水量 3.5%）需達 155 以上，由此可見煞車油的沸點受含水量影響很大。煞車油本身很容易吸收水氣，以這種台灣潮濕的氣候，DOT-4 煞車油 1 年就必須更換一次（大約 1 年的含水量就可達 3.5%），以免因煞車油劣化而產生氣阻，造成煞車失效。

由上述可知，要能將車輛及時的停止下來，必須要具備有效率的煞車系統，將車輛的動能轉變為熱能，而所產生的熱能累積，又將影響煞車系統之效能，如何減少熱能的產生及促進熱能的消散，一直是車輛開發研究的課題之一。煞車熱量的消散，與煞車型式、材質、輪圈設計等都有很大的關係，例如碟式煞車的散熱效率就比鼓式煞車為佳。各車輛在設計之初，就必須將煞車系統的散熱效率列入考量，而在車輛的開發過程中，經由煞車系統的各项測試，也可以確保煞車系統的熱衰退穩定性。因此，在一般正常的使用狀況下，煞車系統應可以維持在一定的工作溫度之下。

參、煞車衰退測試規範

(1) 一般熱衰退恢復效能測試

對於煞車系統的衰退恢復測試，歐洲的 ECE-R13[3]、R13H[4]，美國的 FMVSS-105、135、121、SAE J843，日本的 JASO C402 等法規、標準，都有相關的衰退恢復測試程序。以歐規 ECE-R13H 為例，衰退恢復測試分為加熱程序、熱效能、恢復程序、恢復效能四部分。加熱程序是以車輛 80%極速的車速（不超過 120kph），以 3m/s^2 的減速度煞車至起始車速的一半，連續 15 次，每次間隔 45 秒，煞車升溫的情形如圖一所示（FL 為左前輪、FR 為右前輪、RL 為左後輪、RR 為右後輪）。由圖中可知，煞車溫度在前五次煞車中急劇上升，前輪由 50 上升至 185，之後便趨緩穩定上升，其中因重量轉移的緣故，前軸負擔了大部分的煞車制動力，故溫度上升較快。熱效能測試是接續在加熱過程後，以 100kph 的車速煞停，在某一踏力上限之下，求最佳之煞車距離與減速度。恢復程序則是接續在熱效能測試之後，以 50kph 的車速煞停至 0，維持減速度 3m/s^2 ，連續 4 次，間隔 1.5km，恢復程序的情形如圖二所示。本研究車輛的前軸為碟式煞車，後軸為鼓式煞車，由圖二可知，前軸溫度在 4 次的煞車恢復過程中，可迅速由 200 下降至 120 以下，後軸則僅由 150 降至 130，證明了碟式煞車散熱性能較鼓式煞車為佳。恢復效能的測試程序則與熱效能測試同，差異只有性能標準的要求不同而已。

(2) 模擬下長坡衰退測試

針對車輛下長坡的煞車效能，在歐規的 ECE R13、美國的 SAE J1247[5]、日本的 JASO C438 等，也都有相關的模擬下坡行駛衰退測試程序，雖然法規標準適用的車種多為重型貨車、拖車，但同樣可應用在一般轎車或休旅車上。ECE-R13 以實際路況測試為主，選擇一段長 6km、平均坡度 6% 的下坡路段，以平均時速 30kph 行駛，之後再進行 100kph 的煞車效能測試。而 SAE J1247 的程序則是類似 SAE J843 的衰退程序，昇溫過程是以 56kph 煞車至 27kph，減速度為 2.4m/s^2 ，次數 80 次，間隔 15 秒。ECE 與 SAE 兩者的主要差異在於，一為下長坡路段的實際路況模擬，另一則是在一般平坦的道路上模擬下坡連續煞停的狀況，日本 JASO 的下長坡測試規範則是類似 SAE。

(3) 零組件測試

除了整車的實車測試外，對於煞車來令片的實驗室零組件測試，也有相關的規範，例如 ECE R90、ISO 11157、CNS 8565 等。ECE R90 是歐洲針對機動車輛及拖車替換用煞車來令片之認證規定，也是煞車來令片售後市場之認證規定，其重點在於將售後來令片的測試結果與原廠來令片比較，效能必須維持在一合理範圍內，也就是說，由於車輛的煞車效能最終表現是在整體的煞車減速度或煞停距離上，而車輛在上市前必須通過相關的整車煞車法規認證，其中所使用的原廠來令片也一併視為整體效能的一部份，因此對於售後市場來令片的認證，除非以整車進行測試，否則也僅能以原廠的來令片作為比對的標準，無法單獨對一組來令片進行優劣的評估，必須搭配車輛整體來評估。李錦燦[6]曾針對市售主要車型之售後市場來令片，依照 ECE R90 進行測試分析，發現市面上購得之 15 組來令片中，僅一組可以符合法規標準，顯示在沒有相關法規限制下，任意更換非原廠的煞車來令片，對於行車安全是沒有保障的。

由上述說明可得到下列幾點結論：1. 煞車系統的效能會受到煞車來令片溫度的影響；2. 在車輛開發過程中，煞車系統測試是確保行車安全不可或缺的一環，且必

須以整車測試為最終結果，單一零組件測試無法做為實質上的安全依據；3.在相同車輛條件狀況下，煞車作用時間的長短與踏力的大小為影響煞車來令片升溫的主因，因此駕駛的操作方式的確會影響煞車來令片的升溫程度，尤其是在下長坡的路段。

因此，本研究以一輛客貨兩用車進行實際測試，探討煞車溫度對煞車效能衰退的影響，並選擇國內山區道路進行實車測試，驗證不同駕駛模式對於山區道路行車安全的影響。

肆、研究內容與方法

(一) 實驗設備

本研究以一部國產客貨兩用車(四速自排)為對象，車輛規格如表二所示。量測的項目包括車速、距離、來令片溫度、踏力、煞車管路油壓、踏板行程等，所使用的儀器如表三所示，裝設方式如圖三所示。其中來令片的溫度測量感測器裝設的方式，是依據美國 FMVSS 105 法規規定之要求，在來令片上鑽孔，將 K type 熱電偶埋入一定深度，如圖四所示。由於本實驗屬於實車測試，考量安全因素，溫度與煞車效能關係的試驗是在車輛中心試車場內進行，實際的下長坡山路路試則選擇了北部陽明山、中部杉林溪與南部阿里山等三處進行。

(二) 實驗方法

實驗分為溫度、煞車效能關係與實際下坡路試兩部分。

在溫度與煞車效能關係實驗中，由於本車煞車型式為前碟後鼓，又因為重量轉移的緣故，在 EBD 系統作動下，前軸升溫的幅度遠大於後軸，故以前軸平均溫度為基準，約每隔 50 執行一次煞車效能試驗，由 50 到 450 。每次煞車效能試驗的方式是參考歐洲 ECE R13H TYPE0 的試驗規範，在車輛滿載的狀況下，以初始車速 100kph，定踏力 50kgf，煞車至車輛停止，車輛檔位為空檔。一般而言，在進行衰退測試時，其效能的比較基準可以分為減速度（或煞停距離）與踏力兩種，通常在進行衰退測試前，會先以冷態（約 100 以下）進行一次基準 (baseline) 的量測，做為比較的依據，若是以減速度做為比較項目，則在進行衰退測試時，其踩下的煞車踏力為不得大於基準量測時之踏力；若以踏力做為比較項目時，衰退測試則是以基準量測時相同的定減速度執行。本實驗選擇以減速度做為比較項目，較能說明溫度對煞車效能之影響，故以 50kgf 之定踏力執行該測試。

此外，由於在實際的煞車過程中，減速度並非維持一個定值，且在煞車動作開始與結束時，因為人為操作、煞車機構等關係，減速度會有不穩定的狀況，故在減速度的計算上，參考歐洲 ECE R13 Annex4 之規定，以 MFDD (Mean Fully Developed Deceleration) 做為減速度的依據，

$$MFDD = \frac{(0.8V_0)^2 - (0.1V_0)^2}{25.92(S_e - S_b)} \quad (1)$$

V_0 : 煞停初速 S_e : V_0 到 $0.1V_0$ 的距離 S_b : V_0 到 $0.8V_0$ 的距離

式中所求的是在煞停過程中，車速介於 $0.8V_0$ 至 $0.1V_0$ 時之煞車減速度，是一段已經維持穩定的減速度值。

實際下坡路試則是選取了台灣北、中、南三處山區道路，相關道路狀況與測試時之條件如表四所示。量測時車輛狀態為滿載(2, 100kg, 含駕駛、儀器)，

分別以 D 檔與 2 檔（定檔位）兩種駕駛方式，以適當車速（未限定，由駕駛判斷）行駛下坡固定路段。為減少降溫停等之時間，每一地點皆先進行 2 檔下坡，再上坡回到起點重複進行 D 檔的下坡測試。

伍、結果討論

（一）煞車溫度與煞車效能間的關係

對於實車的煞車測試而言，風速是極為重要的影響因素，大部分的法規標準所允許的測試風速必須在 5m/s 以下，本研究進行測試當天的風速在 4~5m/s 之間，而氣溫介於 28 至 31 間。執行煞停的方向為南北向交替進行，以減少風速之影響。駕駛為固定同一人，車上即時顯示車速、踏力及來令片溫度供駕駛做為煞車執行的參考依據。

共進行 24 次的 100kph 至 0 煞停測試，在 24 筆數據中，取 16 筆平均踏力在 50±3% 內（48.5~51.5kg）之有效數據，結果如圖五、圖六所示。由圖中可知，前軸的煞車來令片用於本車上時，在 150 ~200 間時可以產生較佳的煞車效能，後軸則大約於 100 ~125 間有最佳的煞車效能；隨著煞車溫度的上升，煞車減速度逐漸遞減，最低至 5.38m/s²，比最佳時的煞車效能（7.73m/s²）降低約 30%，煞停距離則增加了約 20m（從 55.8m 增加到 76.1m），顯見當煞車溫度超過適當的工作溫度範圍時，不只呈現在單一煞車分泵會有煞車效能衰退的狀況，對於整車而言，亦會使整體的煞車效能降低。

根據黃道易[1]所進行的研究顯示，當來令片溫度在 260 時，煞車減速度的衰減比 136 時減少約 52.24%，其結果與本研究相比較，顯示其煞車效能因升溫而衰退的情形更加嚴重，其與本研究間的差異可能有以下幾點原因：（1）本研究為整車實車測試，考量的是整車的煞車效能，其考慮因素包含四輪的制動力、重量轉移、輪胎溫度、路面摩擦係數等其他影響，實驗室單一零組件的測試無法模擬此實際狀況；（2）駕駛因素差異，實車測試是以人力控制煞車踏力，實驗室則是以機械油壓控制，精準度無法相提並論；（3）本研究測試幾乎是以緊急煞停之方式進行（踏力 50kgf 已接近該車之最佳煞車效能），實驗室所進行的則是以定油壓進行，其油壓產生的減速度約 0.3g，屬於輕煞車的程度，因此或許會有差異，然若是以行車安全的角度來看，緊急煞車的衰退程度應該是較合適之評估方式。

此外，由於重量轉移的緣故，前軸負擔了大部分的煞車制動力，因此溫度的上升也較後軸明顯（由圖一可知），就煞車型式而言，碟式煞車較鼓式煞車有好的衰退效能，且溫度的降低與恢復速度也快（由圖二可知），故目前小型車輛多以碟式取代鼓式煞車，或是採用前碟後鼓的型式，也因此後軸的溫度上升會較前軸緩慢，並非鼓式煞車較佳的緣故。

（二）山區道路實測

山區道路實測時，因為天候、路況等因素不易控制，所以此試驗之精神在於比較以不同檔位（不同駕駛操作方式）行駛，對於煞車溫度升溫的影響差異。進行實測時，因為路程的關係，測試大多於午後進行，然山區氣候多變，往往前後不同駕駛模式是在不同的天候下進行的，例如於阿里山進行測試時，2 檔行駛時天候為陰天涼爽，D 檔行駛時變為偶雨地潮濕，因此在解釋結果時必須將天候的因素考慮進去。所幸由於有雨的狀況多發生在以 D 檔行駛時，表示 D 檔行駛時的天候狀況更利於來令片散熱，故更能顯現出兩種行駛方式間的差異

性。此外，測試進行時都為涼爽甚至風大的狀況，表示若當天候炎熱時，來令片升溫的狀況與差異應更加明顯。

測試結果的整理如表五所示，各山區測試結果如圖七~十二所示，圖中 FL_temp_2 指的是以 2 檔行駛之左前輪來令片溫度，RR_temp_D 指的是以 D 檔行駛之右後輪來令片溫度，依此類推。由結果可知：

- (1) 不同的駕駛操作方式，的確可以減緩煞車來令片的溫度上升。有效的利用引擎煞車，在下坡時將檔位固定在低速檔(2 檔)，最大可以降低煞車溫度達 106 (阿里山，右前輪，2 檔 126，D 檔 232)，最少的山區也有 54 (陽明山，右前輪，2 檔 199，D 檔 253)。
- (2) 車輛行駛下坡時，來令片溫度會急劇上升，最高達 253 (陽明山，右前輪，D 檔)，低的也有 225 (杉林溪)，表示若以 D 檔行駛，有可能會使煞車溫度一直持續在高溫狀態，使煞車油溫度增加 (DOT4 wet ERBR 僅 155)，有發生氣阻的危險。
- (3) 不同的山區路形，駕駛操作方式的不同對煞車溫度的影響程度會有差異。例如在阿里山的路形中，是屬於較緩的下長坡路形，對於本試驗車種而言。或許 2 檔所產生的引擎煞車剛好適合用於此地形，由踩踏煞車踏板的次數差異 (2 檔 74 次，D 檔 468 次)，便可輕易推測出不同檔位對煞車增溫的影響。對於陽明山地形而言，屬於短且陡的地形，煞車踩踏次數差異不大，顯示就算利用引擎煞車，在必須減速處還是需要踩踏煞車，因此駕駛方式的差異較小，或許使用更低的檔位，方可顯現其差異。
- (4) 以不同的行駛方式，車速差異並不大。此次測試並無規定行駛速限，皆以駕駛之正常判斷為準，然測試所得結果顯示，以 2 檔行駛，平均車速僅略低於 D 檔行駛 3~4kph，顯示車速並非是造成煞車升溫差異的原因。或許此點可以扭轉認為以低速檔行駛車速就會減低的駕駛的觀念，正確的觀念是善用引擎煞車並不會減低行駛的車速，而是減少踩踏煞車的次數或是減低踩踏的程度。
- (5) 由測試結果的數據顯示，在杉林溪及阿里山區道路，煞車溫度一開始皆急速上升，至 7~9 公里間開始趨緩上升，且若換算踩踏煞車週期約 65~69m/次，其實可以對應到國外下長坡的法規標準測試，例如：ECE R13 的下長坡測試距離為 6km，坡度為 6%，若以 65 次的煞車週期換算約需踩踏 92 次，亦可對應到 SAE 規範的 80 次、JASO 的 120 次煞停。顯示未來可以依據國外的標準規範，進一步研究出適合台灣的山區測試路段標準。

陸、結論

煞車溫度對效能的影響，一直是車輛界在改善對應的問題，尤其是在來令片的研發與散熱機構的改善上。然而光靠車輛產業的努力，僅能確保車輛在正常情況下的使用安全，如果要能萬無一失，同時還必須靠駕駛的正確操作與保養觀念，才可以確保自身的行駛安全。由本研所得到的結論如下：

- (1) 對於整車而言，煞車效能的確會受煞車來令片溫度的影響，本研究對象車輛的最佳煞車效能溫度，前輪為 150~200。當溫度達到 250 以上時，煞車效能即降至 6m/s^2 以下 (比最佳時衰退 22% 以上)。

- (2) 在山區下坡路段，利用低速檔時的引擎煞車（2 檔行駛）與 D 檔行駛時相較，的確可以有效降低煞車來令片之溫度，最高可以降低約 100 。
- (3) 不同的山區路段地形，分別以 2 檔及 D 檔行駛對煞車溫度差距的影響會有差異，其中以下長緩坡的差異最明顯，顯示在低速檔位的選擇上，可依坡的緩急選擇適當的檔位（1 檔或 2 檔），更可以充分發揮引擎煞車的效果，減低煞車升溫的幅度。
- (4) 根據本次蒐集的山區數據，與國外法規標準比較，發現彼此間可以合理的對應，未來可以針對此繼續研究，規劃屬於國內的山區實車測試路段。

柒、圖表

表一 煞車油分級

	DOT-3	DOT-4	DOT-5
ERBR (平衡回流沸點)	205	230	260
WET ERBR (含水量 3.5%)	140	155	180
-40 時的黏度	1400mm ² /s	1800 mm ² /s	900 mm ² /s
100 時的黏度	1.5 mm ² /s	1.5 mm ² /s	1.5 mm ² /s

表二 測試車基本規格

項目	規格
設計滿載車重 (前軸、後軸)	2100kg (860、1240)
設計空載車重 (前軸、後軸)	1155kg (490、665)
分泵型式	前碟後鼓
輔助系統	EBD、ABS

表三 測試量測儀器

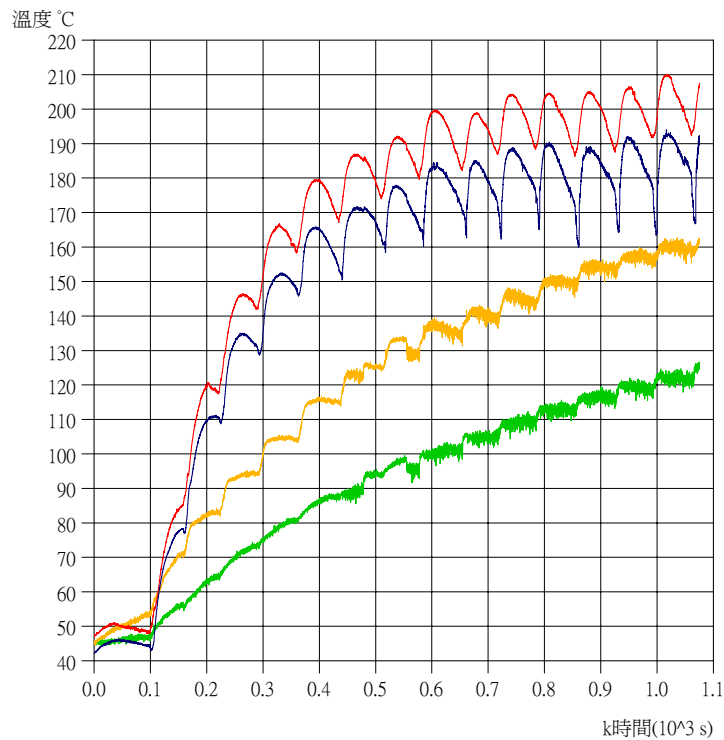
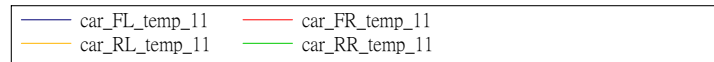
量測項目	使用儀器
車速、距離	非接觸式測速計 (光學第五輪)
溫度	K type 熱電偶
踏力	應變式踏力計
油壓	油壓計
踏板行程	行程計
資料擷取器	μ-MUSYCS

表四 下坡路段實測地點

地點	陽明山	杉林溪	阿里山
道路	東山路 25 巷	151 縣道	18 號省道
起訖	文化大學 - 天母	杉林溪 - 溪頭	森林遊樂區 - 路標 42
行走距離	4,260m	14,880m	32,470m
測試天候	多雲、風大、地濕	涼爽、有霧、偶雨	涼爽、偶雨
推測坡度	9.5% (文化大學標高 405m)	3.0% (杉林溪標高 1600m 溪頭 1150m)	-

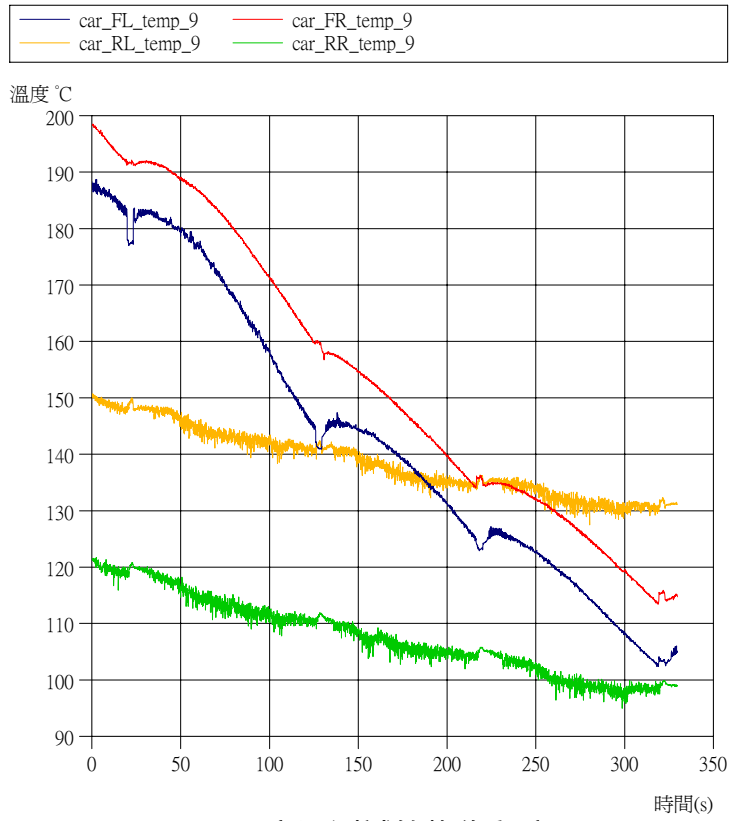
表五 下坡實測結果整理

地點	陽明山		杉林溪		阿里山	
檔位	2 檔	D 檔	2 檔	D 檔	2 檔	D 檔
平均車速 kph	30	33	38	42	- ²	-
踩踏次數	157 次	154 次	212 次	228 次	74 次	468 次
最高溫	201	253	160	225	142	236
最大差距	54		82		106	



圖一 衰退測試升溫程序

²因儀器故障，導致距離量測不全，無法計算平均車速。



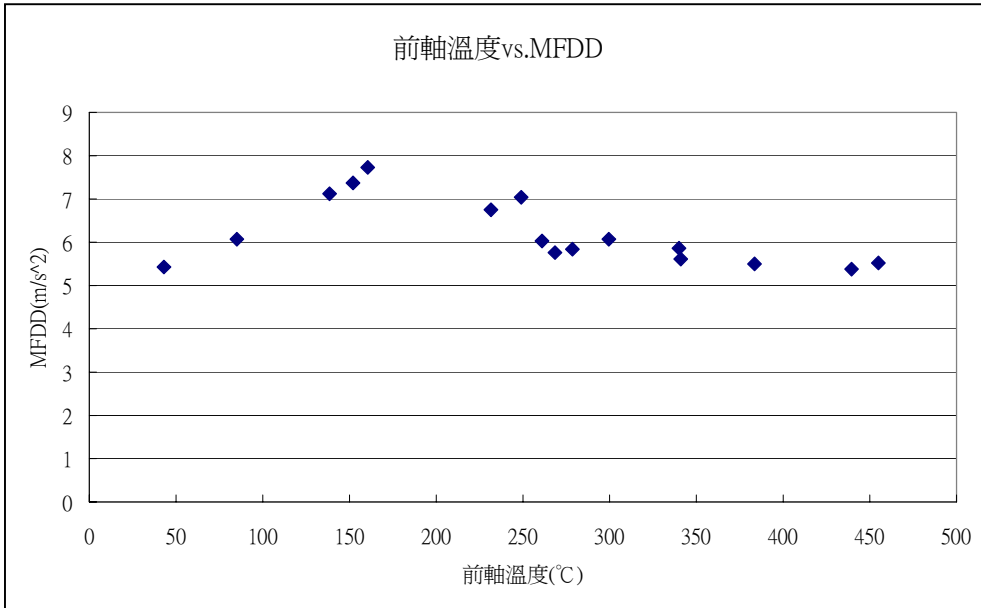
圖二 衰退測試的恢復程序



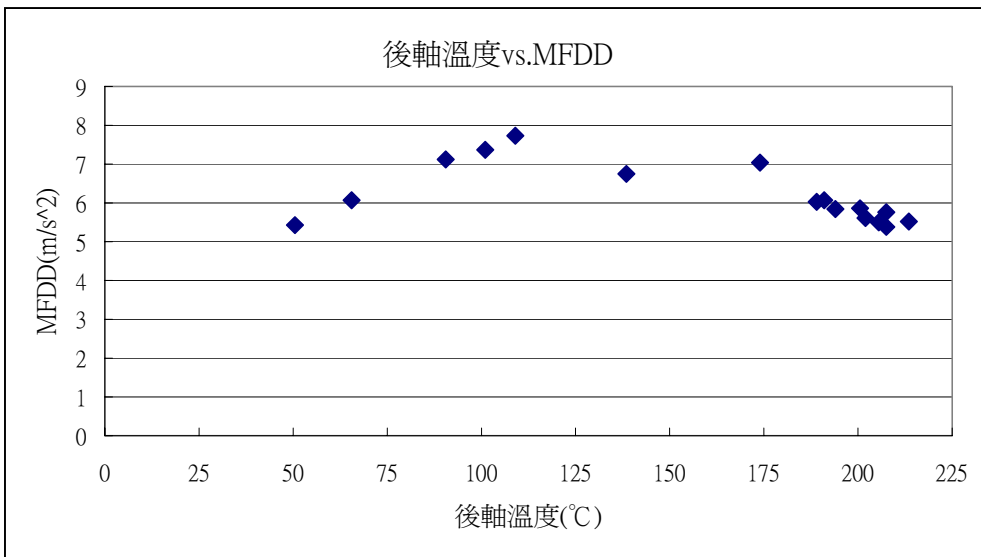
圖三 儀器裝設



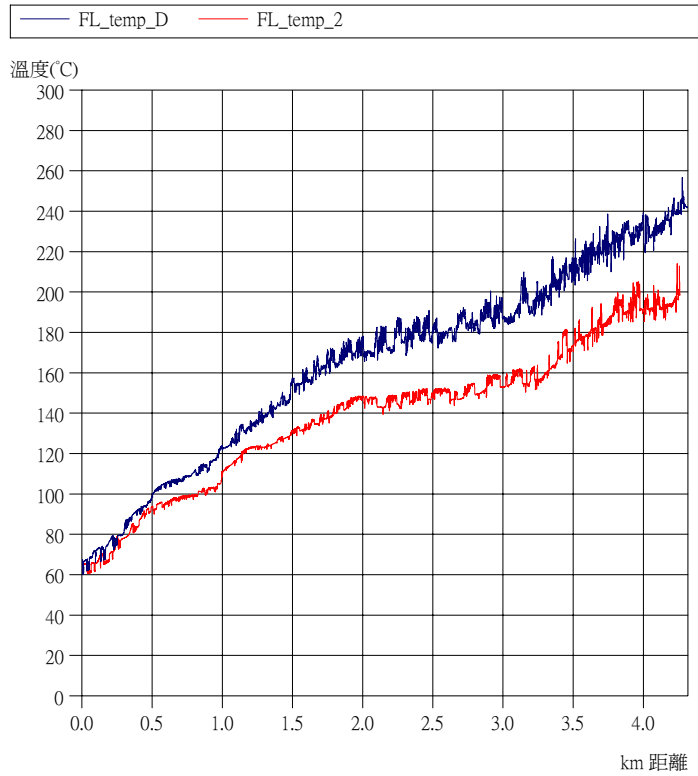
圖四 K type 熱電偶裝設



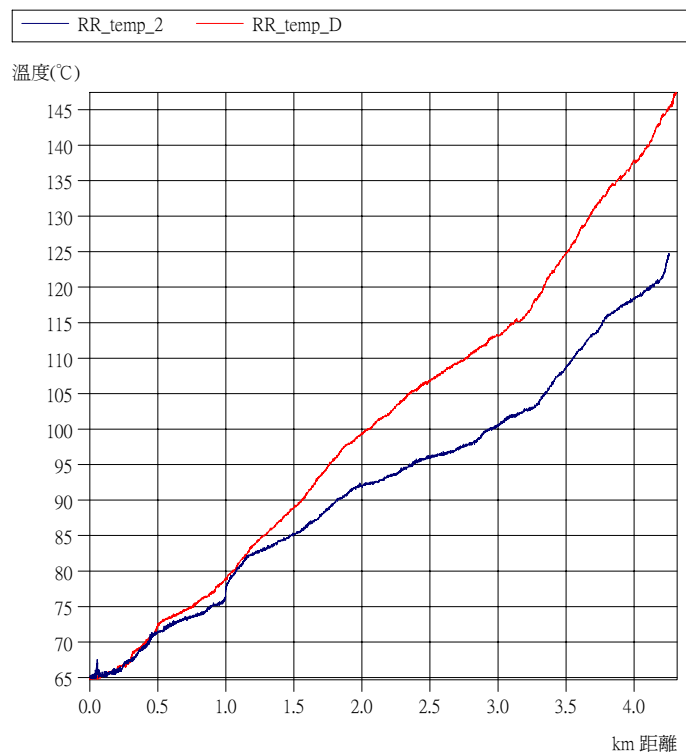
圖五 前軸溫度與 MFDD 關係圖



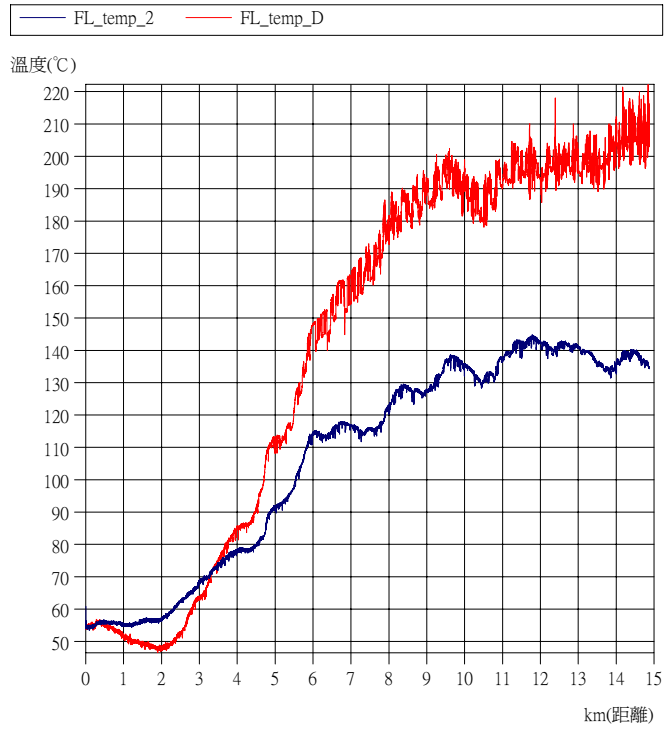
圖六 後軸溫度與 MFDD 關係圖



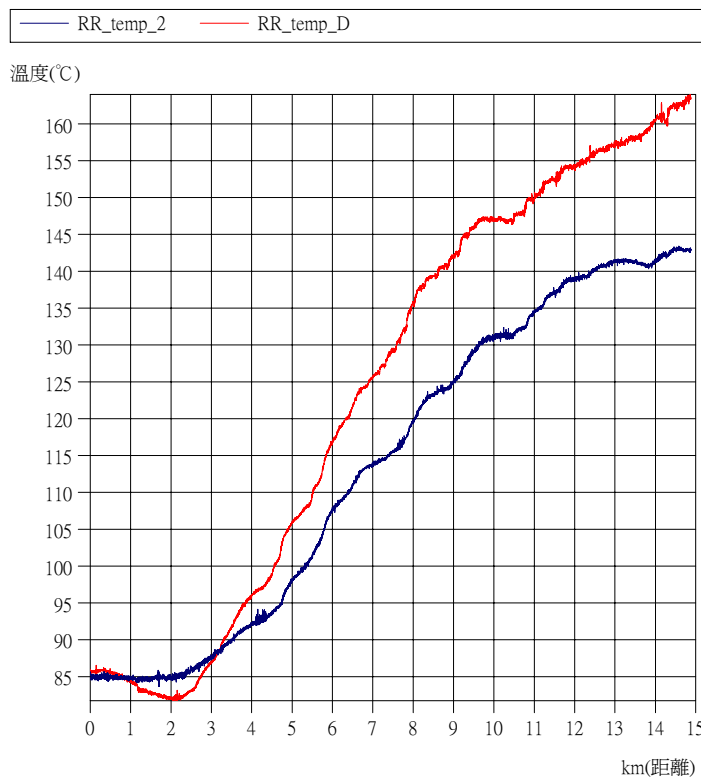
圖七 2 檔與 D 檔行駛左前輪溫度比較 (陽明山)



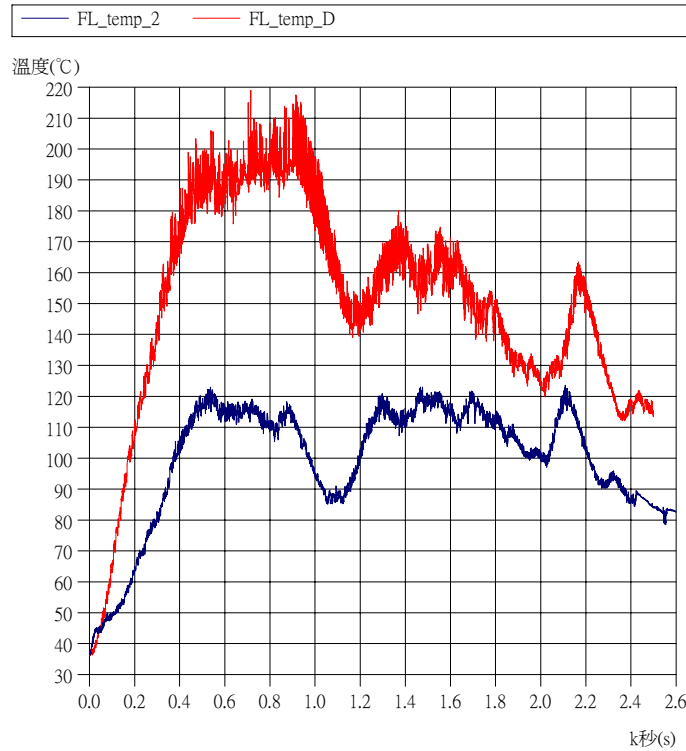
圖八 2 檔與 D 檔行駛右後輪溫度比較 (陽明山)



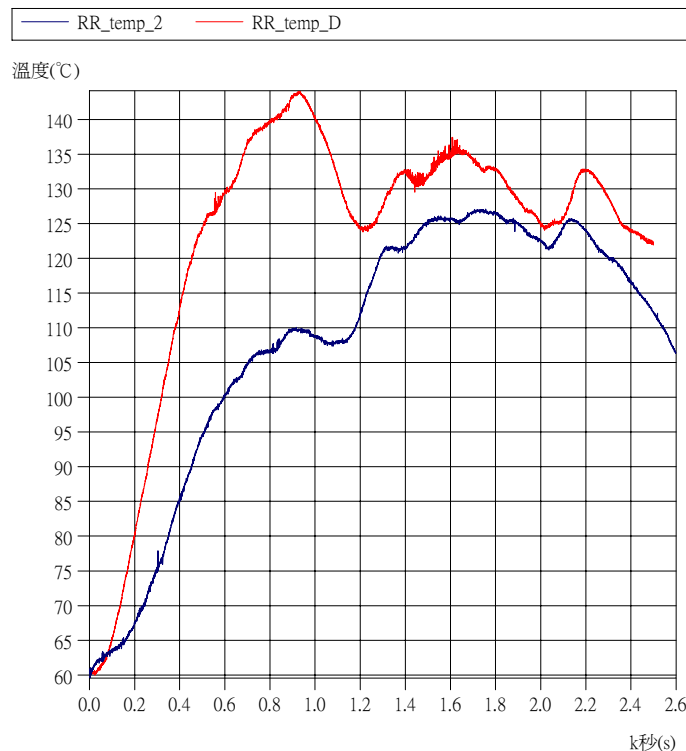
圖九 2 檔與 D 檔行駛左前輪溫度比較 (杉林溪)



圖十 2 檔與 D 檔行駛右後輪溫度比較 (杉林溪)



圖十一 2 檔與 D 檔行駛左前輪溫度比較 (阿里山)



圖十二 2 檔與 D 檔行駛右後輪溫度比較 (阿里山)

參考文獻

- 1.黃道易、陳炳宜，”車輛煞車累積性升溫之研究探討與改善”，第八屆車輛工程學術研討會，台北市，1993。
- 2.人民交通出版社，「汽車工程手冊 - 基礎篇」，2001 年 5 月。
- 3.ECE R13，”UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF VEHICLES OF CATEGORIES M, N AND O WITH REGARD TO BRAKING”，2003/03/18。
- 4.ECE R13H，”BRAKING(M1)”，2002/10/15。
- 5.SAE J1247，”Simulated Mountain-Brake Performance Test Procedure”，2002-08。
- 6.李錦燦，”煞車襯品質調查研究/煞車襯摩擦性能比對試驗及分析報告”，財團法人車輛研究測試中心，CB-91-0090，民國九十一年十二月十五日。