

ISSN:1812-2868

# 臺灣公路工程

第 41 卷 第 6 期

〈每月 15 日出刊〉



TAIWAN HIGHWAY ENGINEERING

Vol. 41 No.6 June 2015

交通部公路總局

中華民國 104 年 6 月 15 日

聖嚴法師 自在語

～ 慈悲行願 ～

佛法無他，只有壹味，自利利人的解脫味也。

常念觀音菩薩，心安就有平安。

朝山禮拜來修行，祈福消災願易成；  
口唱耳聽心恭敬，三步一拜向前行；  
身心舒暢好感應，業消障除福慧增。

一鉢乞食千家飯，孤僧杖竹萬里遊；  
隨緣應化莫擁有，緣畢放身撒兩手。



\*\*\*\*\*  
封 面 說 明

台2線81k~84k  
(鼻頭角海岸地形)路段

朱木山攝

\*\*\*\*\*

# 臺灣公路工程

TAIWAN HIGHWAY ENGINEERING

中華民國 41 年 11 月 11 日創刊

## 第 41 卷 第 6 期 目錄

本刊為中華民國 41 年 11 月 11 日創刊，至 63 年 3 月 1 日發行第 22 卷第 5 期，經合併本局發行之臺灣公路工程、養路及公路機料等三種月刊，仍以臺灣公路工程為名，於 63 年 7 月 15 日起重訂為第 1 卷第 1 期繼續發行

### 臺灣公路工程

#### 發行人

趙興華

#### 社長

夏明勝

#### 總編輯

李忠璋

#### 總幹事

張宇博

#### 編輯

吳進興 黃開平

賴常雄 陳進發

張運鴻 蔡宗成

鄧文廣 薛讚添

陳敬明 林清洲

廖吳章 翁有來

邵厚潔 陳松堂

賴明煌 黃三哲

#### 實務報導

台 20 線南橫公路梅山至下馬路段災後復建工程現地勘查意見及建議

.....葉昭雄、吳文隆、孫翊程、黃國亭...(2)

#### 專題研究

溫度變化對瀝青混凝土品質之影響程度探討

.....黃三哲、呂怡廷、許琦...(27)

本刊內容不代表本局意見

發表之文字如需轉載請先徵得本刊之同意

出版者：交通部公路總局

社址：10863 臺北市萬華區東園街 65 號

Address: No.65, Dongyuan St., Wanhua Dist.,

Taipei City 10863, Taiwan(R. O. C.)

電話：(02) 2307-0123 轉 8108

網址：<http://www.thb.gov.tw/>本局資訊/影音及出版品

# 台 20 線南橫公路梅山至下馬路段災後復建工程現地

## 勘查意見及建議

葉昭雄<sup>\*</sup>、吳文隆<sup>\*\*</sup>、孫翊程<sup>\*\*\*</sup>、黃國亭<sup>\*\*\*\*</sup>

### 摘要

交通部公路總局為協助處理南橫公路災害復建工程遭遇的問題，特別邀請葉前局長昭雄、吳委員文隆等專家學者，展開 2 天的台 20 線南橫公路災後復建工程勘查行程，共勘查 12 處地質狀況較不穩定的重複致災地點。藉由參與南橫公路建設多年的專家學者們提供專業的見解，針對此路段探求致災原因及提出復建對策，除了為南橫公路的災後復建難題對症下藥，亦希冀做為爾後類似工程短、中、長期規劃設計的重要參考，更期望能將工程前輩們的寶貴實務經驗傳承下去。

關鍵詞：台 20 線、南橫公路、石籠駁坎、流末工、 $\pi$  型橋、縱洩溝、耳牆

### 一、前言

八八風災重創南臺灣，台 20 線南橫公路災害尤為嚴重，經歷近五年復健，道路逐段陸續完成，目前有部份路段崩坍嚴重，尚未完成；為利復建工程能確保長期穩定安全，交通部公路總局曾於 104 年 3 月 12 日至 13 日邀集葉委員昭雄及吳委員文隆，由新工組鄧組長文廣及養路組蔡組長宗成陪同，進行 2 天的台 20 線南橫公路梅山至下馬路段災後復建工程現地勘查行程，茲將委員們於完成勘查時，各災害停留點（如圖 1）的意見及建議整理後，爰提本文。期能藉由工程界前輩提供多年累積的寶貴經驗及技術，傳承予吾等後輩學習與交流，並留作爾後類似的復建工程進行規劃設計及施工時的參考。另葉委員昭雄前曾受行政院公共工程委員會之邀，參加莫拉克風災受損毀 62 座省道橋梁之勘查，本次勘查之橋梁均曾於當時勘查過，並提供勘災意見（其意見曾刊載於台灣公

\* 行政院公共工程委員會技術鑑定委員會 委員、交通部公路總局 前任局長

\*\* 台灣世曦工程顧問股份有限公司大地工程部 經理

\*\*\* 交通部公路總局養路組管理科 助理工務員

\*\*\*\* 交通部公路總局養路組管理科 助理工務員



路工程第 38 卷第 1、2 期及第 10 期)，茲將該次勘查中針對唯金溪橋、武雄橋、昌仕橋、進涇橋及禮觀橋之意見並敘其中，更完整呈現該 5 座橋梁的勘察意見與建議。

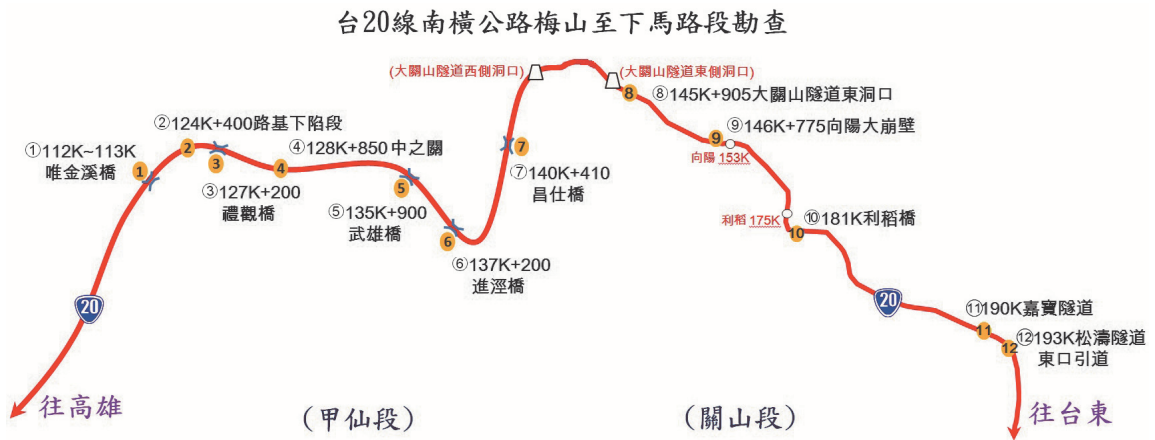


圖 1 台 20 線南橫公路現地勘查各停留點位置示意圖

## 二、台 20 線 112K~113K 唯金溪橋

### 2.1 葉委員昭雄於莫拉克風災勘災意見：

1. 本橋跨於荖濃溪支流唯金溪上，單跨 24m，1972 年 3 月完工，遭莫拉克颱風損毀橋面流失。
2. 致災原因研判係上游及 A1 橋台上方之崩塌（九二一集集大地震之山上裂痕被颱風豪雨灌入產生巨積崩坍）土石數量過大，橋下空間不足以排洩，致橋面被推擠而下致流失。
3. 本橋於南橫公路關建測量時，曾規劃測量為長 160m 吊橋，然施工階段為縮短工期及節省經費，路線降低變更為單跨 24m 長鋼筋混凝土橋，但莫拉克颱風豪雨雨量及山上崩坍而下之土石數量過巨，致橋下空間不足而致橋面遭推擠流失。
4. 建議：
  - (1) 道路臨時性以混凝土過水路面（如圖 2）維持交通，隨坍隨清，遇有颱風豪雨則採交通管制措施。
  - (2) 永久性橋梁宜考慮往下游另選橋位，橋下空間需足敷豪雨土石流排洩所需，另 A1 橋台下游引道相當長度高度之不穩定路段宜避開之。

### 2.2 葉委員昭雄意見：

1. 請併昌仕橋第 4、5 點意見辦理永久性復建方案。



圖 2 唯金溪目前通過野溪處採用涵管過水路面

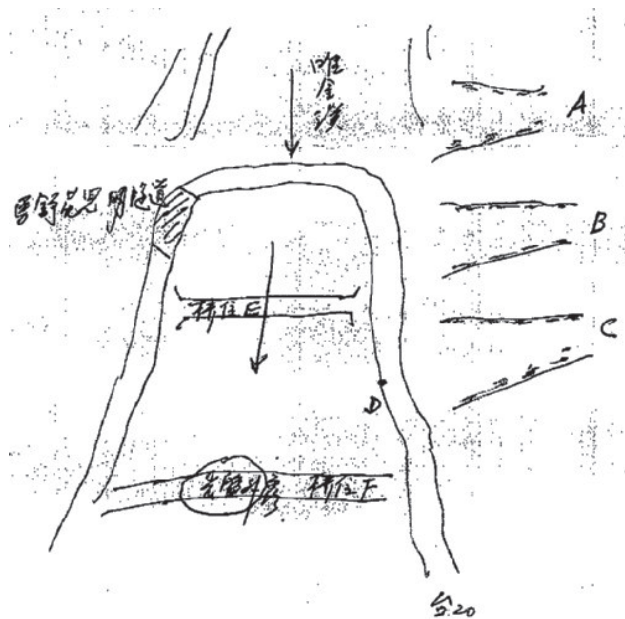


圖 3 葉前局長手繪唯金溪處相對位置示意圖

2. 由於河岸左側有 A、B、C 三個崩坍區存在（如圖 3、4、5），現有台 20 線受其影響，建議橋位向下游尋覓。
  - (1) 若崩塌處 C 下方路邊之 D 點附近可覓得可靠岩盤當構造物基礎，則可考慮橋位 E 建橋。而 D 點附近建明隧道通過，馬舒花兒明隧道不予利用。
  - (2) 若崩塌處 C 下方路邊之 D 點附近岩盤過深不易構建明隧道，則建議考慮橋位 F 並以外露於河床上之岩盤置放橋墩。
3. 上述可行性研究及規劃完成之後，再進行下一永久性復舊工作。
4. 目前可先朝便道或中期目標辦理。

5.請注意當年南橫公路測量時原規劃長 160m 吊橋，施工時變更為長 24m 跨度橋梁之歷史經驗，當為永久性復建時應考慮足夠橋長之參考。

### 2.3 吳委員文隆意見：

- 1.本路段唯金溪集水區上游崩塌，土石堆積，造成溪床淤高，沖毀橋梁；上邊坡受雨水沖刷而滑動；河道變寬掏刷兩側道路下邊坡，造成路基下陷，馬舒花兒明隧道終點附近路段之上邊坡崩坍，易掩埋隧道洞口。通過野溪處目前採用過水路面，涵管容易遭受土石堵塞而溢流導致損壞道路。目前進行之復建工程設計，以恢復交通。惟本路段多處崩坍，加上地形、水文、地質條件掌握未明，牽涉問題較為複雜，宜深入加以探討。
- 2.建議：可先進行調查及可行性評估，以瞭解原因，掌握處理對策，研究分析各種可行之路線方案比較，以利將來長期穩定安全之路線方案採擇，再辦理後續長期工程設計及施工。



圖 4 唯金溪崩塌區 A、B、C 現況情形



圖 5 唯金溪崩塌區 C 現況情形

### 三、台 20 線 124k+400 路基下陷段

#### 3.1 葉委員昭雄意見：

1. 該路段下陷可能原因有二：

(1) 右側上邊坡地下水滲入路基，將路基細粒料帶走，掏空導致路基下陷。

(2) 野溪上游水量大時，通過台 20 線兩座箱涵之水沖刷本路段左側石籠駁坎基腳，造成駁坎下沉位移。惟究屬何種原因？建議實地至石籠駁坎基礎下方勘查，並於下雨時觀察石籠滲水情形。

2. 路基下邊坡以石籠駁坎方式（如圖 6），請檢討避免。因石籠屬柔性構造物，易造成下陷。加勁式擋土牆亦有類似缺點，故建議通盤考量公路總局其他單位於山區公路下邊坡建造加勁式擋土牆及石籠駁坎之安全性及適當性。

3. 改善對策：

(1) 建議於右側路邊坡腳下方埋設盲溝管（約 3M 深）收集及降低路基地下水位，引導至適當地點以橫向箱型或涵管予以橫向排除。

(2) 觀察現有左岸石籠駁坎下方基礎有無沖刷現象，若有則予以補強、保護。

#### 3.2 吳委員文隆意見：

1. 124K+400：

(1) 路基下陷路段，因道路排水不良，上邊坡之水流，無法順暢導排至下邊坡，逕流造成漫流路面，產生沖刷作用，以致路面龜裂下陷。

(2) 改善對策：可於上邊坡溪溝處施做一座集水井兼具沉砂池功用及橫向箱涵，以利排水。

2. 124K+500：

(1) 路基下陷路段，係原崩坍之下邊坡坡面陡峭，原護坡方式係直接以多層石籠護坡，構築路基，因高度甚高且陡峭，石籠重量大，可能石籠基礎（如圖 7）位於坡面破碎岩層上，基礎支承力不足，易受雨水入滲而滑動，造成 AC 路面下陷現象。

(2) 改善對策：可於下邊坡打設鋼軌樁或排樁維持路基穩定；或採用橋梁方案，直接跨越溪溝。





圖 6 台 20 線 124K+400 路基下陷路段，路基下邊坡以石籠駁坎方式，請檢討避免



圖 7 台 20 線 124K+500 路基下陷路段，亦採用石籠駁坎，因石籠屬柔性構造物，直接以多層石籠護坡構築路基，易造成下陷

#### 四、台 20 線 127K+200 禮觀橋

##### 4.1 葉委員昭雄於莫拉克風災勘災意見：

1. 本橋梁跨越於荖濃溪上游之野溪，單跨 18 公尺，1972 年 4 月完工，遭莫拉克颱風損毀橋面流失。
2. 致災原因為九二一地震造成山上裂痕，被莫拉克颱風豪雨灌入產生巨積崩塌，橋下空間不足以排洩，致橋面被推擠流失。
3. 建議：
  - (1) 臨時性採用混凝土過水面，維持交通，隨坍隨清，遇有颱風豪雨時，則採交通管

制措施。

- (2) 永久性橋梁宜往下游另選橋位，避開 A1 橋台附近不穩定之順向坡（如圖 8），A2 橋台引道下方不穩定邊坡宜予適當穩定處理，局部節理發達之岩石下邊坡可考慮採噴漿穩定保護，另橋位向下游移後，兩端引道高程差加大。宜於適宜範圍內調整道路縱坡。

#### 4.2 葉委員昭雄意見：

1. 永久性橋梁宜往下游另選橋位。
2. 目前以中期通行為目標之作法，建議箱涵改為三孔 7m\*7m 者（如圖 9）。
3. 箱涵基礎及出口流水台儘量利用建置於現有道路下游側之岩盤上，以茲穩固，避免被土石流沖移。（如圖 10）
4. 進水口需為大面積可當蓄水、淤積沉澱砂石之用，四周以乾砌石方式並考量淤積時機械進入進水口清淤之通道或方式。
5. 河道左岸進水口側牆上方有崩坍之虞，建議以乾砌石方式堆疊成防落土石牆（或壩），以保護路基行車安全。

#### 4.3 吳委員文隆意見：

1. 本路段野溪集水區上游邊坡崩塌，土石堆積於溪谷，造成溪床淤高，沖毀橋梁（如圖 11）；上邊坡受雨水沖刷而滑動；河道變寬掏刷兩側道路下邊坡，造成路基下陷。目前以過水路面，涵管容易堵塞而溢流受損壞。
2. 改善對策：可於原址施做橫向多孔排水箱涵，上游設置沉砂池攔蓄土石並加大排水斷面，以利溪水及土石通過；箱涵前後路段之下邊坡並加以保護。

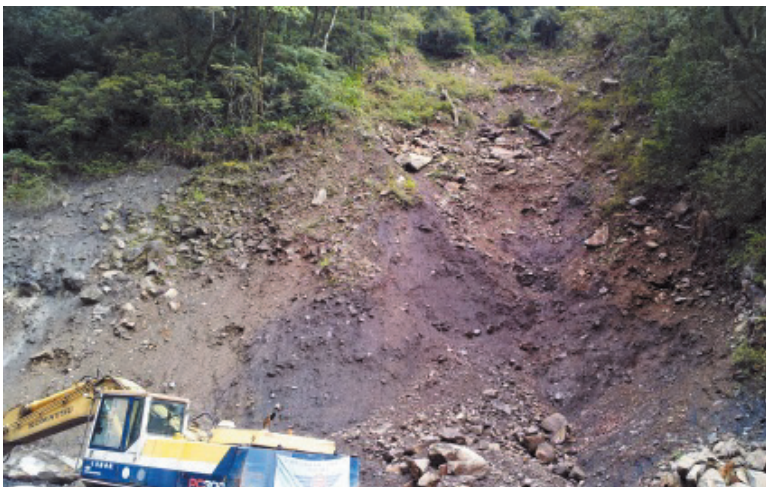


圖 8 禮觀橋原 A1 橋台附近不穩定之崩積層及順向坡





圖 9 禮觀橋處過水路面涵管容易堵塞而溢流受損壞，建議改為三孔 7m\*7m 箱涵



圖 10 箱涵基礎及出口流末工基礎，儘量利用建置於現有道路下游側之岩盤上，以利長期穩固，避免被土石流沖移

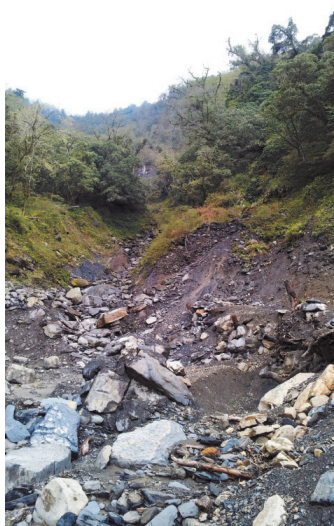


圖 11 野溪集水區上游崩塌，土石堆積，造成溪床淤高，沖毀橋梁

## 五、台 20 線 128K+850 中之關

### 5.1 葉委員昭雄意見：

- 1.復建工程已施工中。
- 2.右側上邊坡坡頂請注意完全於坡頂外緣予以截水（如圖 12）。
- 3.右側坡面水於路基右側建排水溝截流，勿再流向左側下邊坡。
- 4.縱洩溝應將水排除於路面外右側不宜沖入路基。
- 5.左側下邊坡植生保護。

### 5.2 吳委員文隆意見：

- 1.上邊坡坡面岩石節理發達，岩體破碎，坡面陡峭，易產生落石、崩塌滑動；下邊坡為攻擊岸造成受河水掏刷坡趾而產生滑動，下邊坡不穩定，以致路基不斷流失，產生路面下陷或中斷問題。目前上邊坡以自由型格噴草植生，下邊坡設 RC 擋土牆（如圖 13）。因致災原因尚未消除，必須進一步加以瞭解、分析。
- 2.改善對策：可於上邊坡崩坍區外施做截水溝，避免坡面雨水流入，坡面上之橫向及縱向噴漿溝，需改善導排設施，以避免地表逕流直接沖至路面，以及坡面設置落石防護網；下邊坡坡腳亦應加以保護，以避免河水長期掏刷作用（如圖 14）。



圖 12 上邊坡坡頂請注意完全於坡頂予以截水，坡面水於路基右側建排水溝截流，勿再流向左側下邊坡，縱洩溝應將水排除於路面外右側不宜沖入路基





圖 13 中之關處目前施工上邊坡以自由型格噴草植生，下邊坡設 RC 擋土牆



圖 14 建議下邊坡坡面予以保護，坡腳亦應加以護岸保護，以避免河水長期掏刷作用

## 六、台 20 線 135K+900 武雄橋

### 6.1 葉委員昭雄於莫拉克風災勘災意見：

1. 本橋跨於荖濃溪上游之野溪上，單跨 25m，建於 2006 年 3 月，壽命僅 3 年餘，橋面均已流失。
2. 致災原因研判係上游崩塌土石數量過大(九二一集集大地震之山上裂痕被颱風豪雨灌入產生巨積崩坍)，橋下空間不足以排洩，致橋面被推擠而下導致流失，而莫拉克颱風雨量甚大，所夾帶崩坍而下之土石為土石流來源。
3. 建議：

- (1)臨時性、短期間以過水路面（混凝土路面）維持交通，隨坍隨清，遇有颱風豪雨時，則採交通管制措施。
- (2)永久性橋梁宜往下游另選橋位，橋下空間需足敷豪雨土石流排洩所需。

## 6.2 葉委員昭雄意見：

- 1.永久性橋梁宜往下游另選橋位。
- 2.設計時縱坡等幾何線形，須符合交通部頒「公路路線設計規範」之規定。橋梁縱坡請注意結構上與平面道路需求之差異性。
- 3.設計時請考慮施工之可行性，需運輸鋼梁時請考量沿途線形之運輸可行性或將沿途因運輸鋼梁而需改善線形之路段，詳為預先調查處理。當年南部橫貫公路開闢時，為利用台北大橋變更設計後不用之一孔七根大梁，利用於荖濃橋(三根大梁，其中一根大梁施工時掉落毀損，只運用二根大梁，故橋面寬由 7.5 公尺減為 4.6 公尺)及寶來一橋(二孔，各二根鋼梁，共四根鋼梁)，因鋼梁由台北以拖板車拖運，梁長 15 公尺，故玉井至寶來之路段，予以改善至可通行拖板車之標準。

## 6.3 吳委員文隆意見：

- 1.本路段野溪集水區上游崩塌，土石堆積，造成溪床淤高，沖毀橋梁；上邊坡受雨水沖刷而滑動；河道變寬掏刷兩側道路下邊坡，造成路基下陷。目前採用過水路面，二支涵管斷面不足，容易遭受土石堵塞而溢流損壞（如圖 15、16）。
- 2.復建工程所採用之  $\pi$  型橋外，應考量鋼構件之運輸問題；兩端引道之擋土牆宜考量邊坡穩定問題。



圖 15 武雄橋本路段野溪集水區上游崩塌，土石堆積，造成溪床淤高，沖毀橋梁；上邊坡受雨水沖刷而滑動；目前採用過水路面，二支涵管斷面不足，容易遭受土石堵塞而溢流損壞



圖 16 武雄橋處河道變寬掏刷兩側道路下邊坡，造成路基下陷

## 七、台 20 線 137K+200 進涇橋

### 7.1 葉委員昭雄於莫拉克風災勘災意見：

- 1.本橋跨於荖濃溪上游之野溪，單跨 25m，於 1971 年 1 月完工，遭逢莫拉克颱風損毀，橋面流失。
- 2.致災原因為九二一地震造成山上裂痕，被莫拉克颱風豪雨灌入產生巨積崩坍，橋下空間不足以排洩，致橋面被推擠流失。
- 3.建議：
  - (1)臨時性、短期間以過水路面（混凝土路面）維持交通，隨坍隨清，遇有颱風豪雨時，則採交通管制措施。
  - (2)永久性橋梁宜往下游另選橋位，橋下空間需足敷豪雨土石流排洩所需。

### 7.2 葉委員昭雄意見：

同武雄橋意見。

### 7.3 吳委員文隆意見：

本路段野溪集水區上游崩塌，土石堆積，造成溪床淤高，沖毀橋梁；上邊坡受雨水沖刷而滑動；河道變寬掏刷兩側道路下邊坡，造成路基下陷。目前採用過水路面，三支涵管斷面不足，容易遭受土石堵塞而溢流損壞，造成路基流失（如圖17）。復建工程所採用之簡支鋼箱橋梁方式跨越，應考量鋼構件之運輸及吊裝問題。





圖 17 進涇橋目前採用過水路面，三支涵管斷面不足，容易遭受土石堵塞而溢流損壞，造成路基流失

## 八、台 20 線 140K+410 昌仕橋

### 8.1 葉委員昭雄於莫拉克風災勘災意見：

- 1.本橋跨於荖濃溪上游之野溪，單跨 28m，於 1993 年 12 月完工，南部橫貫公路興建時所建造於民國 61 年完工之橋梁，已曾破壞過而復建，再遭逢莫拉克颱風損毀，橋面流失。
- 2.致災原因為橋梁跨越之野溪係一大片崩坍地，於民國 59 年間南部橫貫公路闢建時即已存在的大崩坍地，豪雨時挾帶而下的土石、巨石擊毀橋梁。
- 3.建議：
  - (1)臨時性、短期間以過水路面（混凝土路面）維持交通，隨坍隨清，遇有颱風豪雨時，則採交通管制措施。
  - (2)永久性橋梁宜往下游另選橋位，橋下空間需足敷豪雨土石流排洩所需。
- 4.A2 橋台附近上邊坡植生已有成效，莫拉克颱風損毀處，建議予以復建植生，植生面積請再研議增加面積，以維持 A1、A2 橋台上游邊坡之穩定。

### 8.2 葉委員昭雄意見：

- 1.建議向下游改線，並調查預估可能之崩落土石方數量，以期於橋下留有足夠空間供其通過（如圖 18）。
- 2.本橋已重複致災多次，而上游之崩坍，自南橫公路施工前即長期存在（如圖 19）。此種大自然之力量，非人力所能克服，適以留有足夠橋下空間供其通過為宜。



- 3.橋台、橋墩基礎需建於可靠之岩盤上，參考以往災損紀錄範圍，避開可能被沖擊之範圍。
- 4.建議與唯金溪橋、禮觀橋合併為一規劃案；或本橋與唯金溪橋合併成一規劃案，辦理可行性研究及規劃工作（如圖 20）。
- 5.可行性研究及規劃工作，其服務項目之擇定，請依據「機關委託技術服務廠商評選及計費辦法」第 4 條「可行性研究」所列之十四項及第 5 條「規劃」所列之十三項妥為擇定，必要時就本路之特性增列需求項目。

### 8.3 吳委員文隆意見：

- 1.本路段野溪集水區上游崩塌，土石堆積，造成溪床淤高，沖毀橋梁；上邊坡受雨水沖刷而滑動；河道變寬掏刷兩側道路下邊坡，造成路基下陷。目前採用過水路面（如圖 21），涵管容易遭受土石堵塞而溢流損壞。惟本路段地質相當破碎，路基及橋梁曾多次沖毀，在地形、水文、地質條件掌握未明，牽涉問題較為複雜，宜深入加以探討。
- 2.建議：可先進行調查及可行性評估，以瞭解原因，掌握處理對策，研究分析各種可行之路線方案比較，以利將來長期穩定安全之路線方案採擇。



圖 18 昌仕橋建議向下游改線，並調查預估可能之崩落土石方數量，以期於橋下留有足夠空間供其通過



圖 19 昌仕橋上游邊坡之崩坍，自南橫公路施工前即長期存在



圖 20 建議昌仕橋與唯金溪橋、禮觀橋合併為一規劃案；或昌仕橋與唯金溪橋合併成一規劃案，辦理可行性研究及規劃工作



圖 21 昌仕橋目前採過水路路面，維持交通

## 九、台 20 線 145K+905 大關山隧道東洞口

### 9.1 葉委員昭雄意見：

- 1.原隧道東洞口鋼筋混凝土襯砌已破裂段予以打除重建（如圖 22）。
- 2.調查隧道上方壓覆之荷重，予以移除或減少。
- 3.施工中假隧道上方廢輪胎，建議調整為非平面之斜坡面，以利自然重力滾落，不致堆積於假隧道上方，若有堆積過多時，應加以清除。
- 4.調查第 1 點破裂段可能之原因，若有需補強如補設預力地錨或刷坡者，請考量。

### 9.2 吳委員文隆意見：

- 1.隧道舊東洞口上邊坡受雨水沖刷而滑動，滑動土石，產生下滑力，作用於隧道結構，造成隧道側壁受到側向推擠（如圖 23），混凝土襯砌受剪而變形破裂、龜裂損壞情形，隧道漏水嚴重，路面積水問題。
- 2.改善對策：隧道東洞口受損範圍，開挖後加以敲除，重做一段明挖覆蓋隧道，其頂版宜做成斜坡面，以避免崩坍土石堆積於其上（如圖 24）。





圖 22 大關山隧道東洞口建議原隧道已破裂段予以打除重建，調查破裂段可能之原因，若有需補強如補設地錨或刷坡者，請考量



圖 23 隧道舊東洞口上邊坡受雨水沖刷而滑動，滑動土石造成隧道側壁受到側向推擠，混凝土襯砌變形破裂、龜裂損壞情形，導致隧道漏水嚴重，路面積水問題



圖 24 施工中假隧道上方廢輪胎，建議調整為非平面，以利自然重力滾落，不致堆積於假隧道上方，若有堆積過多宜清除



## 十、台 20 線 146K+775 向陽大崩壁

### 10.1 葉委員昭雄意見：

- 1.請依交通部頒「公路路線設計規範」之建議值選擇路線，並請注意有曲線路段之合成坡度等規定（如圖 25）。
- 2.路線儘量往山側移動，將路基建於實土之地形上，不宜建於填方上（如圖 26、27、28）。
- 3.路線過於平直，請改為儘量利用地形，增設彎道，以順應等高線走向之山區地形及地質（包括平面曲線及縱斷面坡度線形）。
- 4.構造物盡量採用既有石塊乾砌。
- 5.構造物基礎請注意其穩定性、容許承载力等條件，避免重複再致災。



圖 25 台 20 線 146K+775 道路縱坡很陡峭，請注意有曲線路段之合成坡度等規定



圖 26 路基有部分係在回填層上



圖 27 建議路線盡量往山側移動，將路基建於實地地形上



圖 28 下邊坡受河水沖刷而滑動，路基不宜建於填方地區

## 十一、台 20 線 181K 利稻橋

### 11.1 葉委員昭雄意見：

- 1.A2 橋台伸縮縫有異狀，請進行立體三度空間監測及調查，分析其原因(如圖 29)。
- 2.A2 橋台耳牆（翼牆）所殘存甘蔗板等雜物，影響大梁伸縮功能，請清除。（如圖 30）
- 3.A2 引道路面及左側擋土牆有裂痕（如圖 31），請監測、調查原因，妥為辦理後續之處理。

### 11.2 吳委員文隆意見：

- 1.橋址基礎下游保護工混凝土受磨損，保護層破壞，鋼筋裸露，下游河床受刷深；另 A2 橋台伸縮縫受到擠壓現象。



2.改善對策：橋址下游保護工受磨損，混凝土受磨損進行修復及橋址河床刷深進行固床工及消能設施（如圖 32）。A2 橋台伸縮縫應詳加調查原因及處理，以避免持續推擠而影響結構物。



圖 29 利稻橋 A2 橋台伸縮縫有受到擠壓現象



圖 30 橋台耳牆（翼牆）所殘存甘蔗板等雜物，影響大梁伸縮功能



圖 31 引道路面及左側擋土牆有裂痕





圖 32 橋址下游保護工混凝土受磨損，保護層破壞，鋼筋裸露，下游河床受刷深

## 十二、台 20 線 190K+840 嘉寶隧道

### 12.1 葉委員昭雄意見：

1. 兩口集水井間之橫向排水管施工問題，請協調設計顧問公司提供可施工廠商資料，妥為協調，以利工程進行（如圖 33）。
2. 隧道西口道路一段為不穩定範圍，未來有無可能造成更大災害或更長災害路段，請參考以往調查、研究、評估等資料預為研擬應變方案（如圖 34、35、36）。



圖 33 嘉寶隧道短期改善工程集水井施工



圖 34 嘉寶隧道西口外觀



圖 35 隧道壁體襯砌開裂現象

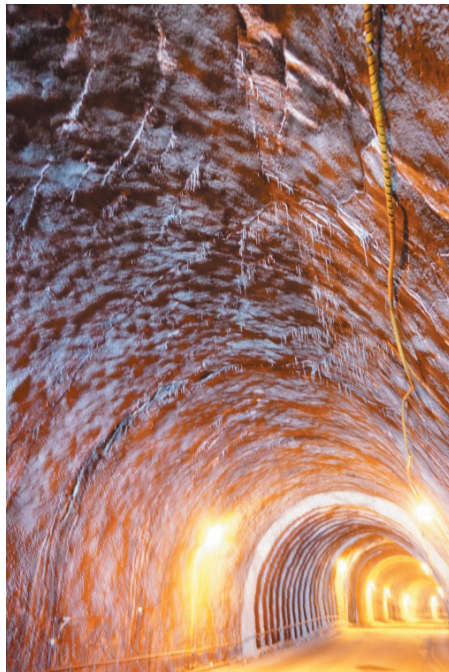


圖 36 嘉寶隧道內部開裂滲水現況



### 十三、台 20 線 192K+932 松濤隧道東口引道

#### 13.1 葉委員昭雄意見：

- 1.所提出之鋼構明隧道山側鋼柱，將佔用部分現有良好路基路面，殊為可惜，建議就地形將山側鋼柱取消，於半隧道頂建構平行車行方向坎入岩壁之縱梁以支撐橫梁，或將斜頂橫梁嵌入半隧道岩體內或建支撐點予以支撐或由谷側鋼柱當為主要支撐。則半隧道原良好路基仍可充分利用（如圖 37）。
- 2.路基過窄擬消除段，建議將路面邊線繪至山側已加蓋邊溝上（如圖 38），充分利用路基，寬度可符合目前所需。若為增加谷側護欄之需求，可考慮以橫梁置於路基之作法懸臂式凸出，即地形困難段宜就地形以交通管理方式解決，以避免解決一個問題又製造出另一個難題。



圖 37 松濤隧道東口引道建議就地形將山側鋼柱取消，於半隧道頂建構平行車行方向坎入岩壁之縱梁以支撐橫梁，或將斜頂橫梁嵌入半隧道岩體內或建支撐點予以支撐或由谷側鋼柱當為主要支撐



圖 38 路基過窄擬消除段，建議將路面邊線繪至已加蓋邊溝上，充分利用路基，寬度可符合目前所需。若為增加谷側護欄之需求，可考慮以橫梁置於路基之作法懸臂式凸出



## 十四、結語

因受莫拉克風災影響，台 20 線南橫公路沿線道路受損嚴重，以國土保育為先之區域重建綱要計畫之規定，在公路災損系統之復建，歸類為敏感地區的乙類道路（部分原狀修復），現階段均暫僅提供便道形式通行。其中梅山至向陽路段現屬封閉管制路段，非施工車輛及人員管制禁止進入，以致於現今高雄至臺東之間交通未能暢通，目前該路段仍需持續進行完整、完善以及長遠的規劃，以決定後續重建方式。

綜整本次勘查專家委員主要意見如下：

1. 過水路面採用多支涵管排水，斷面不足，通洪能力低，容易遭受土石堵塞進而溢流導致損壞道路，設計時除考量斷面排水量須足夠之外，建議採用容許大粒徑土石通過之箱涵或橋梁較為適當。
2. 路基下邊坡應檢討避免以石籠駁坎或加勁式擋土牆方式，因石籠等屬柔性構造物，且易被地下水將路基細粒料帶走，造成路基之下陷。
3. 上邊坡坡腳建議可就地取材，以崩落之大型石塊採乾砌石方式，堆疊成防落土石牆（或壩），其穩定性遠優於採用較小粒徑石塊之石籠駁坎。
4. 可行性研究及規劃工作，其服務項目之擇定，請依據「機關委託技術服務廠商評選及計費辦法」第 4 條「可行性研究」所列之十四項及第 5 條「規劃」所列之十三項妥為擇定，必要時就工程之特性增列需求項目，執行時並應逐項檢核委託技術服務契約規定所有廠商應辦理事項。
5. 永久性橋梁選址宜考慮橋下空間需足敷豪雨土石流排洩所需，橋址及引道宜避開邊坡崩坍潛勢高之路段，其橋墩基礎，需調查並覓得可靠岩盤當構造物基礎及置放橋台橋墩。
6. 橫向排水設施出水口應設置保護下邊坡及消能之設施，避免坡腳受到水流刷深而沖毀路基。
7. 道路上邊坡請注意於坡頂外緣予以截水，坡面水流於上邊坡坡腳側路基建排水溝截除，勿再漫流過路基至下邊坡側，而沖刷邊坡面。
8. 假隧道上方堆置廢輪胎角度，宜為斜坡面而非水平面，以利落石靠自然重力滾落，不致堆積於假隧道上方。
9. 路基儘量構築於開挖地形上，不宜建於回填之填方土層上，路線儘量往山側施作。
10. 橋台耳牆（翼牆）及伸縮縫內，施工所殘存雜物應清除乾淨，保持伸縮間隙，避免影響橋梁伸縮功能。
11. 橋址保護工設計時應避免水位差導致橋址河床刷深，後續則需進行固床工及消能設施保護。

12.現地邊坡若有堅硬岩盤應善加利用，設計施工採順應地形方法，以減少開挖。欲充分利用路基寬度，路面邊線可繪至已加蓋邊溝上；谷側護欄則可考慮以橫梁置於路基，採半邊橋之懸臂式凸出之作法。

本次現勘邀請委員係當年擔任南部橫貫公路西段工程處幫工程司兼設計課長的葉前局長昭雄，提供其參與闢建南橫公路以來，多年觀察此路段的豐富實務經驗，以及大地工程領域專家吳委員文隆提供的建議，指出災修復建工程常見致災原因及復建對策，可做為未來各工程單位對橋梁、邊坡、排水、隧道、水土保持工程等類似的復建工程進行規劃及施工之參考，藉此提點出災修工程常見的問題，瞭解現地災害情形及找出致災原因，期望能事先防範減少重複發生，並於規劃設計階段即能預先避免未考慮周全之處。

## 溫度變化對瀝青混凝土品質之影響程度探討

黃三哲\*、呂怡廷\*\*、許琦\*\*\*

### 摘要

本研究是依據瀝青混凝土配合設計馬歇爾法決定瀝青含油量，接著依據配合設計之建議級配及瀝青含油量準備試樣，以改變七種不同夯壓溫度（80°C~180°C）各製作三個馬歇爾試體，藉此量測不同溫度夯實對於瀝青混凝土之鋪面單位重、壓實度、空隙率、穩定值、流度值、粒料間空隙率（VMA）及瀝青填充空隙率（VFA）的物理性質變化情形並探討溫度和物理性質變化之相關性。研究結果顯示(1)單位重與壓實度隨夯壓溫度提高而增加且相關係數高達 98%及 96%，(2)空隙率  $V_a$  值與粒料間空隙率 VMA 值隨夯壓溫度提高而減少，其負相關係數亦高達 94%及 97%，(3)穩定值與夯壓溫度關係具有高度正相關其相關係數高達 96%以上，(4)流度值和夯壓溫度相關係數僅 13%表示流度值並不會受夯壓溫度改變而有相關影響，(5)瀝青填充空隙率 VFA 與夯壓溫度具有高度正相關性其相關係數為 91%，但夯壓溫度低於建議夯壓溫度則無法達到最低需求之瀝青填充空隙率。本研究使用針入度為 60-70（AC-20）之瀝青膠泥，發現夯壓溫度小於 133°C 及大於 170°C 將無法滿足瀝青混凝土馬歇爾設計法所要求之物理性質規範值。當瀝青混凝土路面施工以紅外線熱影像測溫儀（AVIO TVS-200）攝影可觀察到路面鋪設時常發生溫度析離現象，我國現行施工規範並無何種程度溫度析離必須及時改善之規定，但由本研究得知滾壓溫度變化會影響瀝青混凝土物理性質，如發生溫度析離將會造成瀝青混凝土路面品質不均勻進而影響使用壽命。

關鍵詞：溫度析離、粒料間空隙率（VMA）、瀝青填充空隙率（VFA）、紅外線熱影像測溫儀

### 一、前言

現今在國內最常用於鋪面工程的路面材料為熱拌瀝青混凝土（Hot Mix Asphalt Concrete，HMA），而析離（Segregation）為瀝青混凝土在生產過程、運送或鋪築時發生

\* 公路總局材料試驗所所長、國立高雄應用科技大學土木科技研究所 博士候選人

\*\* 公路總局材料試驗所路面課 R 值試驗室 室長

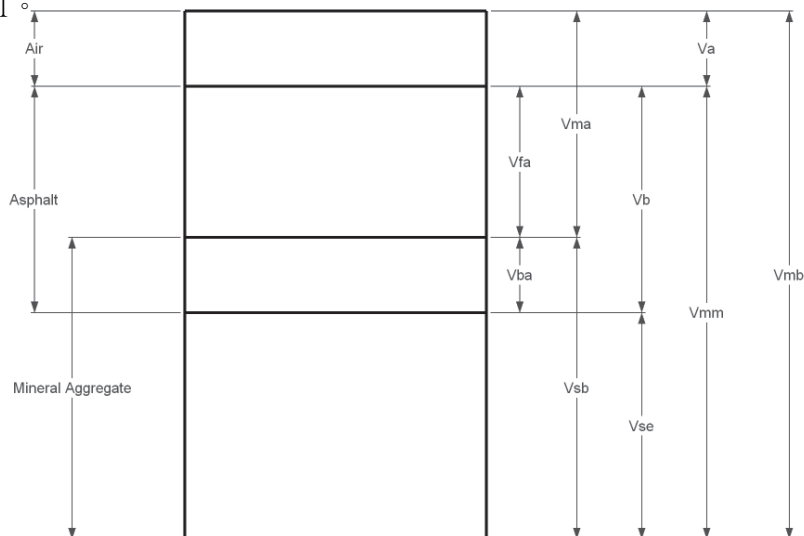
\*\*\* 國立高雄應用科技大學土木科技研究所 教授



且為最容易影響鋪面品質的重要因素之一，析離主要有兩種類型-粒料析離和溫度析離。粒料析離可以目視法檢測、熱影像儀技術分析法[1]及紋理分析法等研判析離程度，國內已有相當研究。然而對於溫度析離卻缺乏其產生後對於鋪面品質影響之相關研究，因此鋪面在鋪築時的影響品質之變因便產生難以評估控制的項目。

### 1.1 馬歇爾法所評估基本物理性質介紹

國內目前常用瀝青混凝土配合設計法為馬歇爾法，該法為美國密西西比州公路局 Bruce Marshall 所建立。該方法先是決定使用瀝青材料等級及粒料最大粒徑後，檢核材料基本物性是否符合規範要求[2]，此部分主要試驗項目有瀝青針入度、瀝青混凝土夯壓溫度及拌合溫度測定、粒料級配決定、粗細粒料比重。接下來為夯打製作圓柱試體，亦稱馬歇爾試體。重複上述步驟製作不同瀝青含油量之馬歇爾試體後，量測試體單位重、馬歇爾穩定值、VMA、馬歇爾流度值、空隙率 $V_a$ 及VFA，繪製上述物理性質與瀝青含油量關係圖，並由這些關係圖決定該批材料建議瀝青含油量。有關各種瀝青混凝土力學性質和體積有相關之計算可參考美國瀝青學會（AI）瀝青混凝土配比設計手冊（MS-2）之圖形如圖1。



- $V_{ma}$  = Volume of voids in mineral aggregate
- $V_{mb}$  = Bulk volume of compacted mix
- $V_{mm}$  = Voidless volume of paving mix
- $V_{fa}$  = Volume of voids filled with asphalt
- $V_a$  = Volume of air voids
- $V_b$  = Volume of asphalt
- $V_{ba}$  = Volume of absorbed asphalt
- $V_{sb}$  = Volume of mineral aggregate (by bulk specific gravity)
- $V_{se}$  = Volume of mineral aggregate (by effective specific gravity)

圖 1 參考 AI 之 MS-2 圖形

## 1.2 瀝青混凝土與夯壓溫度相關文獻研究

在1951年Fink和Lettier的研究[3]論及夯壓溫度與馬歇爾試體關係時，試驗發現夯壓溫度對試體單位重幾乎沒有影響；當夯壓溫度增加時，穩定值隨之增加；流度值則不受夯實溫度影響而是幾乎由瀝青含量所控制。他們研究提出的結論是：「如果夯壓溫度大於黏合劑（例如：瀝青等）軟化點時，黏合劑對於試體穩定值及流度值影響不大」。然而在另一則研究，1950年Parker[4]實驗，以馬歇爾試體夯壓溫度範圍從100°F（38°C）到350°F（190°C），其間距為25°F 製作11組樣品。結果顯示，夯壓溫度275°F（135°C）以上之試體單位重十分相近，而夯壓溫度在275°F（135°C）~150°F（66°C）時對應試體單位重成線性減少。當夯壓溫度150°F（66°C）以下，試體單位重明顯下降。在2002年Mrawira和Luca[5]，以及2003年Gudimettla等人[6]的研究指出瀝青對溫度變化十分敏感，因瀝青分子脆弱的化學鍵會在不同溫度下改變，溫度下降時瀝青黏滯度會大幅上升以致於失去工作性，因而無法將鋪面壓實至理想的壓實度影響鋪面之整體績效。

在2004年潘厚志碩士論文[7]研究指出VMA的變化對於瀝青混凝土間接張力之影響相當顯著，且隨著VMA的提高，瀝青混凝土間接張力隨之變小。2012年6月唐海霞[8]文章顯示當夯製馬歇爾試體夯壓溫度，溫度偏差大於15°C時會導致試體抵抗水損害性能及鋪面均勻性降低。足見溫度之變化對於瀝青混凝土的各種力學性質是具有相當程度的影響。

## 二、研究目的

目前國內熱拌瀝青混凝土設計參照瀝青混凝土馬歇爾法設計，控制瀝青混凝土單位重、穩定值、流度值、空隙率（Volume of air Voids,  $V_a$ ）、瀝青填充空隙率（Volume of voids filled with asphalt, VFA）及瀝青用量，找出建議含油量及級配比例，進而控制瀝青混凝土品質。馬歇爾試體製作過程中，夯壓溫度為重點控制試驗條件，但現場施工發生溫度析離時，鋪面品質會受何種程度之影響？希望藉由改變夯壓溫度瞭解馬歇爾試體在不同溫度下夯實之物理性質的變化及影響程度，建立不同夯壓溫度對應瀝青混凝土物理性質之改變模式，藉由該關係以為將來檢測工地現場鋪裝瀝青混凝土發生溫度析離時，辨識路面析離程度評估之參考。

## 三、研究方法

### 3.1 研究流程

先是依據瀝青混凝土配合設計馬歇爾法決定瀝青含油量，接著依據配合設計由建議級配及瀝青含油量準備試樣，改變不同夯壓溫度來製作馬歇爾試體，藉此模擬溫度離析時鋪面的物理性質變化。研究流程如圖 2。

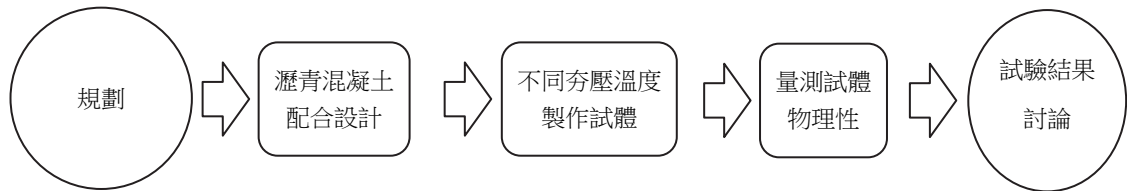


圖 2 研究流程

### 3.2 材料基本物理性質

本研究粒料配合比如表 1：

表 1 粒料配合比

試驗篩號 (mm)	25	19	12.5	9.5	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075
累積過篩百分比 (%)	100	99.3	75.7	65.6	45.3	31.8	17.0	11.4	6.8	4.6

本研究配合設計所建議瀝青混凝土物理性質如表 2：

表 2 配合設計所建議瀝青混凝土物理性質

瀝青混凝土試體性質		使用瀝青性質	
試體密度 (kg/m <sup>3</sup> )	2346	針入度分級	60~70
穩定值 (kgf)	1280	瀝青含量 (對混合料)	4.8%
流度值 (0.25mm)	12.4	瀝青比重	1.040
粒料間空隙率 (V.M.A., %)	14.5		
瀝青填充率 (V.F.A., %)	70		
空隙率 (Va, %)	4.4		

本研究粒料物理性質如表 3：

表 3 配合設計所使用粒料物理性質

粒料種類	拌和比 (%)	烘乾容積比重
6分	13	2.643
3分	25	2.634
2分	26	2.617
砂	33	2.642
填縫料 (石灰)	3	2.309 (視比重)
	平均比重	2.622
	有效比重	2.647
	二個以上破碎面破碎顆粒	90.8 %
	磨損率	19.2 %
	含砂當量	82 %



吸油率	0.4 %
扁長率（粗料顆粒長對厚比）	>3
填縫料	LL=NP. ; PI=NP

本研究瀝青物理性質如表 4：

表 4 配合設計所使用瀝青物理性質

試驗項目	試驗數值	備註
針入度	67	0.1mm ( 25°C , 100g , 5 sec )
60°C 黏度	1980 poises	1948 Stokes
135°C 黏度	364 cP	相當於動黏度 375 cSt
拌和溫度	149~155°C	
夯壓溫度	139~143°C	

#### 四、試驗結果與討論

本研究依據馬歇爾配比設計法結果採用相同之粒料配比和含油量，分別規劃以 80°C、100°C、120°C、140°C、150°C、170°C 及 180°C 七種溫度各夯製三個馬歇爾試體，其物理性質和分析結果敘述如后。

##### 4.1 馬歇爾試體物理性質之試驗結果

本研究不同夯壓溫度夯製之馬歇爾試體各種物理性質試驗資料如表 5，經整理實際測得夯實平均溫度分別以 80°C、100°C、120°C、135°C、150°C、170°C 及 180°C 七組並取各種物理性質平均值後，整理如表 6 所示。

表 5 不同夯壓溫度夯製馬歇爾試體之物理性質試驗數據資料

預定夯實溫度	80°C			100°C			120°C		
試樣編號	3-1	3-2	3-3	4-1	4-2	4-3	5-1	5-2	5-3
夯實溫度°C	82.8	81.5	79.0	106.4	95.9	102.2	122.1	119.1	121.1
25°C 容積密度 kg/m <sup>3</sup>	2323	2311	2291	2330	2341	2334	2335	2337	2346
	2308.3			2335.0			2339.3		
穩定值 kN	9.74	9.56	7.39	11.00	10.53	11.04	11.50	11.43	11.65
流度值 0.25mm	11.9	12.7	13.7	11.7	13.9	10.6	12.3	11.8	10.0
空隙率%	6.58	6.54	7.59	5.81	5.60	5.62	5.67	5.81	5.45

預定夯實溫度	140°C			150°C			170°C		
試樣編號	N-1	N-2	N-3	6-1	6-2	6-3	2-1	2-2	2-3
夯實溫度°C	130.6	133.4	137.6	153.0	151.9	151.1	168.3	168.6	165.4
25°C容積密度 kg/m <sup>3</sup>	2338	2367	2370	2363	2360	2368	2360	2380	2386
	2358.3			2363.7			2375.3		
穩定值 kN	11.99	15.60	13.08	11.72	14.15	15.19	15.98	18.75	15.98
流度值 0.25mm	15.5	14.2	12.3	8.0	12.6	11.4	12.1	11.8	12.2
空隙率%	5.33	4.53	4.37	4.76	5.05	4.57	5.49	4.44	4.08

預定夯實溫度	180°C			—			—		
試樣編號	7-1	7-2	7-3	—	—	—	—	—	—
夯實溫度°C	181.1	182.1	176.6	—	—	—	—	—	—
25°C容積密度 kg/m <sup>3</sup>	2391	2404	2385	—	—	—	—	—	—
	2393.3			—			—		
穩定值 kN	18.79	19.36	18.72	—	—	—	—	—	—
流度值 0.25mm	12.1	12.2	13.4	—	—	—	—	—	—
空隙率%	4.02	3.54	4.24	—	—	—	—	—	—

表 6 不同夯壓溫度夯製馬歇爾試體之物理性質試驗結果

夯壓 溫度 °C	單位重 kg/m <sup>3</sup>	壓實度 %	理論密度 kg/m <sup>3</sup>	空隙率 %	穩定值 kN	流度值 0.25mm	V.M.A. %	V.F.A. %	瀝青回 收黏度 Posies
80	2308.3	98.4	2479.5	6.9	8.9	12.8	15.6	55.8	4630
100	2335.0	99.5	2475.5	5.68	10.86	12.1	14.4	60.6	4620
120	2339.3	99.7	2479.2	5.64	11.53	11.4	14.5	61.1	4756
135	2358.3	100.5	2475.8	4.74	13.56	14	13.8	65.7	7170
150	2363.7	100.8	2482.7	4.79	13.69	10.7	13.6	64.8	5566
170	2375.3	101.2	2491.6	4.67	16.9	12.1	13	64.1	7906
180	2393.3	102.0	2491.4	3.93	18.96	12.6	12.7	69.1	14600

#### 4.2 夯壓溫度與單位重關係分析

由圖 3 馬歇爾試體夯壓溫度與單位重關係圖，單位重隨著溫度升高而增加，其相關係數高達 98%，表示本研究夯壓溫度與單位重關係具有高度正相關性。藉由夯壓溫度與單位重關係求得線性迴歸方程式，如下式所示。 $y = 0.7626x + 2251.5$ ； $R^2 = 0.9669$ ，表示以線性模型來描述夯壓溫度與單位重之間的關係表現甚佳。

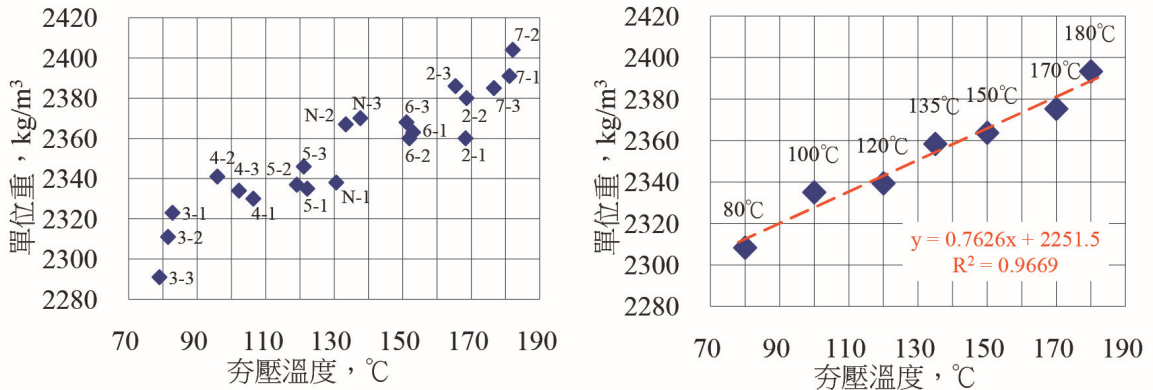


圖 3 馬歇爾試體夯壓溫度與單位重（左圖試驗數據，右圖平均值）關係圖

#### 4.3 夯壓溫度與壓實度關係分析

壓實度以試體平均比重除以標準試體比重計算。本研究標準試體採用該馬歇爾配合設計建議試體比重，試驗完成後夯壓溫度與壓實度關係圖如圖 4。

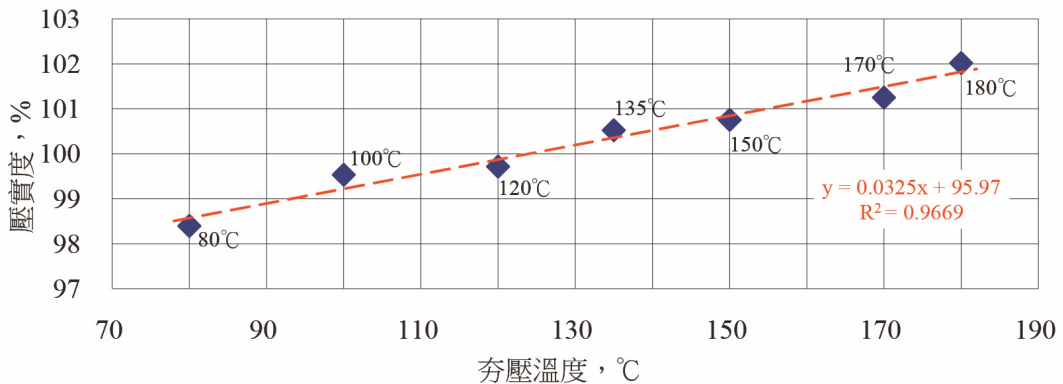


圖 4 馬歇爾試體夯壓溫度與壓實度關係圖

藉由夯壓溫度與單位重關係求得線性迴歸方程式，如下式所示。 $y = 0.0325x + 95.97$ ； $R^2 = 0.9669$ ，表示以線性模型來描述夯壓溫度與壓實度之間的關係表現甚佳。由圖 4 可發現夯實溫度差異對壓實度有影響，過低可能造成不易壓實，過高產生過壓密將不符合交通部公路總局施工說明書[2]之要求。



#### 4.4 夯壓溫度與空隙率 Va 關係分析

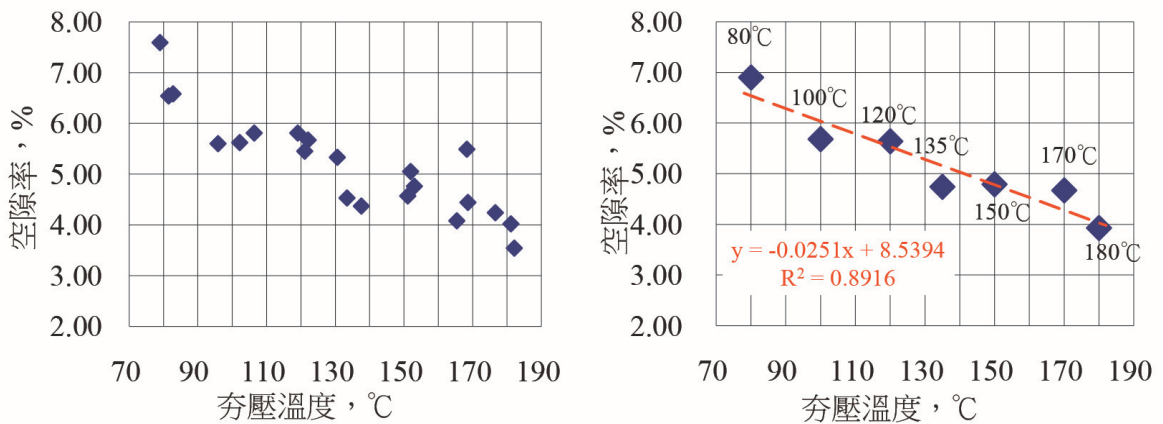


圖 5 馬歇爾試體夯壓溫度與空隙率（左圖試驗數據，右圖平均值）關係圖

馬歇爾試體夯壓溫度與空隙率關係如圖 5，空隙率隨夯實溫度增高而降低。藉由夯壓溫度與空隙率關係求得線性迴歸方程式，如下式所示。 $y = -0.0251x + 8.5394$ ； $R^2 = 0.8916$ ，表示以線性模型來描述夯壓溫度與空隙率之間的關係表現甚佳。馬歇爾配合設計法規範規定空隙率 3~5%。由圖 5 可看出夯壓溫度低於 120°C 時，空隙率已大於 5%明顯超出規範要求。

#### 4.5 夯壓溫度與穩定值關係分析

馬歇爾試體夯壓溫度與穩定值關係如圖 6，藉由夯壓溫度與穩定值關係求得線性迴歸方程式，如下式所示。 $y = 0.0935x + 0.9906$ ； $R^2 = 0.9459$ ，表示以線性模型來描述夯壓溫度與穩定值之間的關係表現甚佳。施工說明書規定[2]穩定值  $\geq 817\text{kgf}$  ( $\approx 8.0\text{kN}$ )，由圖 6 顯示溫度離析對穩定值有影響，溫度低於 80°C 時穩定值已超出規範規定。

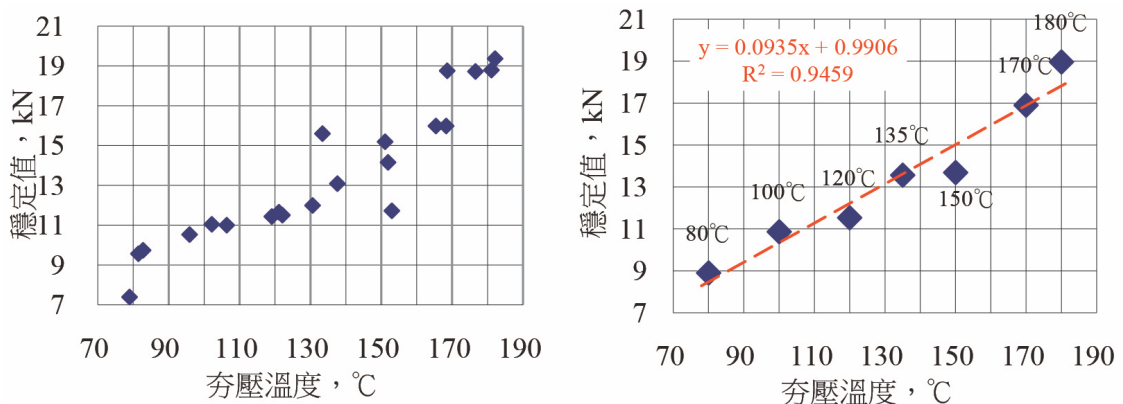


圖 6 馬歇爾試體夯壓溫度與穩定值（左圖試驗數據，右圖平均值）關係圖

#### 4.6 夯壓溫度與流度值關係分析

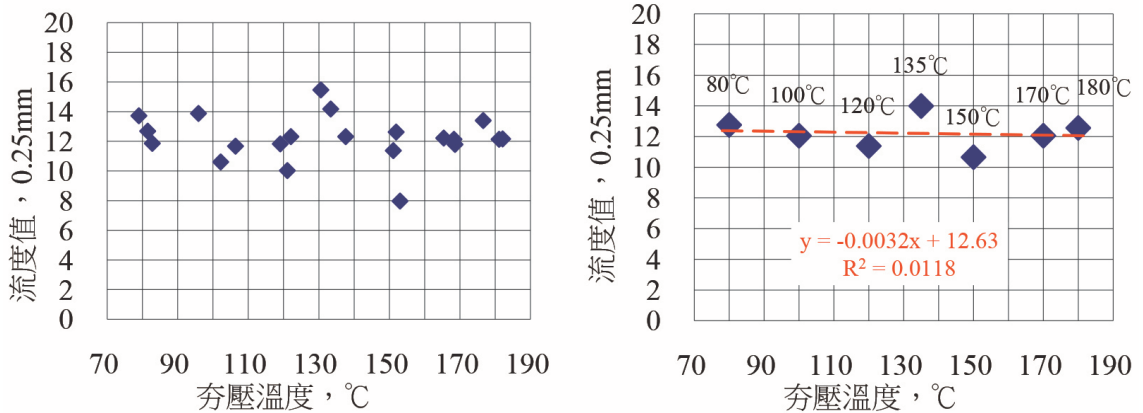


圖 7 馬歇爾試體夯壓溫度與流度值（左圖試驗數據，右圖平均值）關係

藉由夯壓溫度與流度值（0.25mm）關係求得線性迴歸方程式，如下式所示。 $y = -0.0032x + 12.63$ ； $R^2 = 0.0118$  表示以線性模型來描述夯壓溫度與流度值之間的關係表現不適當。施工說明書[2]規定流度值（0.25mm）介於 8~14，由圖 7 顯示夯製試體時溫度變化對流度值並無影響。

#### 4.7 夯壓溫度與粒料間空隙率 VMA 關係分析

夯壓溫度與粒料間空隙率 VMA 關係如圖 8，藉由夯壓溫度與 VMA 關係求得線性迴歸方程式，如下式所示。 $y = -0.0264x + 17.47$ ； $R^2 = 0.9482$ ，表示以線性模型來描述夯壓溫度與 VMA 之間的關係表現甚佳。施工說明書[2]規定 VMA 大於  $\geq 13$ ，由圖 8 顯示夯壓溫度越高反而會降低 VMA 之值。

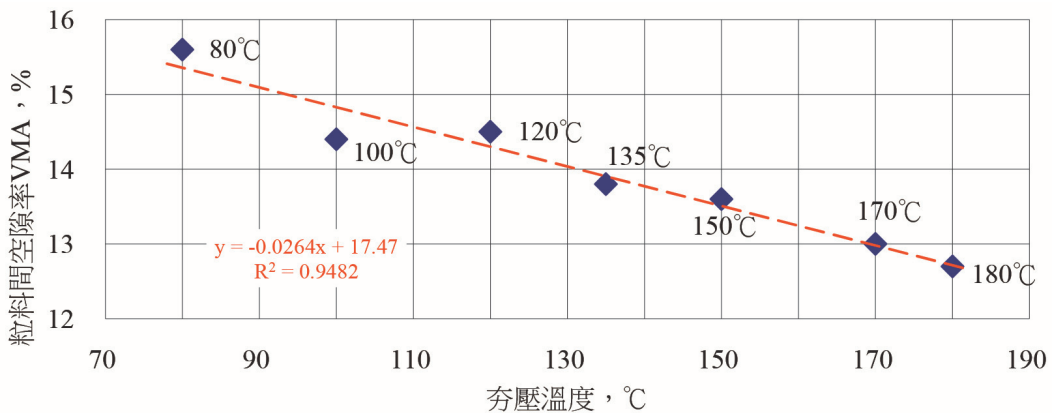


圖 8 馬歇爾試體夯壓溫度與 VMA 關係

#### 4.8 夯壓溫度與瀝青填充空隙率 VFA 關係

瀝青填充空隙率  $VFA = (VMA - V_a) / VMA$ ，藉由夯壓溫度與 VFA 關係求得線性迴歸方程式，如下式所示。 $y = 0.1069x + 48.716$ ； $R^2 = 0.8257$ ，表示以線性模型來描述夯壓溫度與 VFA 之間的關係表現甚佳。施工說明書規定 VFA 介於 65~75，由圖 9 顯示溫度低於建議夯壓溫度（本研究為介於 139°C~143°C）時，VFA 會有不足之現象。

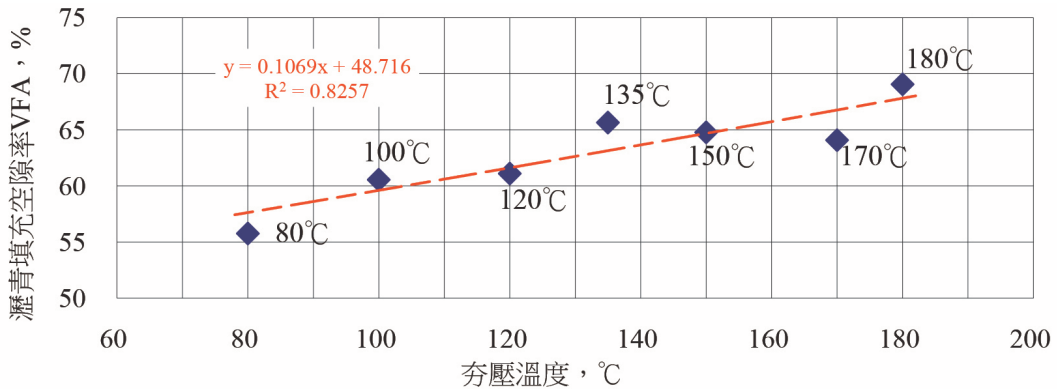


圖 9 馬歇爾試體夯壓溫度與 VFA 關係

#### 4.9 夯壓溫度與瀝青回收黏滯度關係

馬歇爾試體夯壓溫度與瀝青回收黏滯度關係如圖 10，藉由夯壓溫度與瀝青回收黏滯度關係求得線性迴歸方程式，如下式所示。 $y = 75.59x - 3061.3$ ； $R^2 = 0.5891$ 。目前施工說明書規定新料瀝青混凝土之瀝青回收黏滯度允收不得超過 5,000poises $\pm 70\%$ ，由圖 10 顯示溫度高於 153°C 時，瀝青回收黏滯度會超過允收範圍。

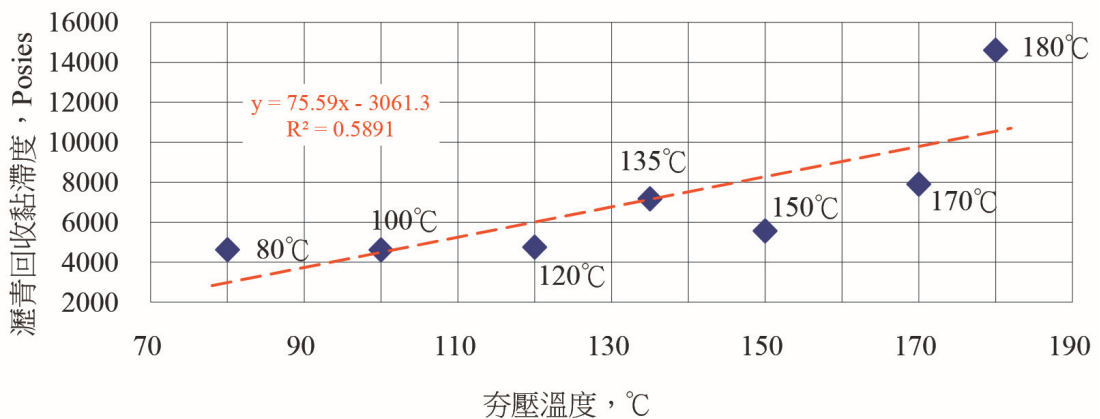


圖 10 馬歇爾試體夯壓溫度與瀝青回收黏滯度關係



#### 4.10 最適宜夯實溫度範圍

本研究使用針入度為 60-70 瀝青膠泥，試驗夯實溫度範圍為 80°C 至 180°C，所分析物理性質和溫度變化之關係如前述各節。將各物理性質之線性回歸式代入規範標準值求得馬歇爾法設計 Va、VMA、VFA、瀝青回收黏滯度、流度值及穩定值之上下限溫度。計算式及結果詳如表 7。再以夯實溫度作為橫坐標，以物理性質項目為縱座標，將各物理性質之符合規範標準值之夯實溫度範圍以直條圖繪製如圖 11，發現本研究馬歇爾試體最適宜夯壓溫度範圍為 133°C-153°C 之間，此與在馬歇爾配比設計時要求夯實最小溫度值 139°C 相當。

表 7 物理性質符合規範標準之溫度範圍計算表

規範標準值[2]	線性迴歸方程式	下限溫度	上限溫度
瀝青回收黏滯度 5,000poises±70%	$y = 75.59x - 3061.3$	80	153
Va 介於 3%-5%	$y = -0.0251x + 8.5394$	131	180
穩定值 ≥ 8.0kN	$y = 0.0935x + 0.9906$	80	180
流度值介於 8~14	$y = -0.0032x + 12.63$	80	180
VMA ≥ 13	$y = -0.0264x + 17.47$	80	170
VFA 介於 65~75	$y = 0.1069x + 48.716$	133	180

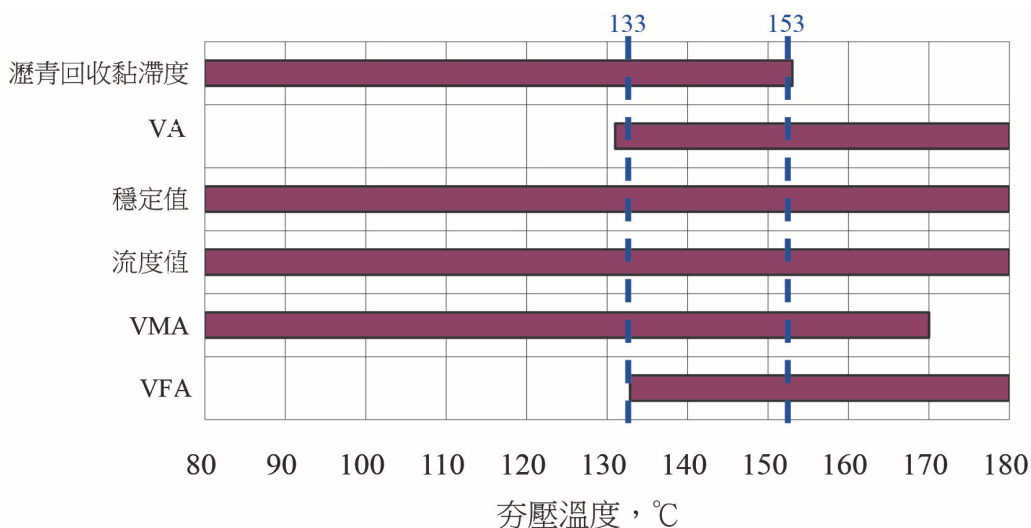


圖 11. 本研究馬歇爾試體最適宜夯壓溫度範圍

#### 4.11 瀝青混凝土鋪設溫度析離現象

在研究調查時發現由於國內並無對溫度析離有相關之規範限制，故施工過程中是經常發生溫度析離現象，以紅外線熱影像測溫儀（AVIO TVS-200）攝影[9]發現瀝青混凝土運輸料車到達現場由於運送及等待造成瀝青混凝土表面和內部溫度差異（如圖 12 左

圖)，經過鋪裝機攪拌鋪設過程中若無法完全將不同溫度的粒料充分混和，將導致鋪築後會產生局部鋪面的溫度過低，(如圖 12 右圖) 所示。由紅外線影像圖發現有溫度差異有的已經高達 21℃ 以上。依據美國國家瀝青試驗中心 (NCAT) 推薦的溫度析離判定標準如表 8，已屬於嚴重的重度溫度析離現象。

鋪築機如再因等待料車而停止鋪築一段時間，待新的料車抵達後再行鋪築，將導致鋪築接縫處的兩端溫度差異甚大，研究某路段溫度析離現象時發現藉由溫度析離分析軟體分析結果顯現無溫度析離以及輕度溫度析離僅佔少數各占總路面的 1.79% 及 6.56%，而中度溫度析離及重度溫度析離則占總路面高達 19.06% 及 72.60%，辨識結果顯示此段路面的溫度分布百分比比較大的為” 重度溫度析離” [10]。故由熱影像圖可得知鋪築機在鋪築過程是否有做到連續且不間斷的鋪築，是影響路面是否會產生溫度析離的一大主因。溫度析離會造成工作性不佳，難以達到預期的壓實程度，局部的鋪面狀況其孔隙率過大且平整度不佳，影響到鋪面的整體品質績效。

表 8 NCAT 溫度析離標準

評定條件	輕度	中度	重度
混合料溫度差 (°C)	11 ~ 16	17 ~ 21	> 21

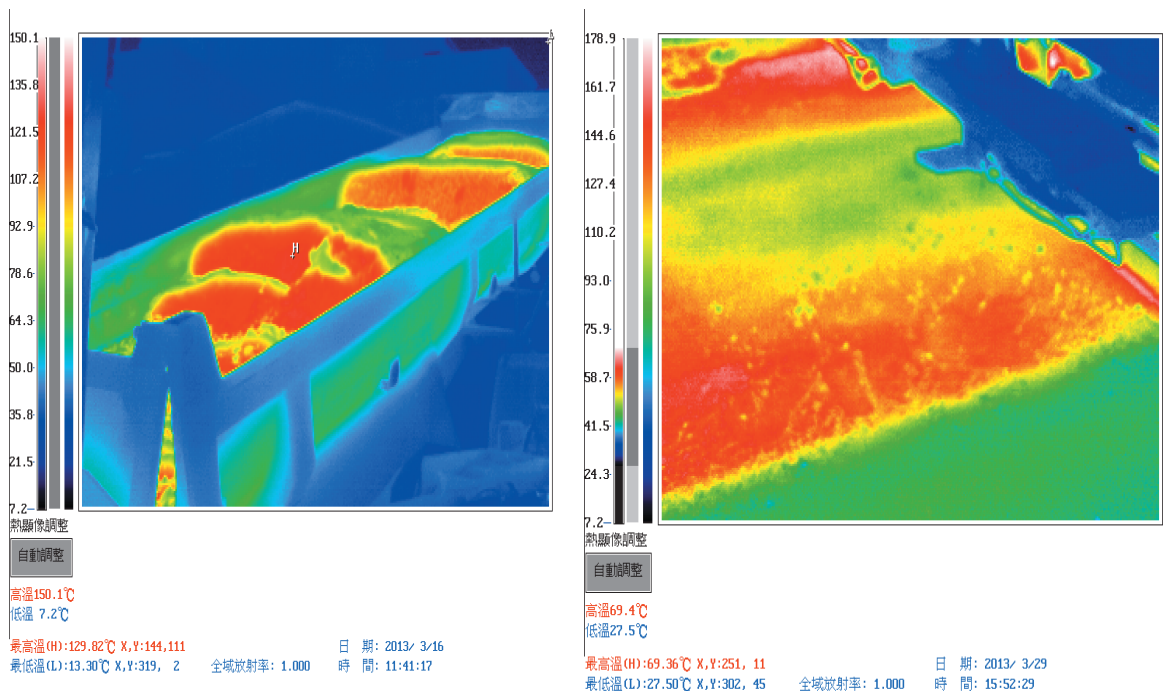


圖 12 瀝青料車的表面與內部溫度差異 (左圖) 鋪裝機鋪料溫度差異 (右圖)

## 五、結論

- 1.從夯壓溫度與單位重及壓實度關係分析，以馬歇爾法夯製試體夯壓溫度降至 80°C 時，壓實度都可符合規範標準，但溫度高時施工考慮壓實度過高而超出標準值。
- 2.由夯壓溫度與空隙率關係分析，當夯壓溫度低於 120°C 時，由於溫度降得過低使瀝青黏滯度升高，無法緊密夯實造成夯製試體之空隙率有過大趨勢。
- 3.夯壓溫度與穩定值關係圖，顯示夯壓溫度越高，試體所能提供穩定值越大，但是夯壓溫度低於 80°C 時，穩定值已無法達到最低需求。另從夯壓溫度與流度值關係圖，顯示開始夯壓時溫度變化與流度值相關性不大。
- 4.夯壓溫度與粒料間空隙率 VMA 關係成反比負相關，因為 VMA 設計需求原則為越大越好，夯壓溫度越低反而得到較佳之 VMA 值，夯壓溫度越高反而會降低 VMA 之值。而夯壓溫度與瀝青填充空隙率 VFA 關係，由圖形顯示夯壓溫度越高，瀝青填充空隙所佔比例越高，溫度低於建議夯壓溫度時(本研究為介於 139°C~143°C)，VFA 會有不足之現象。
- 5.以上各圖綜合判斷，推估瀝青混合料夯製時，夯壓溫度越低時，導致包裹瀝青黏滯度越大，此效應導致現象夯製後試體孔隙率比設計時大(本研究數據顯示，當夯壓溫度低於 120°C 時，試體空隙率會大於 3~5%設計範圍)，所以使得 VMA 值變大，VFA 值變小。

本研究顯現當夯壓溫度低於 120°C 時雖然壓實度可以符合規範要求，然而其孔隙率  $V_a$  已經大於規範最大值 5%，如更甚夯實溫度下降至 80°C 將造成抗車轍能力的指標穩定值低於規範值 ( $\geq 817\text{kgf}$ )。工地初壓應依馬歇爾配比設計建議溫度辦理，夯壓溫度如低於馬歇爾配比設計時所建議夯壓之溫度將造成瀝青填充率 VFA 不足。故在瀝青混凝土路面鋪裝時對於滾壓時溫度不均勻所造成之溫度析離會嚴重影響瀝青混凝土路面品質，如何在瀝青混凝土路面鋪裝施工滾壓過程及時發現溫度析離並加以改善以維持路面之良好績效，將是值得繼續探討之議題。

## 參考文獻

1. 紀卉珊，“應用熱影像儀技術檢測實驗室瀝青混凝土析離之研究”，國立高雄第一科技大學碩士論文，2010 年，7 月。
2. 交通部公路總局，施工說明書，2012 年 10 月。
3. Fink, D.F. and J.A. Lettier, “Viscosity Effects in the Marshall Stability Test”, Illinois, 1951。
4. Parker, “Use of Steel-Tired Rollers”, Highway Research Board Bulletin No. 246, Highway Research Board, National Research Council, Washington D.C., 1950。
5. Mrawira, M.D., Luca, J.,” Thermal Properties and Transient Temperature Response of

- Full-Depth Asphalt Pavements,” Transportation Research Record , n 1809, pp.160-171 , 2002 。
6. Gudimetta, J. M., Cooley, L. A., Jr. and Brown, E. R., Workability of Hot Mix Asphalt, National Center for Asphalt Technology Report 03-03, National Center for Asphalt Technology Auburn University, AL, April.2003 。
  7. 潘厚志, “VMA 變化對於瀝青混凝土成效之影響”國立成功大學碩士論文, 2004 年 7 月。
  8. 唐海霞, “馬歇爾試件離析的影響因素及預防措施”, 中國科技視界 16 期, 2012 年 6 月。
  9. 孫禾穎, 黃三哲, 許琦, “以紅外線熱影像檢測 AC 鋪面析離程度之研究”2013 工程永續與土木防災研討會, 義守大學, 2013 年, 6 月。
  10. 孫禾穎, “以紅外線熱影像檢測 AC 鋪面析離程度之研究”國立高雄運用科技大學碩士論文, 2013 年, 8 月。





# 臺灣公路工程

編者：臺灣公路工程編輯委員會  
地址：10863 臺北市萬華區東園街65號  
電話：(02) 2307-0123 轉 8108  
網址：<http://www.thb.gov.tw/> 出版薈萃  
編者：臺灣公路工程編輯委員會  
出版年月日：中華民國104年6月15日  
創刊年月日：中華民國41年11月11日  
刊期頻率：每月15日出刊  
本期定價：新臺幣30元  
展售處：

## 五南文化廣場

地址：40042 臺中市中山路6號  
電話：(04)2226-0330

## 國家書店松江門市

地址：10485 臺北市中山區松江路209號1樓  
電話：(02)2518-0207 (代表號)  
國家網路書店：<http://www.govbook.com.tw>

## 三民書局

地址：10045 臺北市重慶南路一段61號  
電話：(02)2361-7511  
印刷者：彩之坊科技股份有限公司  
地址：23558 新北市中和區中山路2段323號  
中華民國104年6月初版一刷

GPN:2004100003

ISSN:1812-2868

著作財產權：交通部公路總局

欲利用本刊全部或部分內容者，須徵求本局同意或  
書面授權。請洽臺灣公路工程月刊社  
(電話：(02)2307-0123轉8108)

行政院新聞局出版事業登記證局版北市誌字第1360號  
臺灣郵政北臺字第○七三八號執照登記為新聞紙類(雜誌)交寄  
臺灣郵政劃撥儲金帳戶10286620號  
中華民國雜誌事業協會會員

ISSN 1812-2868



9 771812 286005

**GPN:2004100003**

本期定價新臺幣 30元  
半年新臺幣150元  
全年新臺幣300元  
軍人及學生訂閱半價優待