

ISSN:1812-2868

臺灣公路工程

第 44 卷 第 5 期

〈每月 15 日出刊〉



TAIWAN HIGHWAY ENGINEERING

Vol. 44 No.5 May. 2018

交通部公路總局

中華民國 107 年 5 月 15 日



封 面 說 明

台61線七股至三股段
西濱最美的海岸公路

王富生 提供



臺灣公路工程

TAIWAN HIGHWAY ENGINEERING

中華民國 41 年 11 月 11 日創刊

第 44 卷 第 5 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

陳 彥 伯

社長

許 鈺 漳

總編輯

陳 敬 明

總幹事

李 崇 堂

編輯

賴常雄 陳進發

鄧文廣 李忠璋

黃三哲 何鴻文

蔡宗成 薛讚添

陳營富 陳嘉盈

林清洲 李順成

陳松堂 吳昭煌

江金璋 邵厚潔

顏召宜

專題研究

臺灣北部河川粒料適用範疇之研究

..... 朱建東、邱瑞昌、黃榮波 (2)

實務報導

公路總局推動科技應用於山區公路養護管理階段成果分享

..... 陳進發 (26)

106 年金安獎

屏東潮州台 1 線高架橋工程金安獎經驗分享

..... 江金璋、余成鈺、林金輝 (40)

臺灣北部河川粒料適用範疇之研究

朱建東*、邱瑞昌**、黃榮波***

摘要

本研究針對臺灣北部河川（包含宜蘭、桃園及新竹等地區）產出粒料之物理性質進行試驗分析，並依據目前公共工程之水泥及瀝青混凝土對粒料之要求及應用特性進行探討，俾確認其適用範疇。

研究成果顯示，本研究取得之臺灣北部地區粒料大致符合 CNS 1240 規範標準，應可適用於一般水泥混凝土使用範疇，另若適當搭配 2 分石，應可作瀝青混凝土粒料使用。未來將持續針對中、南部粒料，進行相關研究探討。

關鍵字：粒料、臺灣北部粒料、河川粒料、河川砂石

一、前言

1.1 研究動機與目的

砂石粒料約佔水泥混凝土的體積 60~75%（重量約 70~85%），約佔瀝青混凝土體積 80%（重量約 90~95%），影響混凝土的性質甚大。而臺灣北部地區砂石產能不足，自給率偏低，且北部河川砂石多已禁採，現階段僅得以疏濬、整治及清淤方式取得。以 104 年為例，臺灣北部地區全年砂石需求量約 2,544 萬公噸，依產地區分，本地自給約佔 46%，進口及外地供應約佔 54%。若依來源區分，河川砂石約佔 21%，營建剩餘土石方約佔 24%，進口砂石約佔 45%（中國大陸為主），其它如礦區砂石等約佔 10%。

由於臺灣北部地區砂石粒料來源多元化，為瞭解各種來源粒料之營建用特性，本研究擬先針對臺灣北部河川（包含宜蘭、桃園及新竹等地區）產出粒料之物理性質進行試驗分析，並依據目前公共工程之水泥及瀝青混凝土對粒料之要求及應用特性進行探討，俾確認其適用範疇。

* 公路總局材料試驗所副所長

** 公路總局材料試驗所結構科科長

*** 公路總局材料試驗所副工程司

1.2 研究方法

本研究工作主要探討粒料之工程特性，囿於時間與人力限制無法全面採取粒料，主要取料來源為參與本局工程之拌合廠。試驗工作分為五大項進行：

1. 粗粒料物理性質試驗：包括粗粒料篩分析、比重、吸水率、洛杉磯磨損、健度、扁平及狹長指數等試驗。
2. 細粒料物理性質試驗：包括細粒料篩分析、含泥量、比重、吸水率、健度、水溶性氯離子含量等試驗。
3. 岩石鑽心單軸抗壓試驗：選揀大小合適的卵石，用岩石鑽心機抽取岩心進行抗壓試驗。
4. 水泥混凝土配比試驗：依不同料源進行配比設計、新拌混凝土試驗、製作混凝土圓柱試體，再分別進行7天及28天抗壓強度試驗。
5. 瀝青混凝土配比試驗：依不同料源進行馬歇爾配比設計及相關試驗，製作瀝青混凝土試體，再分別進行漢堡輪跡試驗（Hanburg Wheeltrack Test）等。

上述各項取樣與試驗工作依 CNS 或 ASTM 有關規定進行試驗，將試驗結果進行探討。

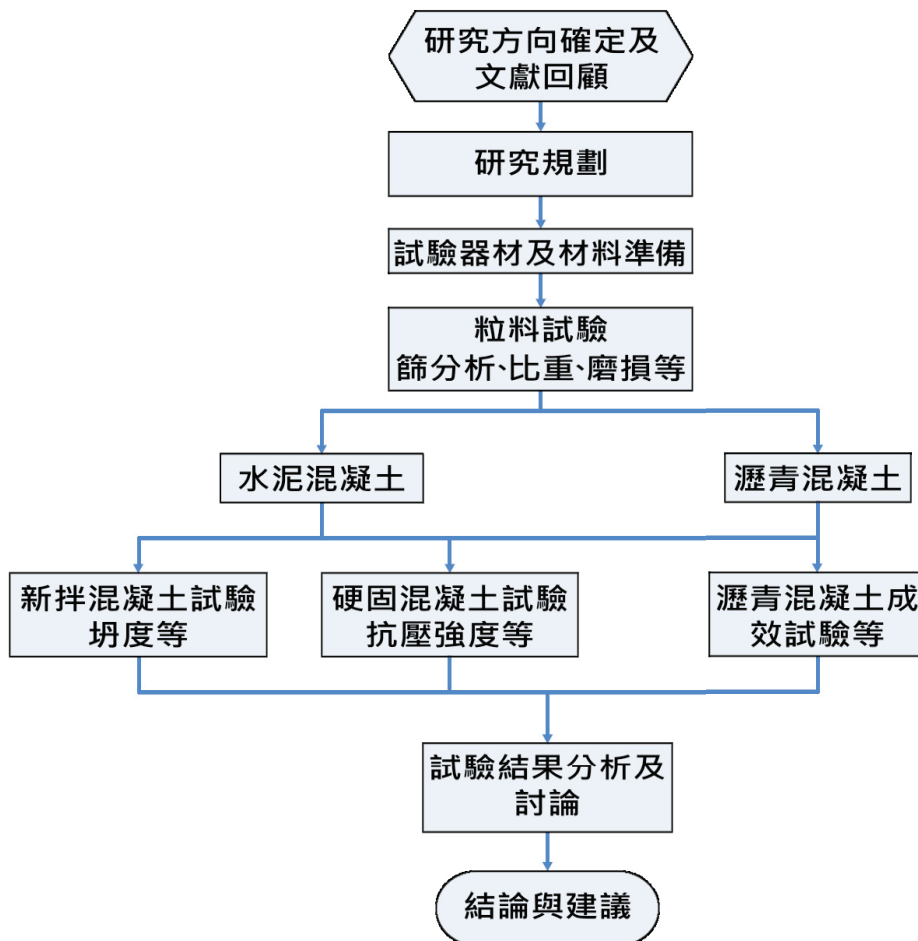


圖 1 研究流程

二、文獻回顧

2.1 臺灣地區砂石產銷供應鏈

臺灣地區目前砂石供應，主要有三個來源，分別為陸上砂石（含營建剩餘土石方、土石採取、礦區礦石及批註土石）、河川砂石（含水庫清淤、河川疏濬及野溪清疏）及進口砂石（圖 2）【1】。

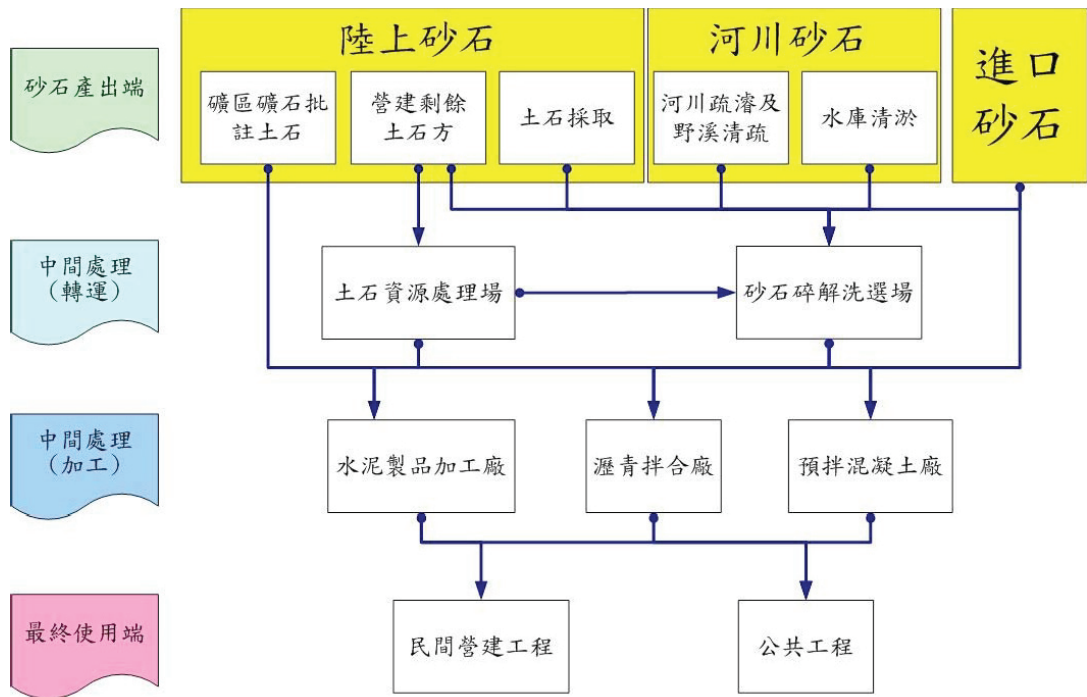


圖 2 臺灣砂石產銷供應鏈【1】

2.2 臺灣河川砂石來源概述

臺灣本島因地形狹長，南北長約 383 公里，東西最寬處僅 142 公里，中央山脈縱貫全境，大小溪流多以此為分水嶺，所有河川均坡陡流短，水流湍急，且溪源地質類多粘板岩砂岩層，每到五月至九月之颱風季節，由於上游洪流冲刷土石狂奔下游砂石隨山洪而下。各河川之輸沙量，略可分為二種，一為懸移質輸沙量，即在水中保持懸浮狀態之細泥沙及細礫為主。另一種為推移質輸沙量，又可分為沿河床滾動及移動之大塊礫石及卵石之滾動質，與沿河床踏躍縱行之沙土。普通砂石業者之採取對象是為推移質輸沙量中之砂石，而生成砂石與生成砂礫之岩石種類有差別，並在各地地方有顯著之不同【2】。

2.3 過去相關研究結果

2.3.1 「臺灣主要河川粗骨材資源、岩性及巨觀工程性質之探討」【3】

該研究主要討論範圍包括臺灣河川粗骨材資源分佈、礦物組成、潛在耐久性、巨觀工程性質，以及由相應河川粗骨材調製成的混凝土性質。

該研究中指出，臺灣西部河川流域之構成地層為第三世紀的泥質沉積物，受到相當程度變堅和變質作用，而成為西部較新地層中碎屑物質之主要來源。大部分沉積物是深灰及灰黑色劈理良好的硬頁岩、板岩、千枚岩及變硬泥岩等；其中夾有砂岩層與質地堅緻之硬砂岩，以近似圓形砂石者居多。河川砂石粒徑由上游向下游呈遞減趨勢，河床砂石呈層狀變化。野外調查顯示臺灣主要河川骨材岩性與其集水區露顯岩盤一致，大漢、頭前溪以石英岩和混濁砂岩礫為主；中部之大安、大甲、大肚及濁水溪，以石英岩礫為主；南部地區之高屏溪以石英岩、板岩礫為主；東部地區之蘭陽溪、木瓜溪、花蓮溪、秀姑巒溪、卑南大溪等則以片岩、板岩、頁岩、大理石、蛇紋岩及變質石灰岩礫等為主。臺灣主要河川之粗細骨材品質一般均合乎要求，惟粒形有所差異。

耐磨性為骨材受磨損（Friction）及揉搓（Rubbing）時抵抗破損的能力，破損現象通常多發生於骨材製造堆積及拌合混凝土時。一般普通混凝土之水泥漿，其水灰比高，耐磨性之能力較低，故抵抗磨損主要依靠骨材特性。粗骨材之岩質以石英、砂岩及質地緻密之火山岩，抵抗磨損能力較大。通常粗骨材之磨損抵抗用洛杉磯試驗法（CNS 1240）加以測定，而以磨損率表示，其值愈低表示強度愈高。北部地區骨材磨損率約 18.3~26.2%，中部地區約 21.8~25.0%，南部地區約 22.6~35.6%，東部地區約 27.6~39.8%。

吸水率（Adsorption Capacity）隨骨材風化狀態、裂隙多寡、孔隙多少及骨材種類、成分等而異，通常沉積岩孔隙大其吸水率較大，一般可藉助吸水率間接量測孔隙率以推測粗骨材之緻密性與耐久性。試驗結果，本島河川粗骨材吸水率均小於 2%。

混凝土配比設計，骨材之比重以面乾飽和狀態為主，依面乾飽和比重可計算所需水泥與粗細骨材之材料重量。骨材之面乾飽和比重，粗骨材約 2.55~2.70，細骨材約為 2.50~2.65，以大於 2.55 者較佳，比重大者，吸水率較小，成份緻密，耐久性佳。試驗結果，北部地區骨材比重約 2.53~2.64，中部地區約 2.60~2.67，南部地區約 2.51~2.67，東部地區約 2.53~2.71。

普通混凝土中粗骨材之強度常較水泥砂漿強度及界面區（Transition Zone）楔合力來得大，故其對混凝土強度之影響並不若想像大，反而以水灰比為混凝土抗壓強度控制因素。在低水灰比狀況會因減少骨材界面處之浮水現象、增加水泥漿體強度與減少微裂縫發生，而增加剪力抵抗，以致提高混凝土之強度。

本省主要混凝土砂石場的砂石骨材拌製之混凝土，其水灰比與混凝土抗壓強度關係如圖 3 顯示。

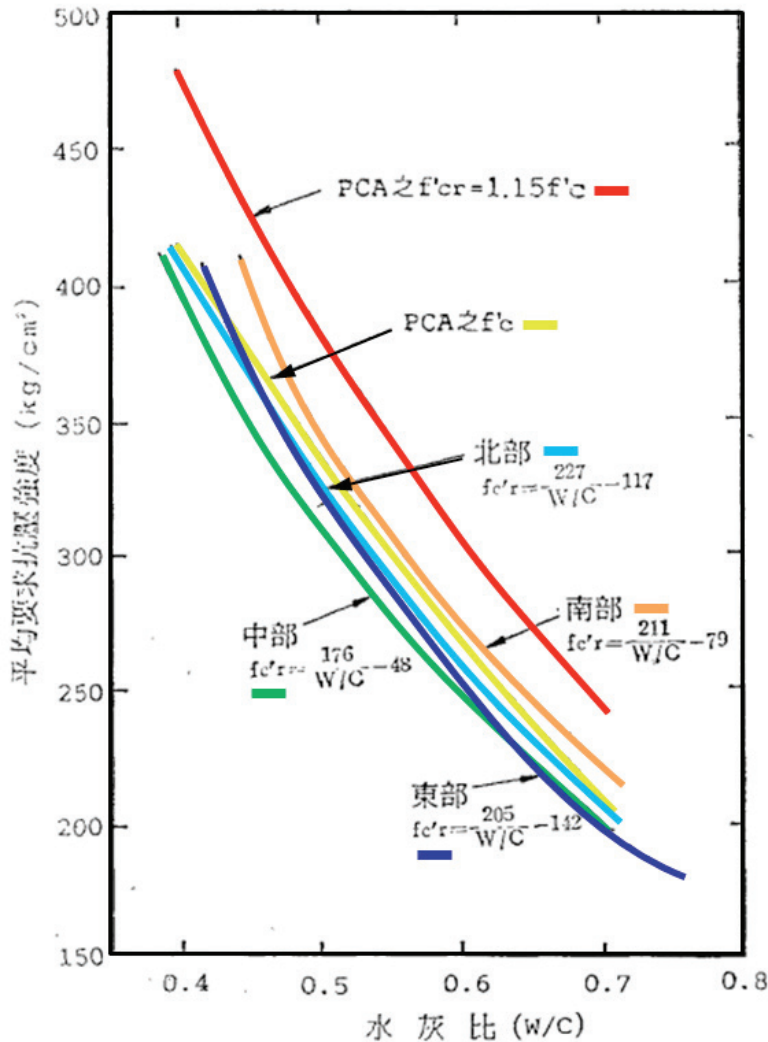


圖 3 全省各地區水灰比-混凝土強度（28 天）關係【3】

2.3.2 「臺灣北中部主要河川粗骨材巨觀工程性質之研究」【4】

該研究係針對臺灣中北部主要河川（大漢、頭前、後龍、大安、大甲、大肚、濁水溪）中下游沿岸較具規模之砂石場料堆粗骨材及卵石岩心之巨觀工程性質，結果顯示中北部主要河川粗骨材性質大都合乎要求，依安全及耐久性二項評估其優劣順序，依序為大安、大甲、大肚、大漢、濁水、頭前、後龍。該研究主要試驗結果如表 1 及表 2。

表 1 北中部主要河川岩心單軸抗壓強度

河川 項目	大漢溪	頭前溪	後龍溪	大安溪	大甲溪	大肚溪	濁水溪
強度 (kgf/cm ²)	1,640	990	830	990	1,580	1,240	980

表 2. 北中部主要河川粗骨材巨觀性質

河川 項目	大漢溪	頭前溪	後龍溪	大安溪	大甲溪	大肚溪	濁水溪
面乾飽 和比重	2.6282	2.6256	2.6220	2.6393	2.6221	2.6095	2.6241
吸水率 (%)	1.0957	1.3505	1.2607	0.7807	0.8312	1.1005	0.8440
磨損率 (%)	21.33	25.80	27.25	21.35	25.47	23.64	21.14
健度 (%)	5.47	6.74	12.99	3.82	2.21	4.11	3.43
級配單位重 (kg/cm ³)	1,567	1,610	1,614	1,585	1,578	1,543	1,575

三、粒料及岩塊

本研究取得桃園、新竹及宜蘭等地區計 4 組粗細粒料及 4 組岩塊。從粒料外觀初步觀察：

1. 桃園地區粗粒料以黃褐、灰黑色為主，形狀大多呈稜角狀；細粒料呈黃褐色；岩塊外觀呈黃色及灰色，無明顯層面。如圖4。
2. 新竹地區粗粒料以黃、灰色為主，顏色較桃園料為淺，形狀較桃園料為扁；細粒料呈灰黑色；岩塊外觀呈黃色及灰色，無明顯層面。如圖5。
3. 宜蘭地區粒料取自2個不同來源，粗粒料顏色與新竹料相似，以黃、灰色為主，粒料表面可觀察出較明顯層面，形狀較桃園及新竹料更為扁平；細粒料同新竹料呈灰黑色；岩塊外觀呈灰色、黃色及黃灰色，有較明顯層面。如圖6及圖7。

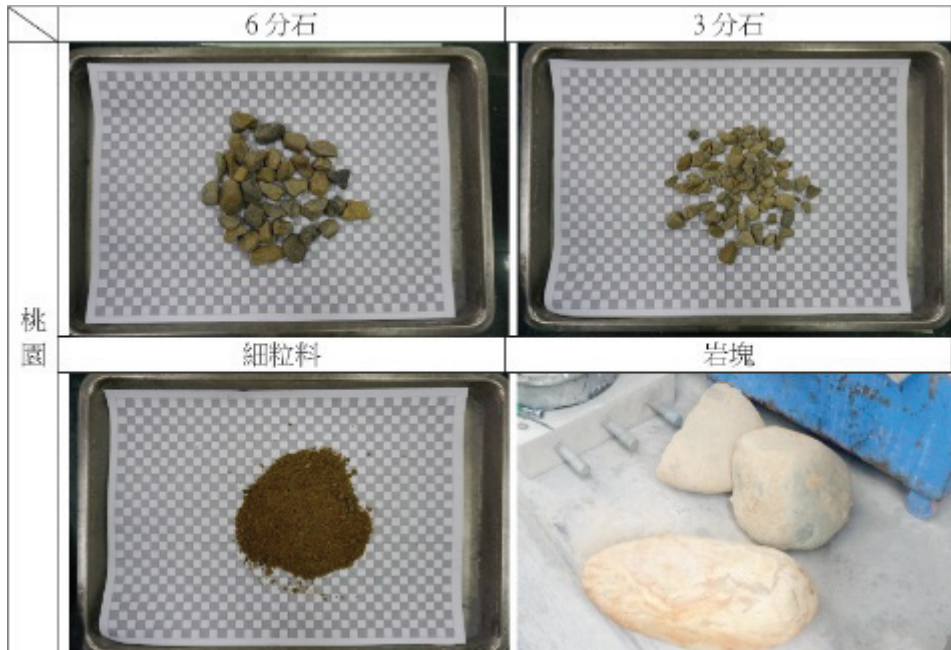


圖 4 桃園地區粒料及岩塊

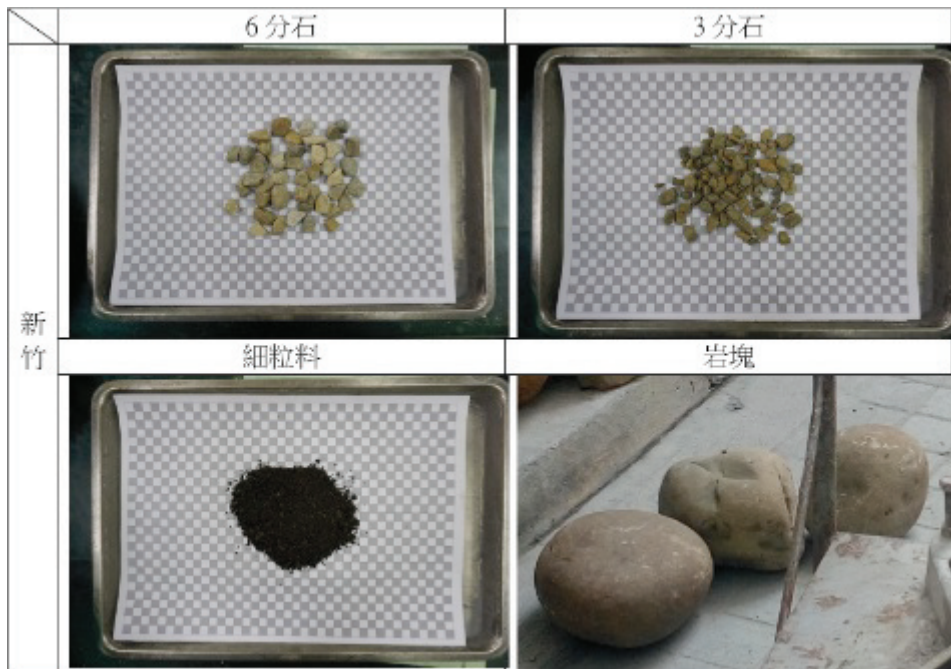


圖 5 新竹地區粒料及岩塊

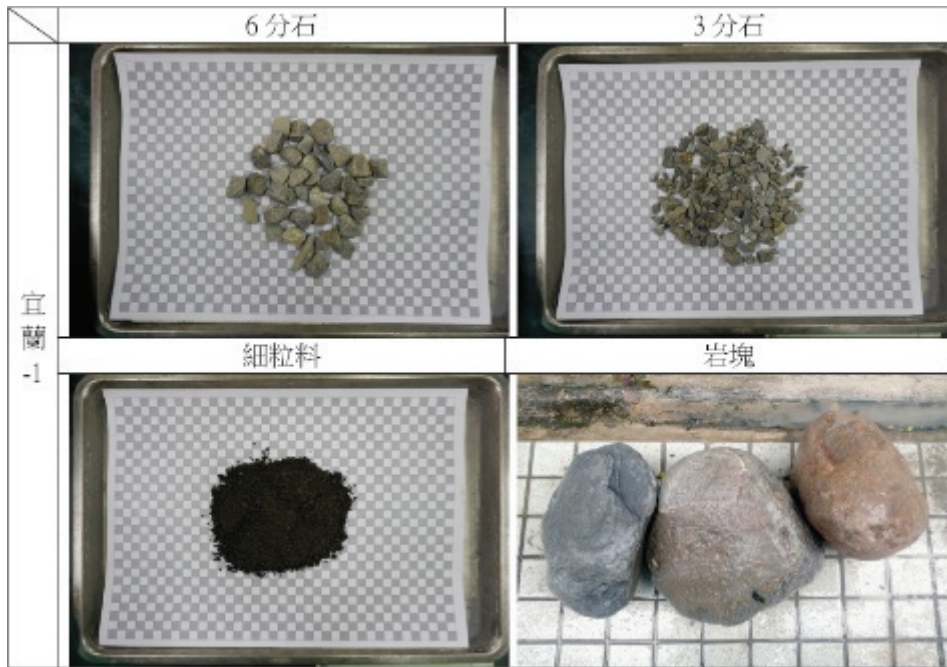


圖 6 宜蘭-1 地區粒料及岩塊

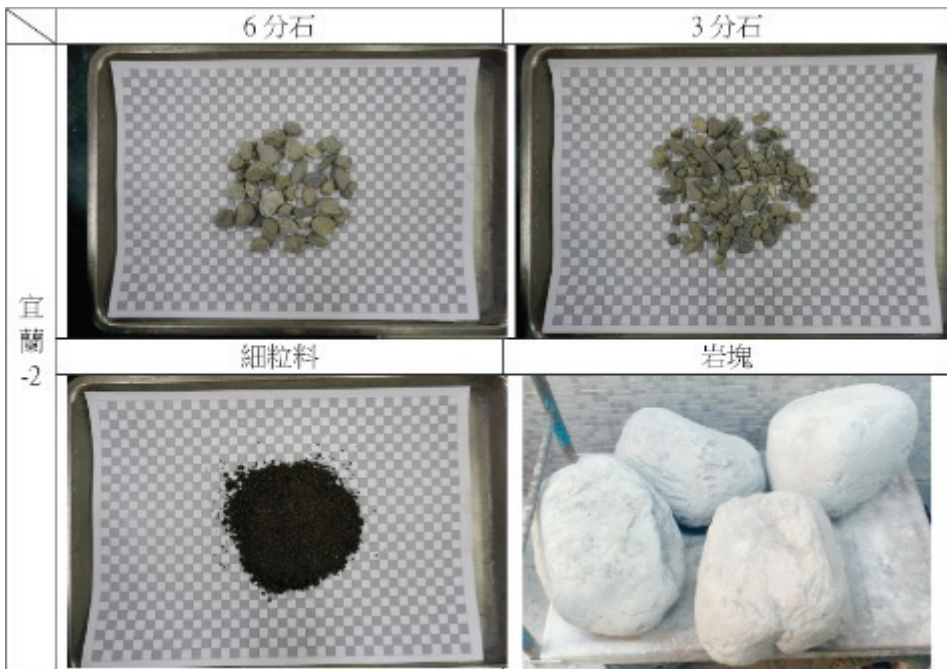


圖 7 宜蘭-2 地區粒料及岩塊

四、結果與分析

4.1 粗粒料物性試驗

4.1.1 比重及吸水率試驗

粗粒料的比重及含水量在混凝土配比設計上為一必須瞭解的參數，對於一般混凝土而言，所使用之粒料（石）比重約在 2.60~2.70 之間。而比重大者，通常孔隙較少，吸水率也較小，其耐久性、耐凍能力均較佳，並且其組織也較緻密，強度及硬度愈佳。比重低於 2.50 以下之粒料，其強度欠佳。所以進行比重及吸水率試驗，可以間接瞭解粗粒料之性質。再者，吸水率代表粒料吸水量之大小，吸水率較大之粗粒料愈易吸附較多的水份，反之吸水率較小之粗粒料，則不易吸附水份。瞭解吸水率對於配比設計中用水量的增減考量有極大的意義。依據國家標準（CNS6299）之規定，使用於混凝土之粗粒料其比重需大於 2.50，吸水率需小於 3%。

桃園、新竹及宜蘭地區粗粒料之比重及吸水率試驗結果如表 3 及表 4 所示。由結果顯示，6 分石吸水率則以宜蘭-2 最高，新竹、桃園次之，宜蘭-1 最低；3 分石吸水率則以新竹最高，宜蘭-2、桃園次之，宜蘭-1 最低。無論是面乾內飽和或乾燥狀態下之比重值均滿足規範大於 2.50 之要求，且吸水率亦滿足規範上需小於 3%之要求。

表 3 粗粒料 6 分石比重及吸水率

地區 \ 項目	吸水率 (%)	烘乾比重	面乾內飽和比重	視比重
桃園	1.3	2.55	2.59	2.64
新竹	1.5	2.58	2.62	2.69
宜蘭-1	0.6	2.63	2.65	2.68
宜蘭-2	1.7	2.61	2.66	2.73

表 4 粗粒料 3 分石比重及吸水率

地區 \ 項目	吸水率 (%)	烘乾比重	面乾內飽和比重	視比重
桃園	1.6	2.53	2.57	2.64
新竹	1.8	2.55	2.59	2.67
宜蘭-1	0.8	2.63	2.65	2.69
宜蘭-2	1.6	2.62	2.66	2.73

4.1.2 篩分析試驗

粒料中大小顆粒須有適當配合，大粒料間之空隙須有小粒料填充之，較小粒料之空隙則又由更小粒料填充之，然後由水泥來膠結。是故粒料級配優良之混凝土，不僅工作度佳，外觀及強度較佳，同時所需水泥用量亦較少。本研究適當配合後均符合 CNS1240 粗粒料尺度稱號 57 之級配規定。

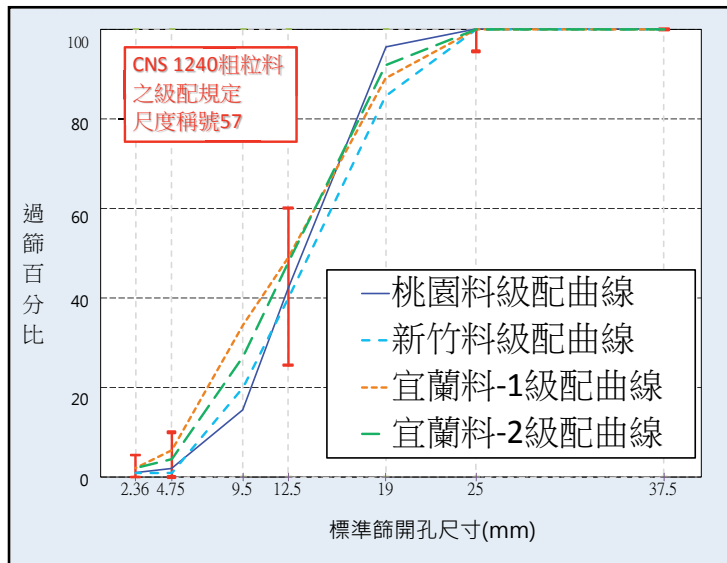


圖 8 各料源粗粒料混合料級配曲線

4.1.3 磨損試驗-洛杉磯試驗機

本試驗係利用洛杉磯磨損試驗儀來測定粗粒料之磨損率，然後藉由磨損率大小判定出其材質表面之堅硬程度，特別在混凝土剛性路面、飛機跑道、橋面板等對抵抗磨損特別注重。由於水泥漿對抵抗磨損之性能甚弱，因此主要還是靠粒料表面之耐磨性能來發揮作用。

依 CNS 1240 規定，粗粒料磨損率不得大於 50%。一般而言，黑色鹼性火成岩，如斑禰岩、輝綠岩、安山岩、玄武岩等，石質較為堅硬；而軟質砂岩、凝灰岩，以及岩質過於軟弱且易風化、碎成薄片之粘板岩、結晶片岩等，其堅韌度皆不甚理想【5】。試驗結果顯示，各地區粗粒料磨損率皆低 30%，符合 CNS 1240 規定。

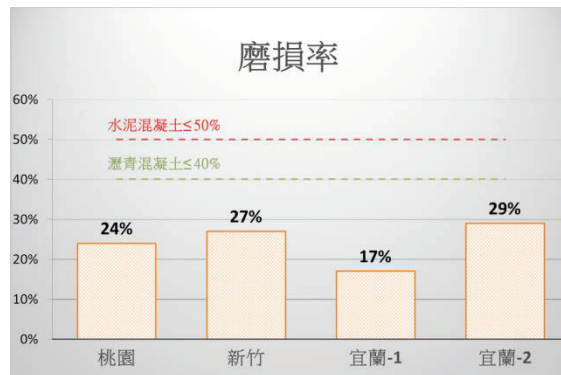


圖 9 粗粒料磨損率

4.1.4 健度試驗

本試驗係採用飽和硫酸鈉 (Na_2SO_4) 溶液進行健度試驗，以測定粒料之耐久性。依據試驗結果，各地區粗料料之健度試驗耗損率皆小於 2.2%，遠低於 CNS 1240 規定耗損率之 12%。

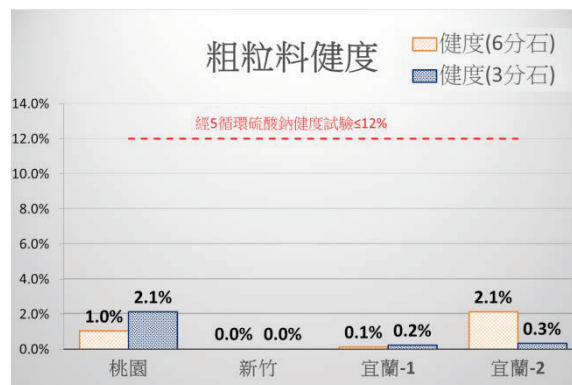


圖 10 粗粒料健度

4.1.5 粗粒料扁平、狹長指數試驗

多角形之碎石塊較天然圓卵石有較大之空隙率，尤其是狹長形及扁平形狀更甚，故如以此粒料為混凝土之粗粒料時，由於相互間之摩擦較大，在攪拌時，造成級配降級，工作性降低。為改善工作性則須加入更多細粒料及水，其結果需增加水泥及水之用量，此舉對混凝土耐久性不利。粗粒料扁平、狹長指數試驗即為瞭解粒料形狀概況。若扁平、狹長指數偏高之粒料，則必需適當施以特殊震動或強塑劑等確保完全搗實。

本試驗依據 BS 812 規範進行，扁平指數結果顯示，無論 6 分石及 3 分石，皆以宜蘭-2 為最高（愈扁平），其次依序為宜蘭-1、新竹、桃園。狹長指數部分，6 分石由高（愈狹長）至低依序為宜蘭-2、宜蘭-1、新竹、桃園；3 分石由高（愈狹長）至低依序為宜蘭-2、桃園、宜蘭-1、新竹。

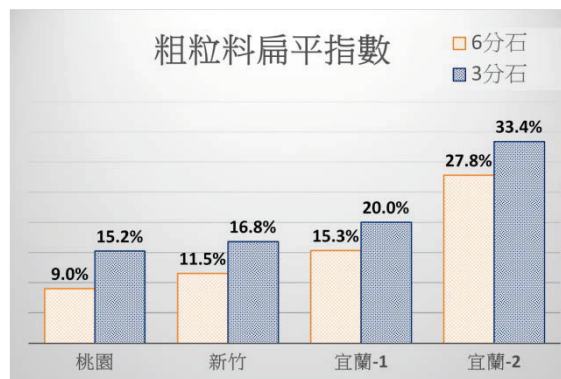


圖 11 粗粒料扁平指數

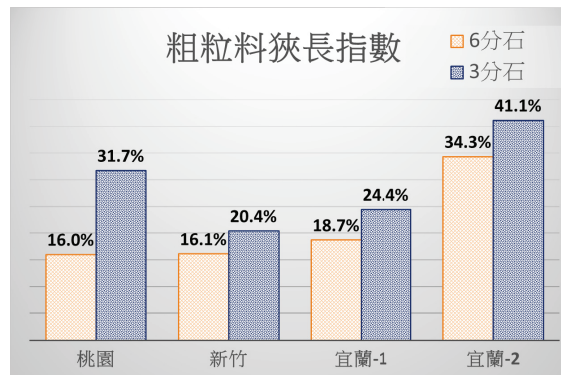


圖 12 粗粒料狹長指數

4.1.6 粗粒料之單位重試驗

本試驗之目的在測定混合粒料的單位體積質量及粒料間隙之體積，以決定粒料組織及級配性質，經常做為混凝土配比設計中粒料用量之參考。圖 13 為單位重試驗之結果。

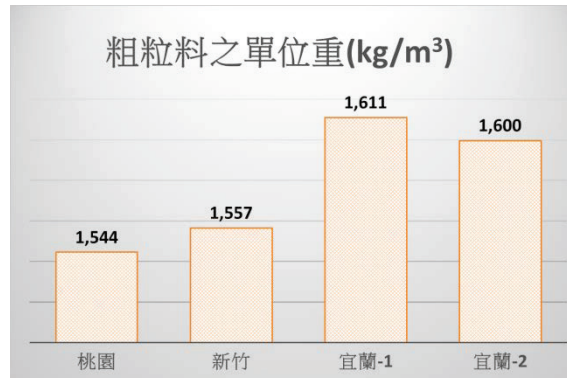


圖 13 粗粒料之單位重

4.2 細粒料物性試驗

4.2.1 比重及吸水率試驗

一般來說，粒料之比重值是可以呈現粒料之緻密程度，以高於 2.50 為佳。由試驗結果顯示，無論烘乾比重或面乾內飽和比重，各料源之試驗值皆高於該值。吸水率為粒料影響混凝土品質的關鍵，由試驗結果顯示，宜蘭-2 最低，其次依序為宜蘭-1、桃園、新竹。CNS 1240 並未規定細粒料之吸水率限制，一般而言以低於 3% 為宜，各料源之試驗值皆低於該值。

表 5 細粒料之吸水率及比重

項目 地區	吸水率(%)	烘乾比重	面乾內飽 和比重	視比重
桃園	2.4	2.51	2.57	2.67
新竹	2.8	2.54	2.61	2.74
宜蘭-1	1.6	2.62	2.66	2.74
宜蘭-2	1.4	2.63	2.67	2.74

4.2.2 篩分析試驗

一般而言，級配分佈情形愈佳，粒料間之孔隙率將減少，則維持混凝土相同工作度所需之水泥漿體將可減少。有關細粒料之級配規定，如第三章第三節說明(CNS 1240)；細度模數(F.M.)部分，應在 2.3~3.1 之間。

依據試驗結果，桃園及新竹地區細粒料偏粗，篩分析結果未落在 CNS 1240 規範範圍內。為後續混凝土硬固試體試驗，另取得其它廠商提供之北部細砂加以配合，使其篩分析結果符合 CNS 1240 規範，各料源細粒料混合料級配曲線如圖。

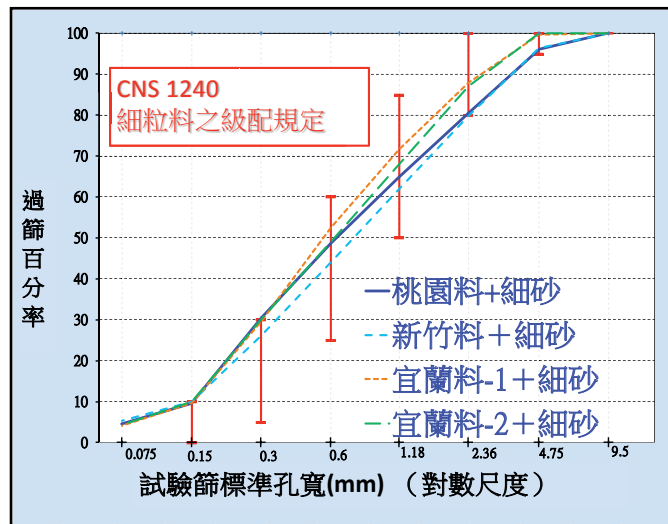


圖 14 各料源細粒料混合料級配曲線

4.2.3 細粒料內小於試驗篩 $75\mu\text{m}$ 材料含量(含泥量)試驗

此試驗之目的旨在檢驗細粒料表面是否潔淨，倘若細粒料中含泥量過高，將降低水泥漿與粒料間之黏結力，為達工作性需增加拌和用水量，則會對混凝土抗壓強度及耐久性造成不利影響。一般而言，細粒料中含泥量越低者，則所拌合之混凝土其抗壓強度越高，特別是在拌合高強度混凝土時，細粒料之含泥量影響強度更為明顯。CNS1240 規定受磨損混凝土之細粒料含泥量，應在 3% 以下，其它混凝土則須在 5% 以下。

試驗結果顯示各地區細粒料中的含泥量均超過 3%，其中新竹地區細粒料更達 5.30%，需特別注意，避免影響混凝土強度及耐久性。經與前揭北部細砂配合後之細粒料含泥量皆在 5% 以下。

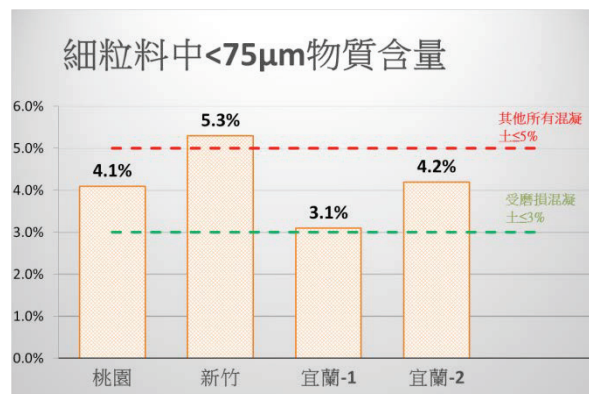


圖 15 細粒料內小於試驗篩 $75\mu\text{m}$ 材料含量(含泥量)

4.2.4 健度試驗

本試驗係採用飽和硫酸鈉 (Na_2SO_4) 溶液進行健度試驗，以測定粒料之耐久性。依據試驗結果，各地區細粒料之健度試驗耗損率皆小於 2.5%，遠低於 CNS 1240 規定耗損率之 10%。

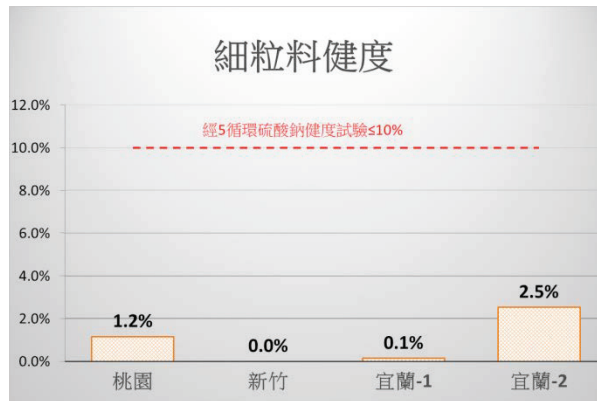


圖 16 細粒料健度

4.2.5 細粒料中水溶性氯離子含量試驗

氯離子在混凝土中存在的形式包括在孔隙溶液中的自由氯離子、被水化產物束縛的氯離子及吸附於水化產物表面的氯離子，而氯離子的存在是影響鋼筋腐蝕的重要因素之一。在鋼筋混凝土構造物中，混凝土保護層具有保護鋼筋的作用因混凝土孔隙水之酸鹼值 (pH) 約在 12.8 以上，因此可以在鋼筋表面形成一鈍態保護膜，保護鋼筋免於腐蝕。

然而，當鋼筋週遭混凝土孔隙水環境中自由氯離子（意為可自由移動之氯離子）濃度到達一瓶頸濃度（threshold concentration）時，原來鋼筋表面的鈍態保護膜會崩解，使得鋼筋不再受到保護，而導致生鏽的現象。混凝土中的鋼筋一旦生鏽，因腐蝕生成物之體積較大，因此會向外推擠造成週遭混凝土須承受膨脹張應力，而混凝土本身抗張能力不佳，當膨脹張應力大於其所能承受之強度時，混凝土就會產生劈裂式的裂縫。裂縫的產生，會使得造成鋼筋腐蝕的有害因子更易進入混凝土內到達鋼筋週遭，所以腐蝕之速率會越來越快。當裂縫延伸到混凝土表面時，這種現象就更為明顯；甚而混凝土會剝落，造成鋼筋直接暴露於環境中。

CNS 1240 規定細粒料水溶性氯離子含量須小於 0.012%，依試驗結果，各地區細粒料水溶性氯離子含量最高為宜蘭-2 的 0.003%，遠低於 CNS 1240 規範值。

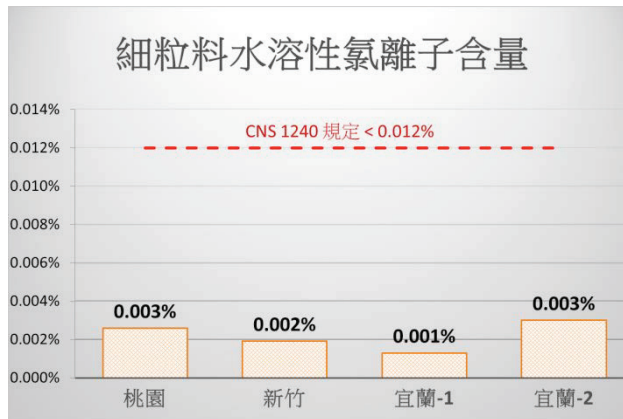


圖 17 細粒料中水溶性氯離子含量

4.3 岩心單軸抗壓強度試驗

依據試驗結果，桃園地區岩心抗壓強度平均為 2,262kgf/cm²，最高 3,087kgf/cm²與最低 1,310kgf/cm²間相差約 2.4 倍；新竹地區岩心抗壓強度平均為 960kgf/cm²，最高 1,450kgf/cm²與最低 700kgf/cm²間相差約 2.1 倍；宜蘭-1 岩心抗壓強度平均為 1,193kgf/cm²，最高 1,594kgf/cm²與最低 723kgf/cm²間相差約 2.2 倍；宜蘭-2 岩心抗壓強度平均為 733kgf/cm²，最高 754kgf/cm²與最低 722kgf/cm²間差距不大。

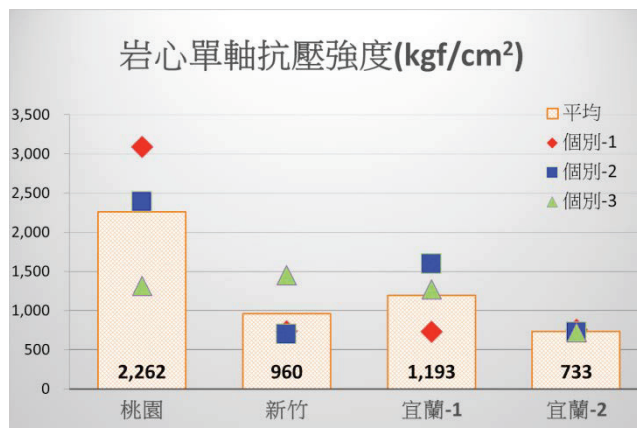


圖 18 岩心單軸抗壓強度

4.4 水泥混凝土試驗

本研究採用臺灣水泥公司生產之 I 型卜特蘭水泥，袋裝新鮮，無結硬塊現象，經拌合、坍度試驗及製模，每種水灰比製作 6 個直徑 15 cm、高 30 cm 之圓柱試體，以厚度 1/4 吋壓克力板蓋於鐵模上以防水份蒸發，靜置於一天後拆模，將試體浸入 23°C 之 Ca(OH)₂ 飽和溶液中養治。

坍度試驗為到目前為止，使用最久且最廣泛的工作性量測方法，規範列於 CNS 1176。本研究新拌混凝土坍度試驗結果顯示，水灰比愈高有坍度愈高之趨勢。混凝土圓柱試體

在 7 天和 28 天齡期各取 3 個作抗壓強度試驗，結果如表 6、圖 19 及 20，抗壓強度隨水灰比增加而降低。圖 21 顯示各水灰比 28 天抗壓強度與岩心平均抗壓強度之關係，岩心抗壓強度遠高於試體抗壓強度，可推估混凝土抗壓破壞面應在水泥漿體，而非粒料本身。

表 6 水泥混凝土材料用量及試驗結果彙整表

地區	水灰比	水 (kg/m ³)	水泥 (kg/m ³)	粗粒料 (kg/m ³)	細粒料 (kg/m ³)	坍度 (cm)	抗壓強度 (kgf/cm ²)
桃園	0.5	200	400	1,034	671	8	457
	0.6	200	335	1,034	725	9	405
	0.7	200	285	1,034	767	11	329
新竹	0.5	200	400	1,044	675	7.5	426
	0.6	200	335	1,044	729	11	362
	0.7	200	285	1,044	771	16	280
宜蘭-1	0.5	200	400	1,071	673	12	416
	0.6	200	335	1,071	727	12	389
	0.7	200	285	1,071	769	13	326
宜蘭-2	0.5	200	400	1,074	674	8	366
	0.6	200	335	1,074	728	8.5	335
	0.7	200	285	1,074	770	10	279

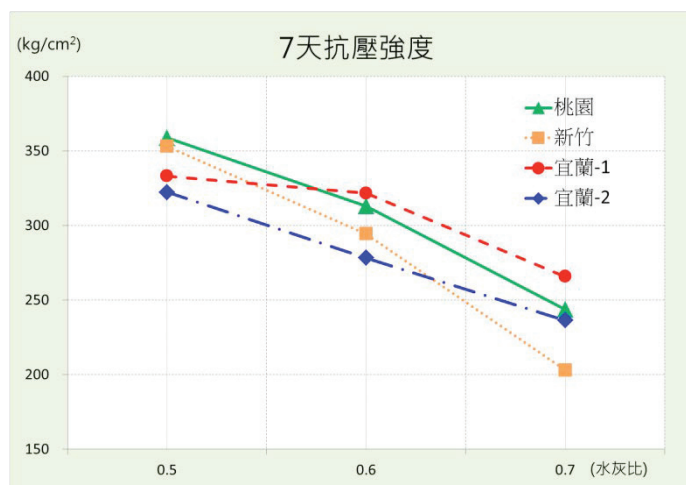


圖 19 混凝土圓柱試體 7 天抗壓強度

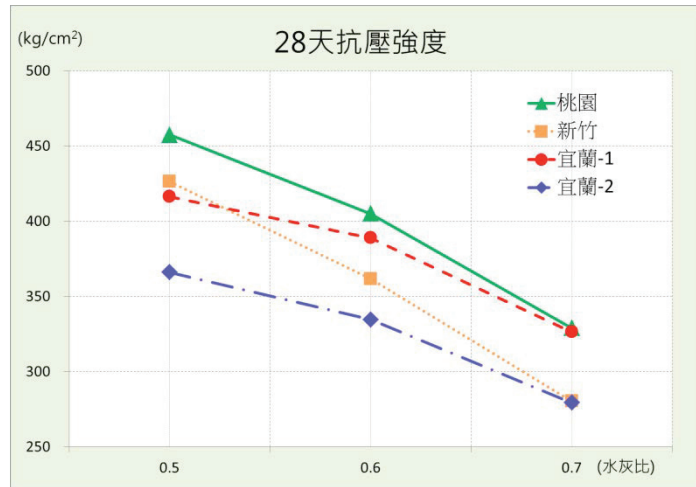


圖 20 混凝土圓柱試體 28 天抗壓強度

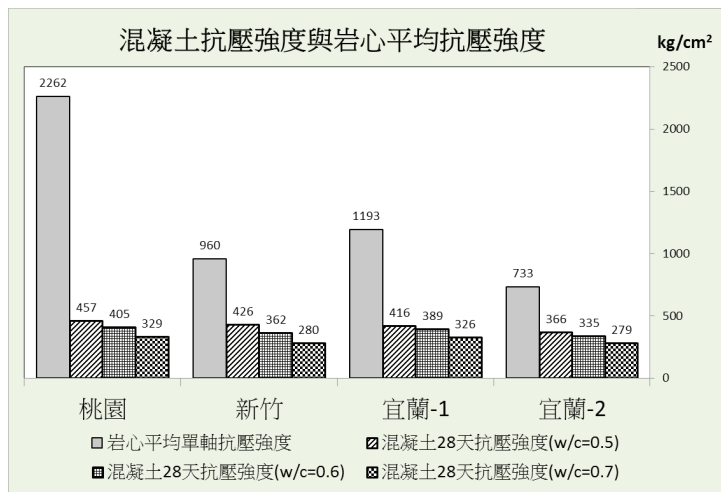


圖 21 混凝土 28 天抗壓強度及岩心平均抗壓強度圖

4.4 瀝青混凝土試驗

4.4.1 馬歇爾配比設計

本研究原規劃將取得之粒料（6分石及3分石）進行馬歇爾配比設計之相關試驗，並首先進行桃園、新竹地區之相關試驗。試驗結果發現單使用6分石及3分石並無法滿足規範值，且桃園地區之粗粒料已用完，爰調整試驗方式，加入北部生產2分石再次進行新竹、宜蘭-1、宜蘭-2之相關試驗，結果如表7，均可符合規範值。

表 7 馬歇爾配比設計相關試驗結果

項目 \ 名稱	規範值	桃園 (未添加 2 分石)	新竹 (未添加 2 分石)	新竹 (添加 2 分石)	宜蘭-1 (添加 2 分石)	宜蘭-2 (添加 2 分石)
瀝青種類	黏度分級 AC-10					
瀝青含量 (%)	4~10	5.0	5.0	5.3	5.5	5.2
試體密度 (kg/m ³)	—	2,240	2,336	2,344	2,353	2,364
穩定值 (kgf)	≥817	1,080	1,100	1,240	1,220	1,210
流度值 (0.25mm)	8~14	8.0	11.8	11.8	10.8	10.0
粒料間空隙率 (V.M.A, %)	見表 32	15.5	12.8	12.7	15.1	14.3
瀝青填充率 (V.F.A, %)	65~75	49	39	71	72	71
空隙率 (V _a , %)	3~5	7.9	7.8	3.6	4.3	4.1
粒料平均比重	—	2.527	2.553	2.551	2.626	2.625
瀝青比重	—	1.035	1.035	1.035	1.035	1.035
混和料最大理論密度 (kg/m ³)	—	2,433	2,534	2,434	2,459	2,466
滯留強度指數 (%)	≥75	85	93	76	97	97

表 8 粒料間空隙率 (VMA) 規定值

標稱最大粒徑 mm (in)	空隙率 (%)		
	3.0	4.0	5.0
	V.M.A. (% , 最小值)		
9.5 (3/8.)	14.0	15.0	16.0
12.5 (1/2.)	13.0	14.0	15.0
19.0 (3/4.)	12.0	13.0	14.0
25.0 (1.0.)	11.0	12.0	13.0
37.5 (1-1/2.)	10.0	11.0	12.0

註：設計空隙率未在上列值時，以內插法求出 VMA。

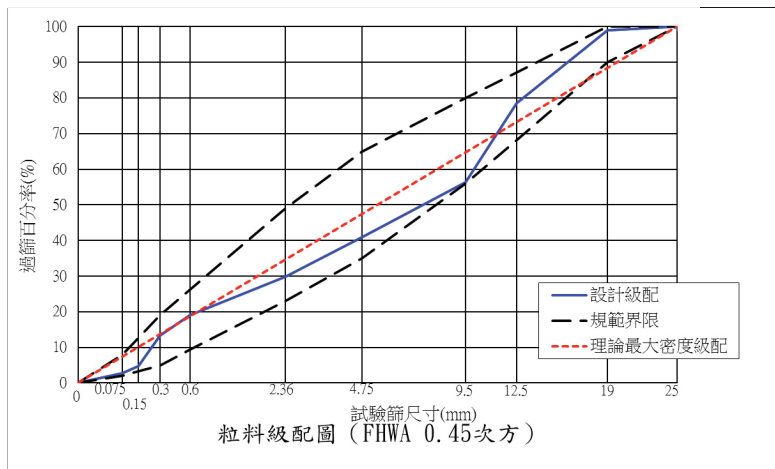


圖 22 桃園料（未添加 2 分石）粒料級配圖

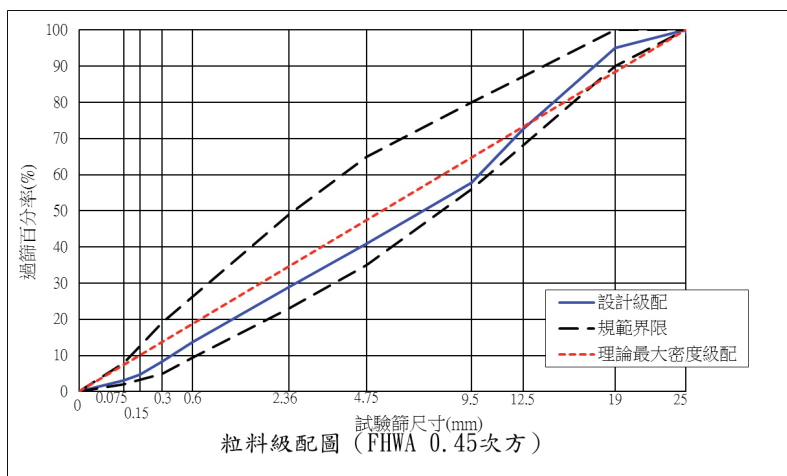


圖 23 新竹料（未添加 2 分石）粒料級配圖

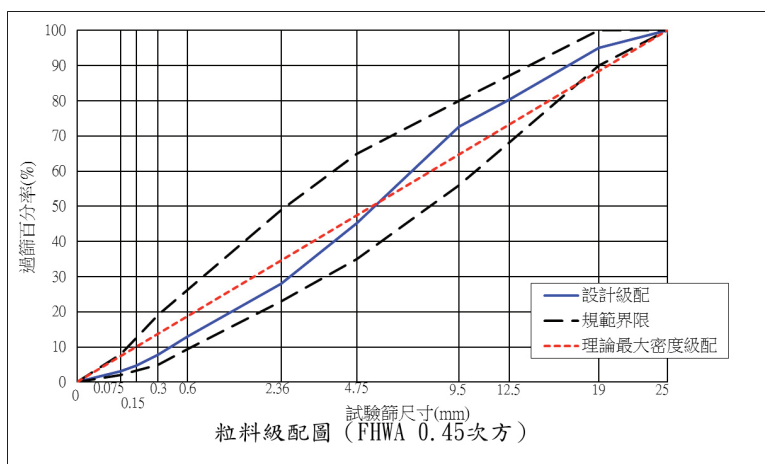


圖 24 新竹料（添加 2 分石）粒料級配圖

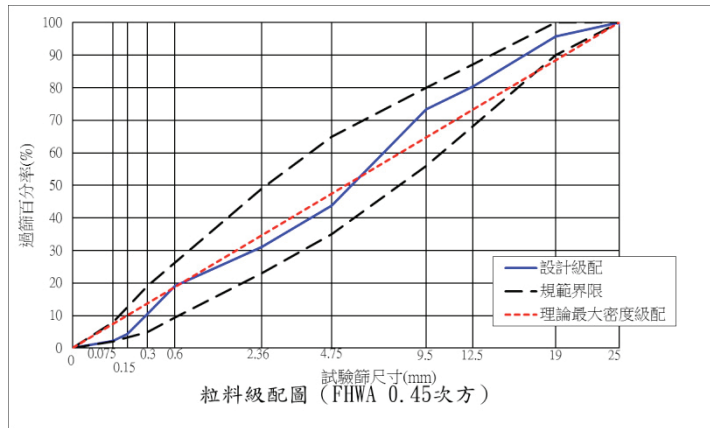


圖 25 宜蘭-1 料 (添加 2 分石) 粒料級配圖

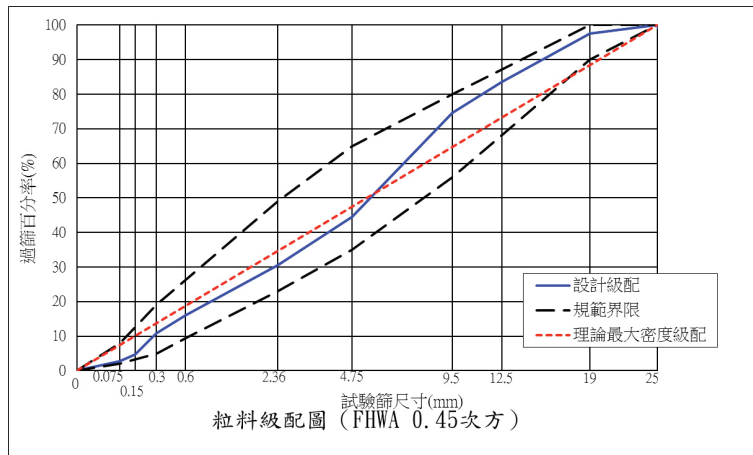


圖 26 宜蘭-2 料 (添加 2 分石) 粒料級配圖

4.4.2 漢堡輪跡試驗 (Hanburg Wheeltrack Test)

各料源瀝青混凝土進行漢堡輪跡試驗結果如表 9，車轍深度對應輪次數之車轍輪跡曲線圖如圖 27~29。各料源之車轍深度 12.5mm 對應之輪次數皆達 12,000 輪次以上，新竹及宜蘭-1 更達 20,000 輪次以上。

表 9 漢堡輪跡試驗結果

地區	新竹	宜蘭-1	宜蘭-2
車轍深度 12.5mm 輪次數 (Passes)	>20,000	>20,000	12,727

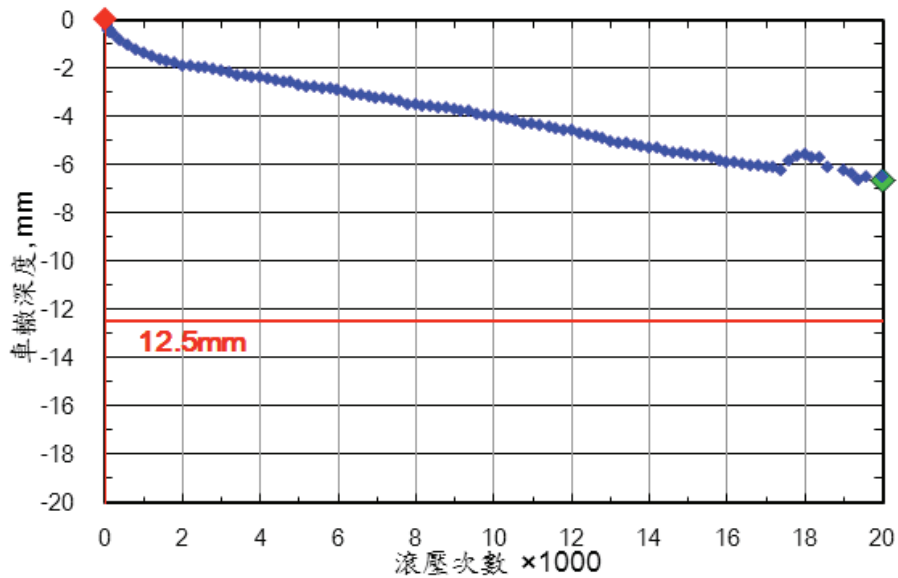


圖 27 新竹粒料之漢堡輪跡試驗曲線圖

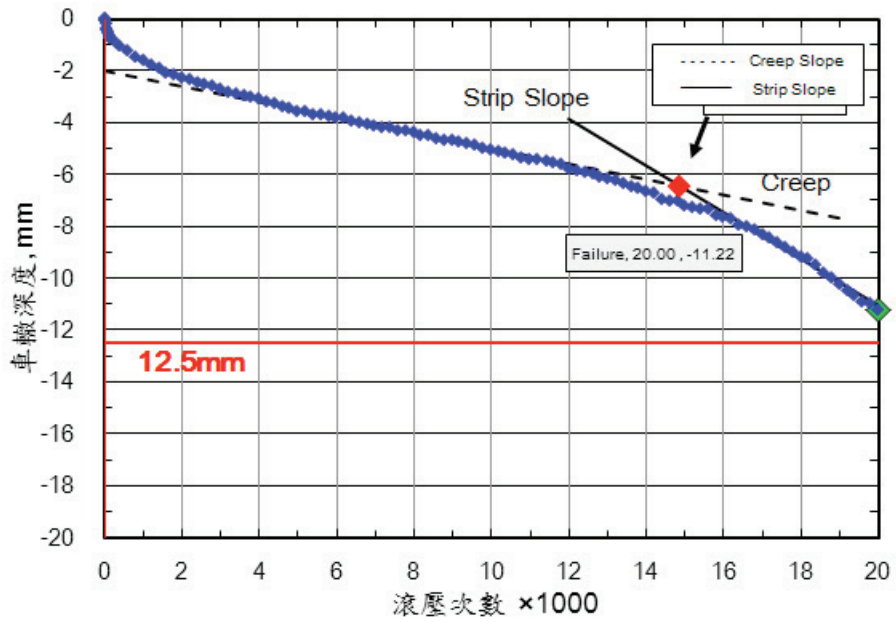


圖 28 宜蘭-1 粒料之漢堡輪跡試驗曲線圖

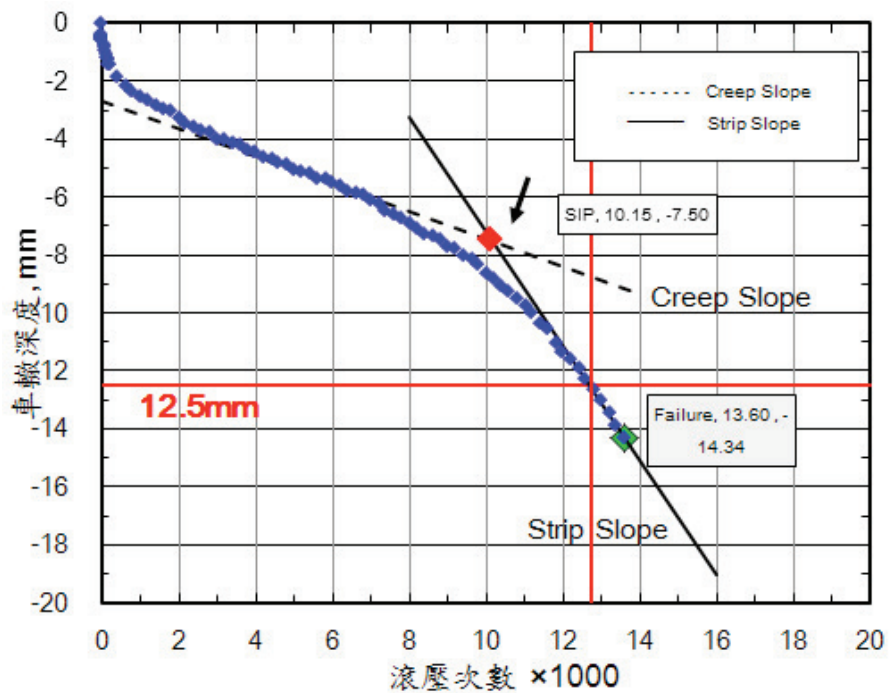


圖 29 宜蘭-2 粒料之漢堡輪跡試驗曲線圖

五、結論與建議

1. 本研究取得之臺灣北部地區河川粒料大致符合 CNS 規範標準，可用於一般水泥混凝土使用範疇，若適當搭配2分石，亦可作瀝青混凝土粒料使用。
2. 本研究所取細粒料（砂）之含泥量及細度模數較高，使用時須注意其潔淨程度及添加細砂時機，以確保混凝土之強度及耐久性。
3. 由於臺灣北部地區進口砂石比例已達45%，各單位施工時應特別注意其它砂石來源及品質，俾確保工程品質。
4. 本所未來將持續蒐集臺灣中部、南部、東部之砂石粒料，並探討彙整其相關特性及差異，作為各單位施工品管之參考。

參考書目

- 【1】 經濟部礦務局，「104 年度砂土石產銷調查報告」，2016 年 6 月。
- 【2】 簡芳欽（1978），「建築用砂石的開發與利用」，臺灣鑛業，第 30 卷，第 3 期，第 216-220 頁。
- 【3】 黃兆龍、蘇南（1989），「臺灣主要河川粗骨材資源、岩性及巨觀工程性質之探討」，中國土木水利季刊，第 16 卷，第 2 期，第 61-76 頁。
- 【4】 黃兆龍、蘇南（1990），「臺灣北中部主要河川粗骨材巨觀工程性質之研究」，中國土木水利季刊，第 17 卷，第 1 期，第 43-57 頁。
- 【5】 黃兆龍，「混凝土材料品質控制試驗」，詹氏書局，2012 年 3 月。

公路總局推動科技應用於山區公路養護管理 階段成果分享

陳進發*

摘要

本文主要介紹公路總局為達到提升山區公路行車安全之施政目標，並且增進日常養護管理之效能，自 106 年 6 月起導入科技之應用，計有光達應用調查易致災、科技建 3D 數值高程模型前後期比對應用變異性評估、科技建 3D 點雲圖落石監控與防治、落石告警系統及 UAV/S 維生路線自動航攝與勘災等 5 大應用項目進行中。文內所運用的科技技術是遙感探測，所採用的科技設備是 UAV/S 及 LiDAR，對於「科技應用於養護管理的作業準則」、應用原理及機制、落石告警系統、效能比較等課題均有著墨探討，最後綜整各實務操作經驗，亦彙整「UAV/S 應用案例各分類適用性比較表」供後續使用參考。

關鍵字：科技應用、養護效能、落石告警、邊坡

一、前言 (Why)

七年前(99年10月21日)一場梅姬風災重創蘇花公路，帶走了 26 條性命，卻也催生了公路防災預警機制，總局開始導入風險及流域管理概念，以降雨累積值為觀測指標，運用歷史致災經驗統計值為管理值，建立公路防災預警應變機制，於劇烈天候下提供預警訊息及應變作業，運行到目前已經執行了 1,063 場次的封路作業，發送了超過 300 萬則的風險簡訊給用路人，成效良好。同時於梅姬風災後，在局本部防災中心同時設置 0 傷亡累積日數計數器，藉以時時惕勵，並珍惜安全守護著公路每一日。

而一直以來對於無風無雨狀態下的零星落石，我們常常覺得力有未逮。迄至 104 年 11 月 4 日，0 傷亡累積日數計數器累積至 1,838 日，早晨蘇花公路一場小雨過後，於蘇花公路 149.7k 上邊坡彈跳滾落 1 顆約 20 公分石塊，不偏不倚砸中了一輛小客車駕駛致死，當時很多媒體詢問是否公路防災預警機制已經失靈。總局防災中心不僅在這一天將已經累積到 1,838 天的 0 傷亡計數器歸 0，同時也反省自省，切勿再坐井觀天。

* 交通部公路總局副總工程司

於是開始遍訪名師、搜尋資料，直到去年（106 年）5 月 20 日美國加州 1 號公路的大蘇爾海岸大崩坍，交通部賀陳部長提示我們：「去了解他們是怎樣處理災害」。遂引起了我們開始去關注他們的災害管理哲學，簡單的說：作法從【防止】到【管理】、觀念從【移山】到與【災害共存】，將邊坡坍方視為自然景觀的一部分。同時在科技應用方面，更利用遙感探測技術開發數值地形模型，估計了 1942 年至 1994 年間的 52 年時間內的體積損失變化，結果提供了有關高速公路監控邊坡變化及維修重要的資訊。同時於 106 年 7 月間亦蒙臺大周南山教授於交通部分享「太魯閣駐地研究計畫－蘇花公路、九曲洞、燕子口落石問題處理及建議」經驗中，亦多所提及落石分析及防治工法的成功經驗。於是，陳局長彥伯在 106 年一場公路總局年度防災兵推演練中，決定要開始推動運用科技來提升山區公路行車安全管理，並增進養護管理效能。

二、關鍵問題是什麼（What）

2.1 落石在哪裡

一開始防災團隊碰到最大的難題是：根本不知道落石在哪裡，如何辦理防治作業？尤其是林相茂密的上邊坡，如何去發現？這也是造成公路總局對於零星落石的防治常常覺得力有未逮之故。後來開始與專家商討此一問題，更從美國加州 1 號公路大蘇爾海岸風暴災害應變與滑坡管理計畫中，除利用航空攝影等遙測技術開發數值地形模型，辦理歷年坡體變異分析外，在用路人的防護策略是安裝落石防護裝置，落石防護技術包括定期刷坡、攔石網（張網工法）、掛網（貼地工法）、岩釘和明隧道，較新的技術例如以吸收能量的柔性屏障，並控制從自然坡度連續下降的岩石（攔石消能設施）。

而在 105 年底的一場座談會中，國內的學者專家也都建議可運用無人飛行載具（Unmanned Aerial Vehicle，縮寫：UAV，與控制器連線被遮蔽會自動返航，如圖 2.1：UAV 及控制器）或無人飛機系統（Unmanned Aircraft System，縮寫：UAS，依設定航線自動航行），搭載一些攝影或測量設備來應用，例如光學雷達（簡稱光達；利用雷射光束對地表、地物進行偵測與測距的技術，Light Detection And Ranging 縮寫：LiDAR 如圖 2.2：空載光達掃描示意圖）。



圖 2.1 UAV 及控制器

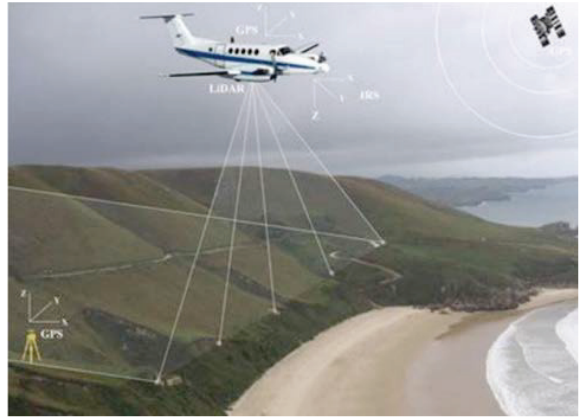


圖 2.2 空載光達(載具可為 UAV 或 UAS) 掃描示意圖

2.2 潛在落石如何評估危害度

安全議題的防護策略如無標準，發散後的無限上綱常常會造成公路管理單位困擾，不僅衍生的改善工程公務預算無法負荷，其發揮的效益常令人質疑；而若遲遲未予處置，又恐遭廢弛職務之議，因此常造成管理單位裹足不前，多一事不如少一事。

舉例而言；一條坡度不甚陡的土石流潛勢溪流（如圖 2.3），亦或一處節理些微開裂的岩盤面（如圖 2.4），若加上外在條件的催化加速，如強降雨或熱漲冷縮等環境條件催化，是有可能提高用路人行走其間的風險程度，但對於用路人的危害卻非立即性或持續性，也就是危害用路人的程度有嚴重到輕微之分，在時間軸上也有急迫性的優先次序，因此在運用科技技術發現不穩定區的同時，定要同時建立危害度分級機制，真正找出高危害度路段，方能有效率的運用發現成果辦理合理化的改善，而非應用航攝或測量技術成果，以亂槍打鳥方式，判釋一大堆所謂的易致災路段，徒增管理單位困擾亦造成浪費公帑。



圖 2.3 土石流潛勢溪流



圖 2.4 節理開裂的岩盤

2.3 如何有效防護

以往所面對的災害係已發生，且發生處屬於目視或機械能量可及處之坍方修復，因此大都以「防止」方式改善，但公路邊坡下至溪底上至稜線，如果發現落石來源，尚需依地形特徵，分析落石可能滾動、跳動或掉落 3 種運動模式之軌跡與能量，依其可能的軌跡佈設攔截網消能，動能大之落石則尚需加裝告警系統（此時落石已產生，故屬告警系統非預警系統），因屬於尚未發生災害前的養護應變，稱之為「預防性養護作為」，對於防災效益非常大。

三、如何解決（How）

由於創新作為不能脫離所謂「承上啟下」，也就是對上要能承接政策，對下要能增進效能。於是綜合了國內外實務經驗，防災團隊提出了採用 UAV/S 及 LiDAR 等科技設備，運用遙測科技技術並建立相關作業準則，增進山區公路巡檢的效能，最終目的是落實提升山區公路行車安全管理的施政方針。

3.1 作業準則

於是，防災團隊開始整理及規劃一個可接受外界挑戰且可不斷重複驗證的作業準則。從最終的防治到最初的落石源頭討論起，發現當中還有很多關鍵點要突破。而每一階段必需要找到有效的解決方法，如此，才可稱之為「科技應用於養護管理的作業準則」，爰此，綜合現有的實務經驗，先行提出 5 個階段的作業準則綱要草案如圖 3.1：科技應用於養護管理 5 個階段的作業準則示意流程圖，俾供下一階段驗證修正，而目前蘇花公路從蘇澳-崇德、阿里山公路從觸口-自忠全線均已在實施辦理中，而將來中橫公路中央山脈以東路段，也會加入驗證調校之列，自訂績效管理目標是 107 年底前「科技應用於養護管理的作業準則」要建立完成，如此 108 年度就是公路總局科技應用於養護管理元年，5 個階段的作業準則綱要草案分述如下：

1. 找徵兆：使用光達分析或已有一定規模落石。
2. 空拍建模：依現地植被狀況採 UAV 或光達建 3D 數值高程模型 (Digital Elevation Model 縮寫 DEM) 及點雲圖。
3. 落石分析：1. 判釋是否呈現倒懸岩塊、地表異常隆起。或 2. 所處邊坡環境是否具有不利地貌條件。3. 建立數值高程模型 (DEM) 災害特徵圖例，供未來資訊軟體自動比對判釋易致災路段使用。
4. 危害度分級：1. 參考美國公路單位使用的危險度評分及分級，R.H.R.S (Rock-fall Hazard Rating System)。或 2. 綜評地形特徵，分析滾動、跳動或掉落 3 種運動模式之軌跡與能量。

5. 防護：因地制宜依加固、剝除、攔截、庇護等可行之落石防護方式，研選微創對應工法，並研訂【落石防護設計參考手冊】。例如加固對應之貼網工法（如圖3.2），剝除對應之刷坡，攔截對應之開網工法（如圖3.3），庇護對應之明隧道工法…等等。

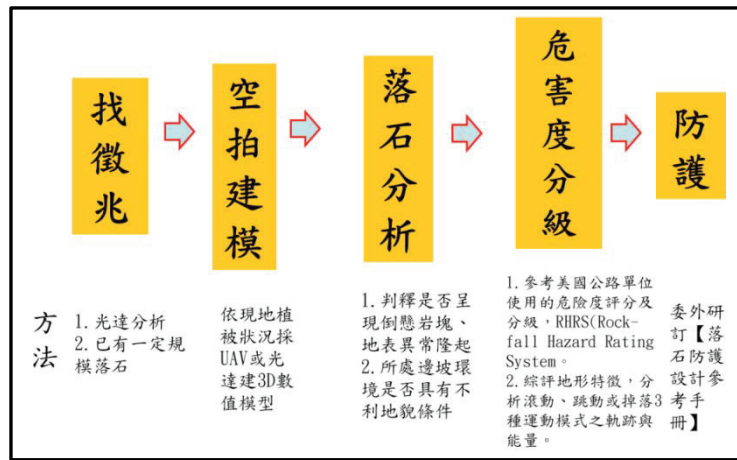


圖 3.1 科技應用於養護管理 5 個階段的作業準則示意流程圖

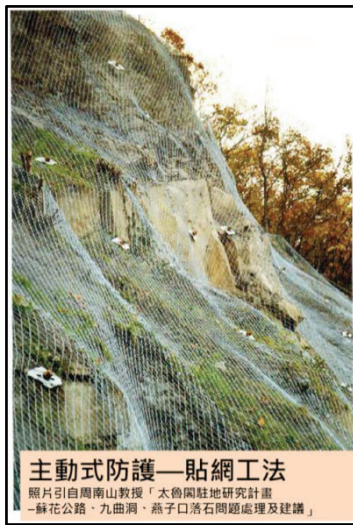


圖 3.2 主動式防護-貼網工法



圖 3.3 被動式防護-開網工法

3.2 應用原理

本文主要的應用原理就是測量技術，只是以前要定心定平的地面測量，而現在用的是光學科技，直接把 GPS 跟光學雷達升空掃描，光波依照所規劃之測線，掃過的區域就能夠建立 3D 點雲圖以及數值高程模型 (DEM)，這就是所謂的遙感探測技術，所運用的科技設備為 UAV/S 及 LiDAR。成果的應用如再透過前後期的數值高程模型圖比對就能發現體積變化點，也就是變異點，不僅可監控地形變化，也可估算體積變化量，如圖 3.4 台 8 線臨 37 中橫便道流域內 101~105 年間數值高程地形變異及河道沖淤運移變化；而若應用於公路邊坡監控即是坡體地形的隆起堆積、凹陷或位移，如圖 3.5，詳細完整的應用成果與效益，容後詳述。

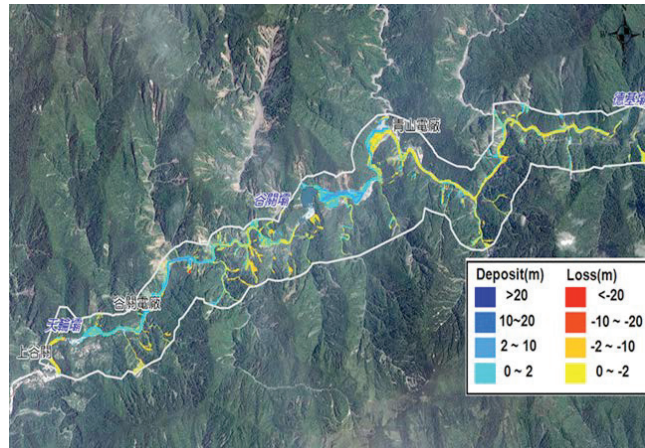


圖 3.4 台 8 線臨 37 中橫便道流域內 101~105 年間數值高程地形變異及河道沖淤運移變化（二工處提供）



圖 3.5 台 9 丁線蘇花路 112K+600 之 2014 年與 2017 年地形高差變異量（四工處提供）

1. 堆積處表示有可能是浮石，如圖3.5；需予刷坡或貼網加固，若高度超過機具可及處，則應採落石分析，於適當高度採開網工法搭配消能網，使之順網滾落坡面至路側防落石柵內，定期清除。
2. 凹陷處表示有可能因岩塊已崩落且殘留岩體節理已開裂，如圖3.5，後續即有可能繼續惡化，形成落石崩落來源，需藉由3D 點雲圖搭配照片，放大檢測該岩塊節理，尤如趨近檢測節理般記錄節理組數與位態，必要時辦理立體圖投影分析是否為關鍵岩塊，如是，崩落風險極大，同樣需採落石分析，採開網工法亦或貼網工法防治。
3. 坡體位移或近乎平移表示有可能坡體或頂裂縫已形成，如無即時進行裂縫填補則很快就會造成倒退式破壞直至稜線，如台21線115k 處坍方型態，詳如圖3.6台21線115k 倒退式破壞至稜線後以 UAV 發現裂縫即時填補照片
4. 未來採開網工法攔阻落石，有可能因岩塊動量過大，無法攔阻致有直接崩落地面砸車之風險，目前刻正試辦數處岩塊撞網後傳輸訊息於路側蜂鳴器及管理者，警示正落石中勿入，設置機制容後詳述。

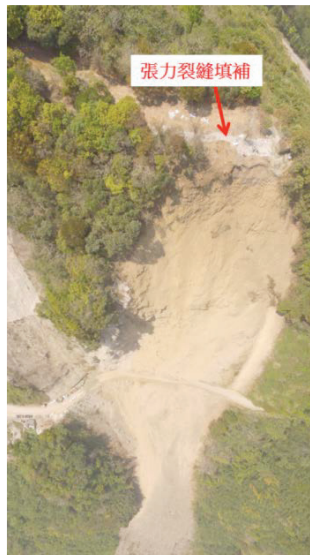


圖 3.6 台 21 線 115k 倒退式破壞至稜線後以 UAV 發現裂縫即時填補（二工處提供）

3.3 應用項目與機制

1. 空載光達（LiDAR）成果圖濾除地表植被建模後，調查公路沿線易致災路段（日常養護階段）

藉由 UAS 搭載 Lidar 建立重點監控公路沿線正射影像、點雲圖、3D 數值高程模型（如圖 3.7），經人工全面判釋公路自下邊坡趾至稜線區域的山崩、地滑、蝕溝等災害特徵，再套地調所產製環境地質數位圖資，篩出崩、滑、流中岩屑崩落區，視為可能危及用路人的易致災路段，需進一步再參考美國公路單位使用的危險度評分及分級系統 R.H.R.S（Rock-fall Hazard Rating System，綜評現地地質（岩塊）、坡形（緩變陡坡）與坡度，分析滾動、跳動或掉落 3 種運動模式之軌跡與能量，依危

害度評分及分級，進階篩出危害用路人高風險路段，此部分是要使安全議題獲得收斂，必須要律定出基準值，遂於 107 年 5-6 月間由各處篩選 3-5 處，由總局協同專家學者現地試評分作業，目標於 7 月前律定管理基準值；餘列第 2 優先查證後納入邊坡分級管理。此部分之細部作業準則需藉由專業與實務經驗律定，預計於 107 年底律定完成。目前已辦理路段例如台 9 線蘇花公路、台 18 線阿里山公路，台 8 線中橫公路東段已規劃即將辦理。

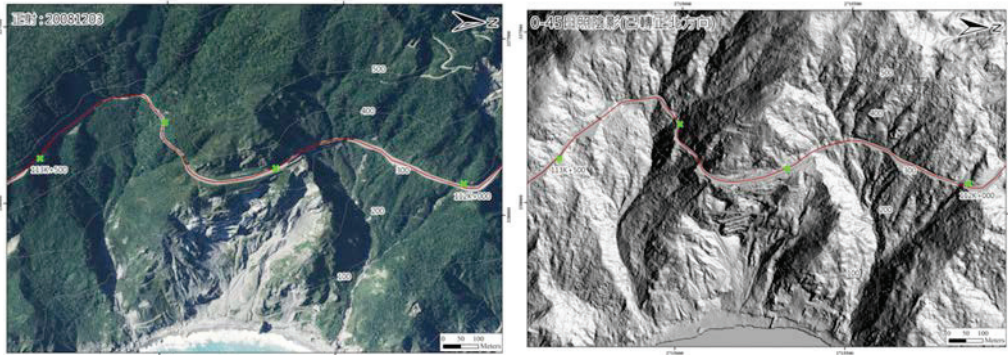


圖 3.7 蘇花公路九宮里路段由 UAS 搭載 Lidar 建立沿線正射影像及 3D 數值高程模型
(四工處提供)

2. 特定點落石監控與防治（日常養護階段）

特定點落石監控主要應用於地表微變量測、浮石巡檢及落石危害度分析等 3 類，依管理者之需求不同搭配不同的科技設備使用，而藉由科技設備雖然發現了不穩定落石來源，惟最重要的是如何防治，茲分述如下；

(1) 地表微變量測

由公路易致災路段進階篩出危害用路人高風險路段，逐一現勘規劃光達測線補充測量，或搭配 UAV 正射影像建立點雲圖、3D 數值高程模型，定期經由前後期比對，自動運算地表高程變化，判釋公路上下邊坡坡體之凹陷與堆積，例如台 9 丁線舊蘇花 112.6k 及和仁路段、台 21 線 115k。接下來重點工作，將着重於台 9 丁線蘇澳~南澳段及和仁路段，因應蘇花改陸續階段通車，強化舊蘇花公路的落石防治策略。

(2) 浮石巡檢

對於尋常難以發覺的零星落石，常常隱藏在植被良好的坡面中，例如 107 年春節連假期間(大年初五)媒體所報導蘇花 154.1k 澳花路段的落石即屬之，可能因侵蝕或地震的外在因素而崩落，以前受限於人力巡檢之極限，尚無法探查。近年因科技之進步，自去年起即導入 UAV/S、光達等高科技，協助辦理易致災路段落石調查，並進而輔以因地制宜的開網、貼網或掛網等落石防護技術，目前已應用於蘇花公路等數處零星落石處，成效良好。

(3) 落石危害度分析

以震災為例，107.02.04 日晚上 22:03 起花蓮地區連續數起震度 5 級地震，當時造成蘇花公路 163.9K 零星落石，本局四工處即於 6 日(02067 級地震前)以無人載具 UAV 空拍台 9 線 163.9K 及 164.4K 兩處影像，進行建置 3D 點雲圖後，進行 360 度環景巡檢落石及落石分析。主要運用看圖軟體檢視節理狀況、固結狀況、支撐狀況。若邊坡上岩塊或浮石具有倒懸特徵，且表面存在節理或弱面，以及周緣環境不利坡體穩定者(如侵蝕溝)，篩選為「高潛勢」落石區。

(4) 落石防治

於 106 年 7 月間交通部賀陳部長曾指示邀請臺大周南山教授於交通部分享「太魯閣駐地研究計畫－蘇花公路、九曲洞、燕子口落石問題處理及建議」經驗中，多所提及落石分析及防治工法之成功經驗。依據該經驗分享，綜整落石防護工法主要有加固、剝除、攔截、庇護等 4 種；加固工法如主動式貼網防護，剝除工法有如本局常用之人工刷坡，攔截工法如被動式的開網工法，庇護工法則如明隧道。其實本局都曾使用過上述幾種工法，只是施工前大都未經落石分析，導致效益大打折扣。另外養路經驗也發現部分路段雖已採開網工法攔阻落石，但有可能因岩塊動量過大，無法攔阻致有直接崩落地面砸車之風險，所以目前亦已規劃多處試辦岩塊撞網後傳輸訊息於路側蜂鳴器及管理者，警示正落石中勿入，當然前置作業需辦落石分析以取得足夠預警時間，目前阿里山公路已完成 1 處，刻正驗證調校中，其餘尚有 3 處建置中。整體而言，對於落石防治策略目前已訂立績效管理指標 (KPI) 如下：

- A. 短期(107 年底)完成應用科技技術來協助找出不穩定區並建立作業準則，精進效能。
- B. 中期(108 年底)完成落石告警與防治技術研究與長期推廣應用。
- C. 中長期完成整體改善(因應氣候變遷公路設施調適改善計畫-6 年計畫)，已於 107 年起開始執行 a.防避災工程-落石防治與迴避。b.防災管理-邊坡全生命週期管理。c.智慧科技。等 3 項重點工作
- D. 持續於劇烈天候下導入風險管理實施公路防災預警應變。

(5) 落石告警系統應用於公路邊坡

由於台 9 丁線舊蘇花公路 123K+800、124K+200(蘇花公路東澳至南澳路段)高聳陡峭邊坡，屬未納蘇花改路段，藉落石告警系統之建置，期能再減少落石砸車災害發生及有效達到提早告警之效果，目前由本局四工處設置二處落石告警系統(施工中)。其設置應用原理；藉量測攔石網、支承索應變計(應力計)、位移計、紅外線光柵偵測器、攝影機、蜂鳴器、振動紀錄器變化等，測得落石產生變化，透過終端收發站傳出相應之訊號，透過網路通報管

理者及警示用路人。告警型式係採現場警示蜂鳴器、簡訊自動通報特定管理者。另於 107~108 年度四工處預定再辦理台 9 線 176k+800（崇德隧道南口）採以鋼索檢知器偵測落石，當落石經過時會造成鋼索斷落，隨即產生警報方式來告警。

另外則是在台 18 線阿里山公路 70k+360 路段，該路段位於地調所落石高潛勢區域，且經光達測量上邊坡坡度達 55 度以上屬落石潛勢區域，以及曾有落石通報紀錄，因上方邊坡雖然林木茂密，但樹林內仍有部分岩石，因自然風化或外力影響，易造成零星落石事件；故本局五工處勘查後設置防落石柵，而防落石柵完成 3 天後即遭遇落石砸損而破壞，故研擬設置告警設施及早示警以利用路人應變，維護行車安全。該處目前已完成設置，正驗證調校中。其應用原理係於防落石柵背面設置震動電纜，當石頭滾落撞擊電纜時，將啟動震動檢知器，及現場 LED 面板及警示燈號啟動，提醒用路人注意，並傳遞訊息予現場主機。現場主機接收後，於 line 群組推播現場影片，並將訊息傳至後端主機（設於五工處交管中心）接收後，將另二支監視鏡頭即時傳遞在網站上，並以簡訊通知機關管理人員。其告警型式為現場 LED 面板、警示燈號、簡訊及 line 通訊軟體。後續五工處將再評估於樹木稀疏或無樹木之邊坡，於路側防落石柵往上約 10~15 公尺之邊坡，增設一道防落石柵（或防護網），並將告警設備設置於該處，以增進提前告警功能，如圖 3.8 台 18 線 70k+360 左側防落石柵及告警系統。



圖 3.8 台 18 線 70k+360 左側防落石柵及告警系統（五工處提供）

3. 孤島維生路線自動航攝勘災（災後勘災階段）

依據目前可能孤島路段 7 條路線，事前以 UAV/S 試航，找出最適高度與航線，以能夠自動來回航攝，且能清楚辨識公路災情為原則，收錄最適航線坐標，以利大規模災害後，縮短勘災時間，精準判斷搶通工法與時間，俾利提供水、電等民生管線單位與救援聯防單位有效情資。目前已完成 7 條路線共 300 公里以上自動航攝影片與最適航線坐標備災，自動航攝勘災也已實際應用於 106.10.16 日卡努颱風共伴效應，造成台 20 線南橫東段道路阻斷，於利稻部落以上向陽工作站受困 80 名山友即將於 17 日斷炊，本局三工處於 17 日一早即以 UAS 自動航攝剩餘未搶通路段，提前預擬有效的脫困計畫；107.02.06 日花蓮震災後（即 0206 花蓮大震），於 7 日早上即啟動 UAV 自動航攝台 8 線中橫公路未搶通路段路況勘災（註：蘇花公路雖有災情，但於清晨 3:00 即搶通），並有效的縮短搶通時間；孤島維生路線自動航攝勘災，目前已成為每年必備的開口契約項目。

4. 變異性評估（災後復建階段）

藉由崩塌面與河道沖淤量體，在時間軸的變異分析，可迴避在不穩定區域選線，適用於規劃階段選線評估，例如台 8 線臨 37 中橫便道，於 88 年 921 大地震後，為評估中橫便道流域內坡體之回復度，藉由 UAS 搭載 Lidar 經由 15 條測線施以航測，分別取得 101 年及 105 年正射影像及建立 3D 數值高程模型，經判釋比對後（詳如圖 3.4），可量化評估坡體回復度，詳如圖 3.9 崩塌變遷推估曲線分析，就是於坡體受大地震震損後，將每一次豪雨事件後流域內崩塌地的面積變異，逐次記錄是否收斂至安定期，俾提供長期復建選線啟動及具科學論證的決策支援。

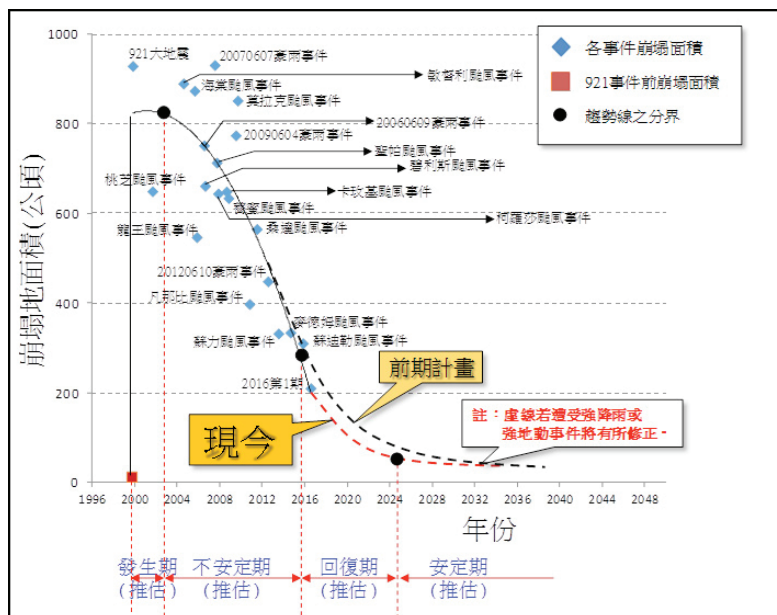


圖 3.9 崩塌變遷推估曲線分析(二工處提供)

另外一類的變異性評估則是應用在蝕溝監測，邊坡上蝕溝往往數百公尺高整治不易，平常植被覆蓋也不易查覺，直至降雨強度超過一定規模，養路管理者始得發現，高處水流夾帶大量土石滑落形成泥石流直衝而下不易搶通如圖 3.10；災後裸露蝕溝樣貌呈現，如圖 3.11，如無定期監測評估，蝕溝受雨水沖刷持續往上往兩側擴張，終致發生大規模崩塌。蘇花公路 164-170k 和仁路段於 107 年 4 月 14 日遭遇時雨量高達 110mm 強降雨侵襲，造成 5 條蝕溝顯現，為監測該蝕溝歷經豪雨後的變異性，所以四工處亦將該路段蝕溝監測加入了 3D 建模比對之對象之列。



圖 3.10 蘇花公路和仁路段蝕溝造成災害



圖 3.11 蘇花公路和仁路段蝕溝(四工處提供)

四、應用在何處 (Where)

本局自 106 年 6 月起導入科技應用在山區公路養護管理，截至 107 年 4 月底止，計有光達應用調查易致災、科技建 3D 數值高程模型前後期比對應用變異性評估、科技建 3D 點雲圖落石監控與防治、落石告警系統及 UAV/S 維生路線自動航攝與勘災等 5 大應用項目進行中，應用科技設備名稱、應用項目及路段詳如表 4.1 彙整。

表 4.1 應用科技設備名稱、應用項目及路段彙整表

設備名稱	應用項目	應用路段
UAV/S 加 LiDAR	1.光達應用調查易致災路段	重要風景觀光軸線:蘇花、中橫東段、阿里山公路
	2.變異性評估	台 8 線中橫便道、蘇花公路和仁路段蝕溝
UAV/S	3.落石監控與防治	蘇花 4 處、阿里山公路 1 處、新中橫 1 處
	4.落石告警系統	蘇花 3 處 (應力/變計、位移計、紅外線光柵偵測器、鋼索檢知器)、台 3 線 1 處及阿里山公路 1 處 (鋼索檢知器)
	5.維生路線自動航攝與勘災	7 條孤島維生路線

五、傳統與科技應用之效能比較

(一) 光達應用調查易致災效能比較詳如表5.1，對於調查範圍、作業步驟與時間及成果運用等項目，光達科技應用之效能均較傳統人工徒步探查作法精進。

表 5.1 光達應用調查易致災效能比較表

效能比較項目	傳統	科技應用	效能精進
調查範圍	公路2側各50公尺	下至溪底上至稜線	由目視視角至全面
作業步驟與時間	圖資套疊後逐段現地確認	圖資套疊後逐段運用正射影像確認	作業效率增進
成果運用	邊坡分級	進階危害度分級	成果更細緻

(二) 科技建3D 數值高程模型前後期比對應用變異性評估效能比較詳如表5.2，對於生命週期受災次數、調查範圍及客觀性等項目，科技建3D 數值高程模型前後期比對應用之效能均較傳統人工採航照圖資套疊作法精進。

表 5.2 科技建 3D 數值模型前後期比對應用變異性評估效能比較表

效能比較項目	傳統	科技	效能精進
生命週期受災次數	隱藏著高風險	提前迴避	降低日後維修成本
調查範圍	公路沿線一定範圍內	流域內	真正可落實山河橋路共治
客觀性	定性描述	決策參數具體量化	提高客觀性具說服力

(三) 科技建3D 點雲圖落石監控與防治評估效能比較詳如表5.3，對於監控範圍、巡查檢測及成果運用等項目，科技建3D 點雲圖落石監控與防治之效能均較傳統以目視巡檢作法精進。

表 5.3 科技建 3D 點雲圖落石監控與防治評估效能比較表

效能比較項目	傳統	科技	效能精進
監控範圍	目視50公尺高	全貌	由目視視角至全面
巡查檢測	落石崩落發現	微變位	檢測效率增進
成果運用	通報提醒	預防性防治	及早改善提升行車安全

(四) UAV/S 維生路線自動航攝與勘災效能比較詳如表5.4，對於勘災人力、勘災時間、範圍及安全性等項目，運用 UAV/S 維生路線自動航攝與勘災之效能均較傳統以人工徒步勘災之作法精進

表 5.4 UAV/S 維生路線自動航攝與勘災效能比較表

效能比較項目	傳統	科技	效能精進
勘災人力	約4-5人	約1-2人	節省2倍以上人力
勘災時間	2.5公里/1小時	60公里/1小時	時間加速20倍以上
範圍	上下邊坡各約50公尺	上下邊坡各約200公尺	勘災範圍超過4倍
安全性	災後即勘災有受災之虞	無人機航攝無受災之虞	人員安全度大幅提升

六、結論與建議

1. 以 UAV 搭載相機建3D 點雲圖，辦理落石分析確屬可行，且在傳統養護檢測效率及視角範圍，均大幅增進其效能。
2. 以 UAV/S 於災後自動航攝維生路線蒐集災情，與以往傳統人力徒步勘災方式比較，無論是人力、時間或範圍，亦均大幅增進其效能。
3. 山區公路之管理，平時人力無法觸及區域，導入科技之應用（遙感探測技術）辦理預防性養護，災時採風險管理辦理防災預警應變，可有效助於提升行車安全管理。
4. 本文所運用的科技技術是遙感探測，所採用的科技設備是 UAV/S 及 LiDAR，所應用的目的是提升山區公路行車安全管理，所增進的效能是巡檢的效率。以目前案例所研擬之作業準則草案，例如危害度分級制，其改善之輕重緩急涉及年度財務規劃，尚需更多實例驗證，預計107年底前完成，日後方能成為推廣應用之標準作業程序。
5. UAV/S 應用於本文案例各分類項目，於實務上有其優點亦有其適用條件，茲整理如表6.1 UAV/S 應用案例各分類適用性比較表供參。

表 6.1 UAV/S 應用案例各分類適用性比較表

類型	優點	適用條件
地表微變量測	可由地表凹陷或隆起變化快速鎖定落石區域	需有前期 3D 數值高程模型圖
浮石巡檢	可 360 度環景巡檢，仿近端觸檢每一區域	需針對地表無植被之裸坡
落石危害度分析	運用 DEM 藉由特徵判釋巡查出落石點並經由危害度分析辦理落石防護	需採空載光達將植被濾除
維生路線航攝與勘災	可藉由事前規劃之航線坐標快速自動來回航攝公路災況	風速大於 4 級或降雨會造成航行困難

誌謝

本文旨在分享階段性成果並宣導本局應用科技管理之決心，盼能收拋磚引玉之效；完成本文感謝二工處、四工處、五工處及本局養路組與公路防災中心，諸多同仁協助提供資料與圖片，以及主管們的積極推動，方能快速的有階段性成果展現分享。

屏東潮州台 1 線高架橋工程金安獎經驗分享

江金璋*、余成鈺**、林金輝***

一、前言

「代辦高雄機廠遷建潮州及原有廠址開發計畫—台 1 線高架橋工程」參加交通部「106 年度推動職業安全衛生優良公共工程選拔」初評，獲得 87 分優良成績。經交通部評審推薦參選行政院勞動部主辦之「106 年度推動職業安全衛生優良公共工程選拔」，榮獲第十一屆公共工程金安獎「佳作」。

二、計畫及效益

2.1 計畫緣起

本工程係為臺灣鐵路管理局辦理高雄機廠遷建潮州及原有廠址開發計畫內容之一。計畫緣起於臺鐵局為配合高雄市區鐵路地下化工程及臨港線拆除，為確保臺鐵車輛維修之需求，其原位於高雄市區之高雄機廠、南區供應廠、高雄港檢車分段必須遷建他處，經陳報核定以屏東縣潮州鎮已完成之「潮州車輛基地」區域旁之台糖用地作為高雄機廠遷建之廠址。該廠址基地位於屏東縣潮州鎮武丁農場，即約於台 1 線里程 418K~419K 之兩側（如圖 2-1），北側鄰近公路總局第三區養護工程處，西側緊鄰潮州車輛基地，東側為縣道 189 線（光春路）。由於機廠與到開編組線及檢車分段中間隔著台 1 線（光復路），為配合進廠線須穿越台 1 線，並考量台 1 線之交通量及行車安全，該台 1 線之平面路段須配合高架化。

* 公路總局西部濱海公路南區臨時工程處處長

** 公路總局西部濱海公路南區臨時工程處第五工務段段長

*** 公路總局西部濱海公路南區臨時工程處第五工務段幫工程司

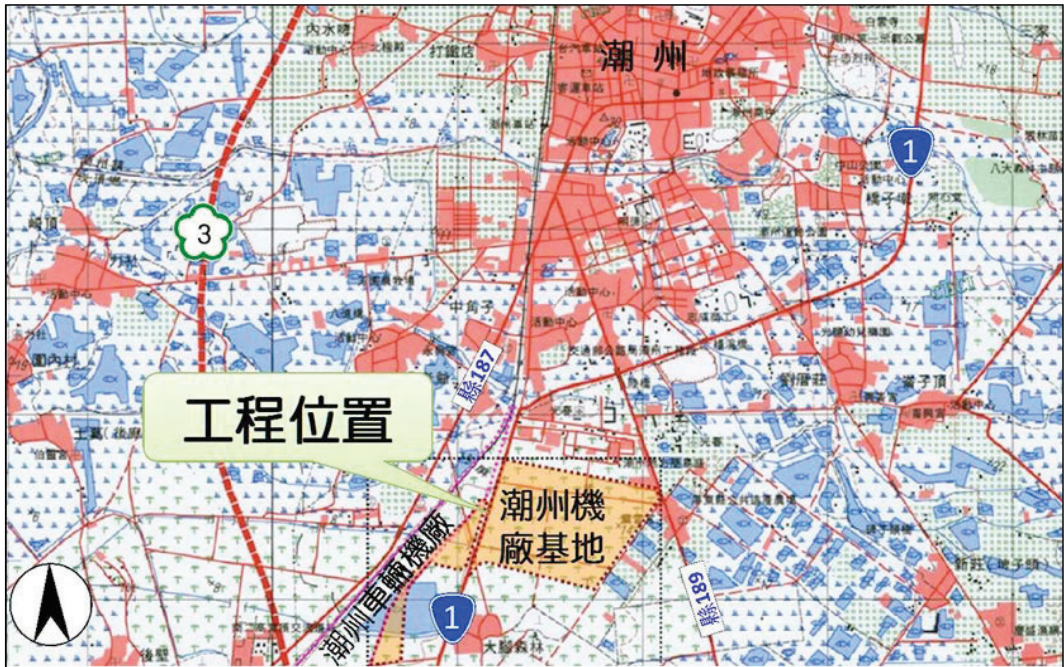


圖 2-1 工程位置圖

2.2 工程效益

本工程高架橋主橋以單拱雙弧的吊索鋼拱橋型式設計，拱橋高約 27 公尺，單跨最大跨距達 120 公尺，橋兩側設置人行步道及觀景平台可供民眾駐足觀賞（如圖 2-2），未來結合臺鐵局於機廠規劃之鐵道文物展示，可望為屏東新增一處遊憩據點，促進地方觀光發展。



圖 2-2 完工現況鳥瞰照片

三、工程內容

3.1 工程基本資料

主辦單位：交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處

監造單位：交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處第五工務段

設計單位：台灣世曦工程顧問股份有限公司

承攬廠商：瑞鋒營造有限公司

結算金額：5 億 4,731 萬元

開工日期：104 年 10 月 1 日

實際工期：812 日曆天

實際完工日期：106 年 12 月 20 日

3.2 工程概述

工程範圍為台 1 線里程 418K+040 至 418K+980，位於屏東縣潮州鎮（如圖 3-1），主要工作項目如下：

1. 景觀橋：鋼拱橋+鋼橋面板（如圖3-2），橋面全寬31.4~ 35.4公尺（含觀景台及防落板），跨徑配置為單跨120公尺。
2. 引道橋：P.C.BOX 梁橋（如圖3-3）320公尺，橋面全寬20.6~ 24.4公尺，跨徑配置為（5@40m）+（3@40m）。
3. 擋土牆工程：L 型擋土牆，北端長約112.55公尺，南端長約91.55公尺。
4. 平面道路：自418K+040 至工程終點418K+980。
5. 人行樓梯：景觀橋前後及兩側各設置1處，合計4處。
6. 改道便道：全長約811公尺，路寬25公尺。
7. 景觀工程、移植工程、排水工程、照明工程等。

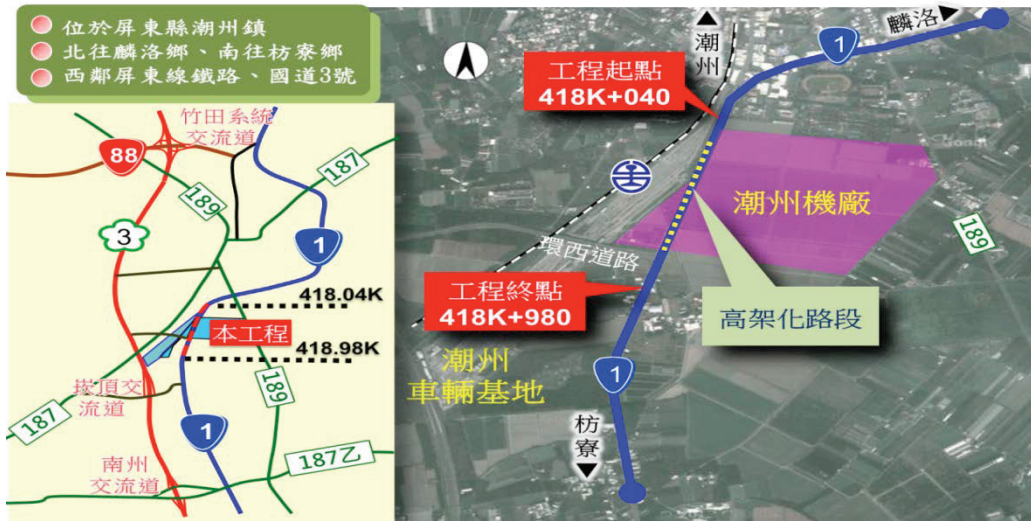


圖 3-1 工程位置示意圖

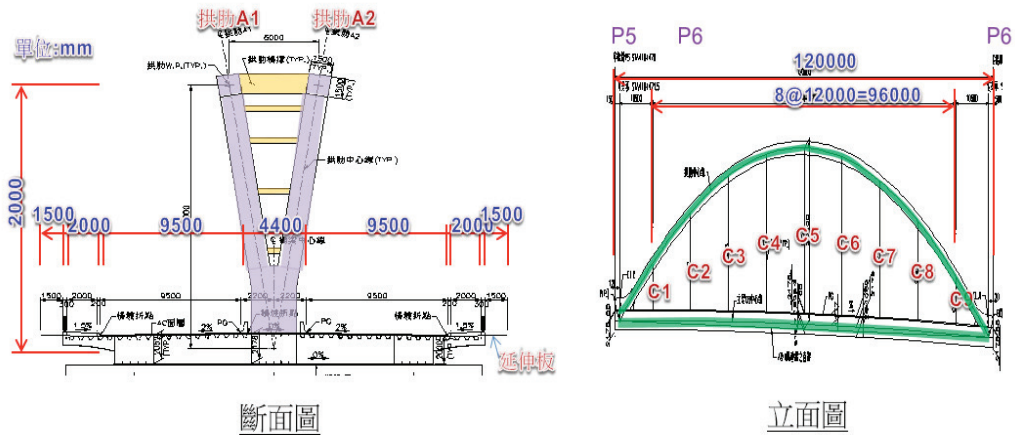


圖 3-2 第二單元鋼拱橋斷面、立面圖

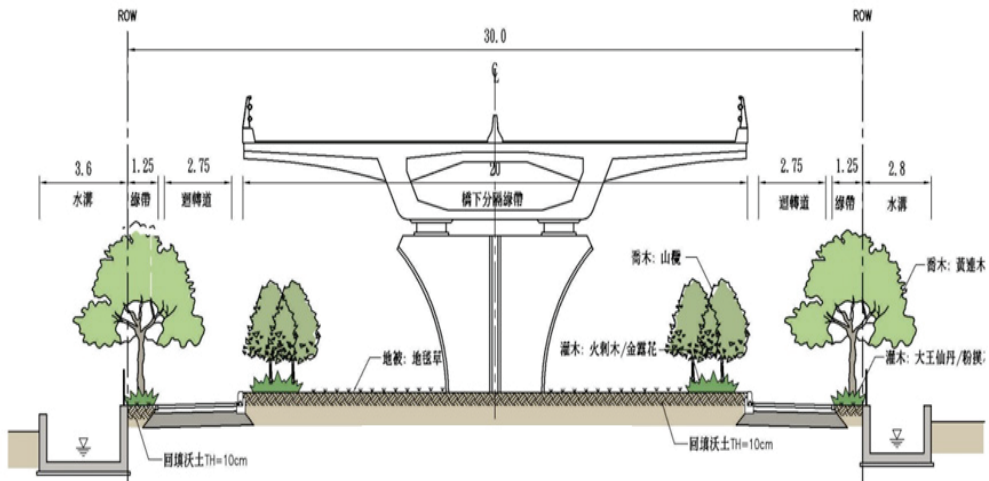


圖 3-3 第一、三單元工程標準斷面圖

四、風險評估管理

4.1 設計原則

本計畫道路為省道台 1 線原址，屬三級路平原區之主要公路，主線設計速率採 70 公里/小時。配合潮州機廠計畫基地開發，於原台 1 線改採高架橋方式構築，規劃方案如下：

1. 平面線形

(1) 主線（既有台 1 線原址）

本工程路線方案依既有台 1 線線形布設，並無更動，高架橋兩側各配置迴轉道銜接南側路口，以維持路口之交通運轉，路線全長約 940 公尺。

(2) 改道便道

本工程配合工區全面封閉施工，故於計畫道路東側約 50M 之台糖土地另建改道便道，以設計速率 40 公里/小時佈設平面線形，以引導施工期間之車流。該改道便道於主體橋梁工程通車後，交由台鐵局後續機廠工程再利用及拆除。

另本工程配合整體路網以串聯鄰近交通動線，達成完善運輸功能，於高架橋路段兩端規劃迴轉道，設計速率為 30 公里/小時。本工程利用兩側橋下空間規劃人行道，以滿足人本思維，相關迴轉道及人行動線如圖 4-1 所示。

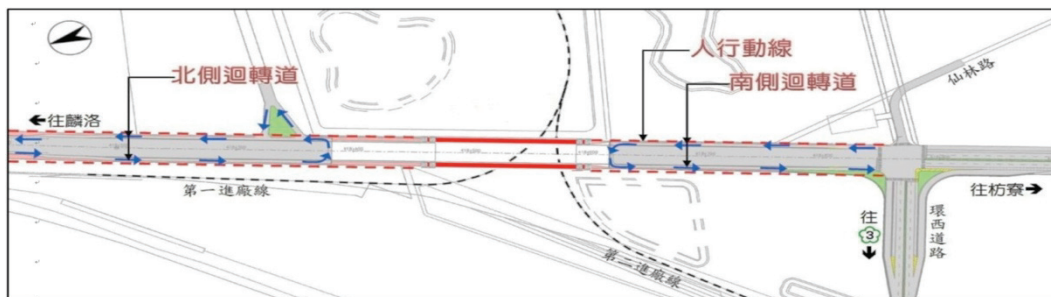


圖 4-1 南、北側迴轉道平面圖

配合路線方案，橋梁跨徑配置如圖 4-2，說明如下：

單元	第一單元：北側引橋	第二單元：景觀橋	第三單元：南側引橋段
里程	418K+270~418K+470	418K+470~418K+590	418K+590~418K+710
橋型	加肋預力箱型梁	中央鋼拱橋	加肋預力箱型梁
跨徑	<u>5@40=200m</u>	<u>120m</u>	<u>3@40=120m</u>

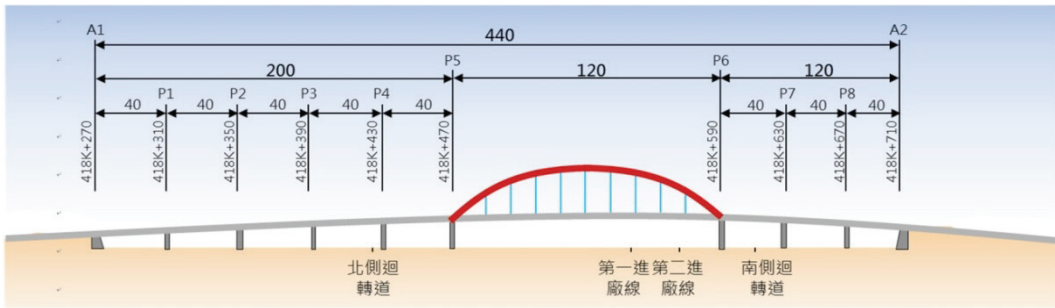


圖 4-2 橋梁配置立面圖

4.2 安全考量重點

本工程興建時，橋下鐵路軌道尚未興建，故無鐵路近接施工之問題。高架橋採全面施工，租用東側台糖土地興建改道便道，以維持施工中台 1 線車流之順暢。工程施工期間，需考量改道便道南北兩端與台 1 線匯流之路口交通安全，及高架橋高空作業施工之安全性。

4.3 工程施工風險辨識

依據擬定之施工計畫，了解工程實施方式可能出現之狀況，並檢討評估可能出現之危害，再依據作業拆解結果篩選其中較重大之工程內容，予以加強評估。以模擬工程推展流程逐項進行推演施工過程可能出現之情境，參酌過去施工經驗及曾經發生之災害案例，以發掘辨識潛在之危害，辨識可能出現之災害類型，包括衝（被）撞、交通事故、開挖面崩塌、地盤下陷、湧水（砂）、感電、物體倒（崩）塌、物料飛落、墜（滾）落、營建機械翻落、被夾捲切割擦傷、噪音、物體破裂、粉塵危害、污廢水及溺斃等可能危害項目，並據以規劃各項安全防護設施。

4.4 工程施工風險評估

工程施工風險辨識並確認後，逐一就各潛在危害，交互比較判斷其發生之可能性高低及災害嚴重性之輕重，並予以量化風險評量。

風險等級的評估決定於以下兩個因素：

- 危害發生的機率
 - 危害一旦發生，對成本、工期所造成之影響，即所謂的危害嚴重性
- 有關風險可能性等級及嚴重度等級，採量化式表達，如表 4-1 所示：

表 4-1 風險可能性及嚴重度等級分級表

可能性狀況	等級	嚴重度狀況	等級
極有可能	3	重大	3
有可能	2	中等	2
可能性低	1	輕微	1

風險評估是融合可能性等級與嚴重度兩個因素來判定其風險等級，而所判定的方法，係利用風險等級矩陣法之風險評值表（風險值=可能性×嚴重度），如表 4-2 所示：

表 4-2 風險評值表

風險評估值			嚴重度		
			重大	中等	輕微
			3	2	1
可能性	極為可能	3	9	6	3
	有可能	2	6	4	2
	可能性低	1	3	2	1

風險等級將依危險值區分為 3 級，亦即高度危害、中度危害及低度危害等 3 級，簡述如表 4-3 所示：

表 4-3 風險危害等級表

危險值	危害等級
6-9	高度危害（R3）：表示施工風險危害大，除了以設計及安衛等措施予以消滅並降低風險外，並藉由危害等級的標示，通過風險訊息的傳遞，以為營建階段予以特別照顧及控管。
3-4	中度危害（R2）：相較 R3 等級，這種施工風險次之，除了以設計及安衛等措施予以消滅並降低風險外，其危害等級通過風險訊息的傳遞，以為營建階段予以注意及控管。
1-2	低度危害（R1）：這種風險雖較小，設計階段仍需透過設計及安衛措施等手段予以降低風險。

4.5 設計階段風險評估

本工程於設計階段，即依工址現況及工程目的，研提設計方案，並分析後續施工安全性，檢核出設計內容可能於施工時出現之危害狀況並研擬預防對策，提出設計階段細部風險評估報告書。本工程設計階段評估結果及安全管理對策如表 4-4 所示：

表 4-4 安全管理對策表

工程分項	作業內容	安全管理對策
場鑄逐跨	支撐架設與移設	移動式起重機一機三證（機具、吊索之保養與檢視）、機具作業區須足夠地盤承载力、人員確實配帶防護裝備、設置上下設備與安全護欄、支撐型鋼依規定安裝並經常性檢視外觀
	外模組立與移設	人員確實配帶防護裝備、設置上下設備、安全護欄、工作平台、安全網、作業主管在場監督
鋼構	鋼橋吊裝	設置安全網、訂定墜落災害防止計畫、設置上下設備、安全護欄、工作平台、人員確實配帶防護裝備、物料確實牢固

4.6 施工階段風險評估

工程發包後，由監造單位邀集承商，並由設計顧問公司說明設計階段細部風險評估報告結果，進行風險傳遞，再由承商依據施工規劃及動員情形，據以研提施工階段細部風險評估報告書，以強化減災作為如表 4-5 所示：

表 4-5 施工階段風險辨識結果表

本工程高風險作業	施工項目	施工風險危害評估
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 全套管基樁工程 ✓ 基礎墩柱帽梁工程 ✓ 鋼構安裝工程 ✓ 逐跨場撐箱型梁工程 	全套管基樁施工	感電、墜落、物體飛落
	基礎施工	墜落、崩塌、被撞、物體飛落
	施工架組立	墜落、倒塌
	墩柱帽梁施工	物體飛落、墜落、倒塌
	鋼構吊裝施工	墜落、倒塌、感電、物體飛落、翻覆
	場撐箱型梁施工	物體飛落、倒塌、墜落、感電、缺氧

高風險作業項目及防範作業 - 下構部分施工流程如圖 4-3 所示：

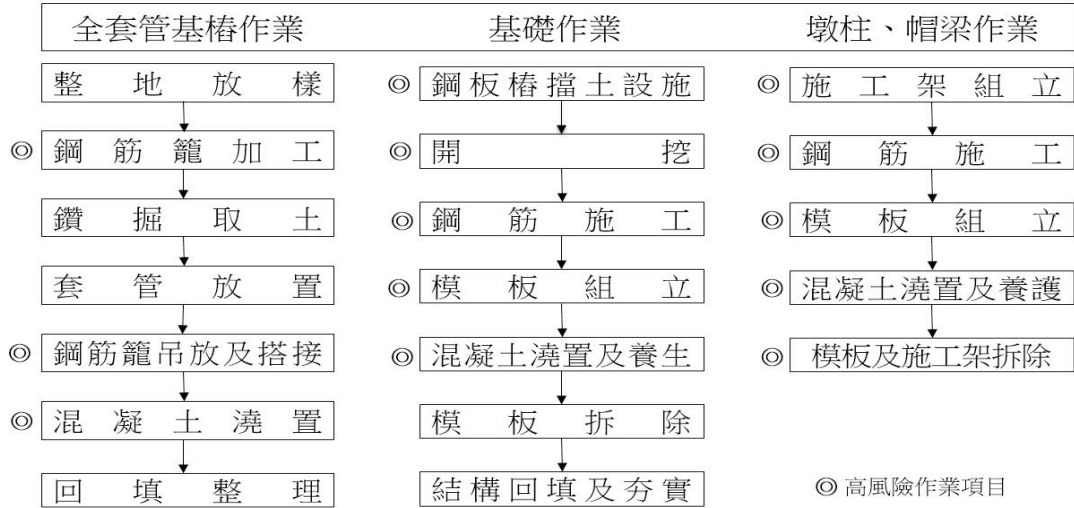


圖 4-3

高風險作業項目及防範作業 - 上構部分施工流程如圖 4-4 所示：

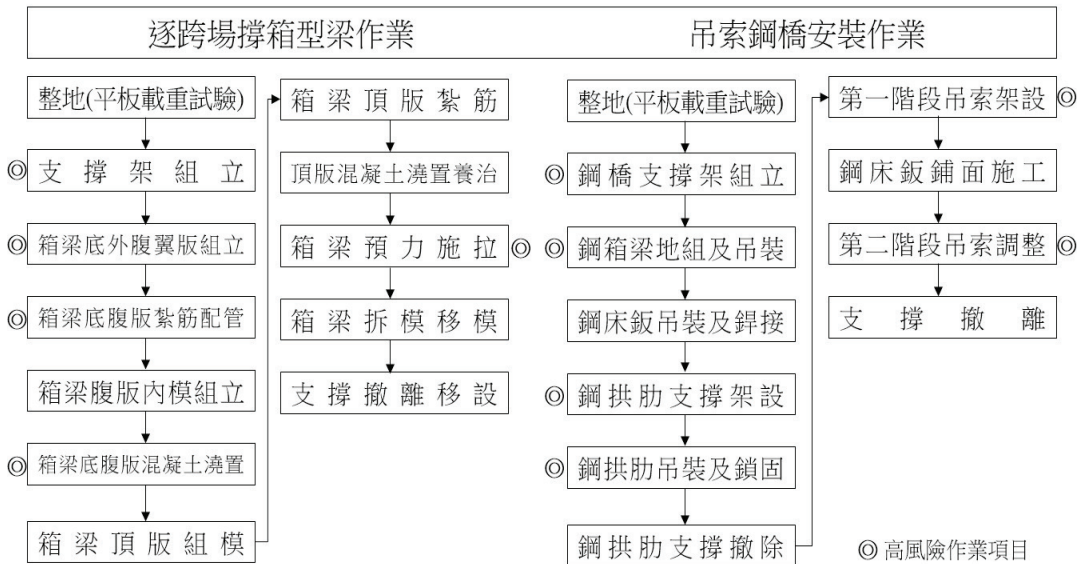


圖 4-4

4.6 安全對策研擬

1. 吊掛作業劃設危險區域，拆除過程，人員禁止進入該區域。
2. 吊掛作業施工區域放置三角錐與連桿。
3. 吊掛作業設置地面指揮人員，維護地面安全。
4. 吊掛作業時，人員禁止進入吊掛物下方。
5. 吊掛作業設置合格指揮人員，在架空電線附近時應保持密切監視。
6. 合格起重機操作人員。
7. 電器設備裝設接地線。
8. 用電設備裝設漏電斷路器。
9. 使用之電纜線採取架高，並嚴格要求勿隨意放於地面上。
10. 臨時用電設備自動檢查。
11. 進入工地時檢查所有電器設備是否有絕緣破損。
12. 電焊施工人員穿戴絕緣安全鞋。
13. 乙炔鋼瓶嚴禁置於烈日下曝曬。
14. 乙炔鋼瓶建立自動檢查維護鋼瓶，遇有腐蝕或損傷，應予汰除。
15. 鋼瓶進場時檢點，發現腐蝕或損傷，應予汰除。
16. 預留筋應使用鋼筋保護套。
17. 開挖區周圍設置安全監測儀器並定時監測。
18. 開挖區周圍設置安全防護欄杆。
19. 橋面板等高架作業前，先行張掛安全母索並使勞工配戴安全帶。
20. 模板支撐施工圖委請專業人員簽章確認其安全性。
21. 混凝土澆置期間指派模板工巡視。
22. 作業前安全衛生教育訓練。
23. 指派相關之作業主管至工作現場督導、指揮及協助相關作業。
24. 高處作業者，需設置安全之作業平台，供作業勞工使用，若無法設置者，則使用高空工作車協助。

4.7 危害減輕對策如表4-6：

表 4-6 危害減輕對策表

工程分項	作業內容	安全管理對策
施工中交通動線	交維便道	租用農地作為改道便道，道路斷面比照原台 1 線配置，設置護欄、隔欄、防眩板，以維持行車安全
基礎施工	全套管基樁	基樁如需貫入或貫穿壓力水層時，應於套管內維持適當水頭或以其他方式控制，避免管湧現象發生，造成災害或損及承載力
鋼筋綁紮	墩柱鋼筋	組立時設置鋼筋墩柱施工鋼筋樣架及斜拉鋼索固定，減少倒塌風險
鋼構	鋼橋吊裝	設置安全網、訂定墜落災害防止計畫、設置上下設備、安全護欄、工作平台、人員確實配帶防護裝備、物料確實牢固
		局限空間作業時，應置備測定空氣中氧氣及其他有害物氣體濃度之儀器，作業過程應保持通風換氣。作業人員應接受相關之缺氧安全衛生教育訓練，並訂定局限空間安全衛工作守則，以加強危害預防知識
場鑄逐跨	支撐架設與移設	移動式起重機一機三證（機具、吊索之保養與檢視）、機具作業區須足夠地盤承載力、人員確實配帶防護裝備、設置上下設備與安全護欄、支撐型鋼依規定安裝並經常性檢視外觀
	外模組立與移設	人員確實配帶防護裝備、設置上下設備、安全護欄、工作平台、安全網、作業主管在場監督
鋼橋面版	鋼床板	施工中橋面版設置安全護欄、通道旁剪力釘上方舖設踏板，以防墜落及絆倒風險
	GUSS 瀝青混凝土	舖設 GUSS 瀝青混凝土時，施工人員配帶防護裝備。橡膠瀝青系黏著劑塗刷時嚴禁火氣，加熱拌合瀝青時應符合職業安全衛生相關法令之規定，熔解爐旁須依設置管理員，並備有消防滅火設備

五、職業安全衛生優良作為

1. 鋼梁橋採用預組吊裝工法(如圖5-1)，鋼梁橋之橋墩為大跨徑，鋼構件於工廠製作，具專業設備，施工精度佳，品質穩定，且較安全，現場地面組裝提高施工安全性。使用大噸數之吊車吊裝，減少施工人員墜落之危害並縮短工期。



圖 5-1 鋼梁橋現場預組吊裝照片

2. 鋼拱橋跨度120公尺，單拱雙肋造型美觀，為特殊造型景觀橋，除採鋼箱梁外，橋面版採鋼床板(如圖5-2)，大幅減輕橋面版重量，且降低高空作業之危險性。

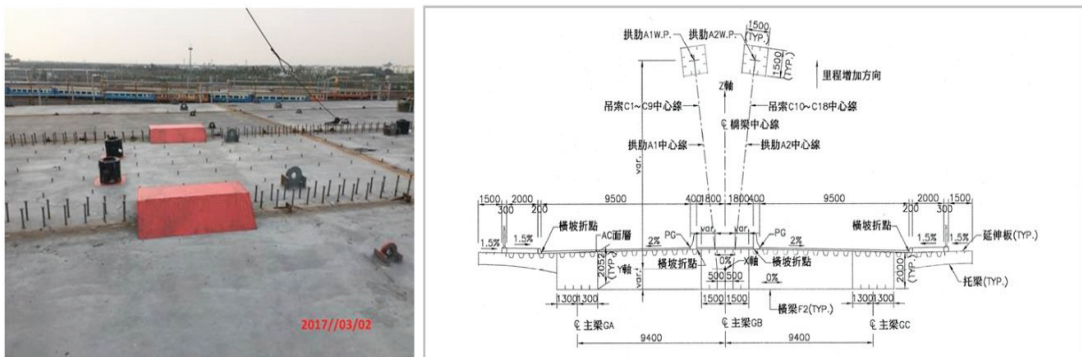


圖 5-2 鋼床板照片及鋼橋橫斷面圖

3. 墩柱基礎於組立時採用施工鋼筋樣架及斜拉鋼索固定，鋼筋採定尺施工(不搭接)，增加施工安全性(如圖5-3)。



圖 5-3 鋼筋樣架及斜拉鋼索固定照片

4. 引橋採用場撐預力混凝土箱型梁工法，使用之支撐架均採用圓盤系統支撐架且為新品（如圖5-4），承重能力符合 CNS4750 之規定，節省費用縮短工期，降低墜落及物體飛落風險（如圖5-5），並兼具安全性。

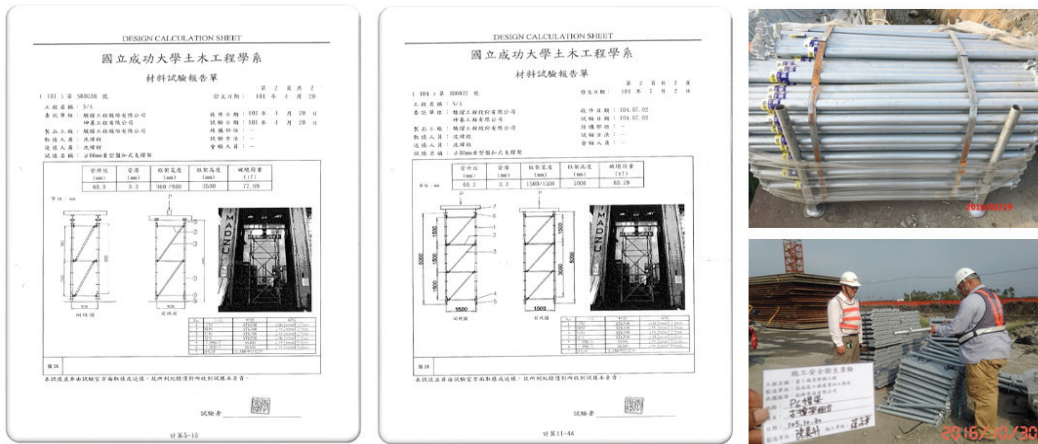


圖 5-4 圓盤系統支撐架檢驗合格文件及新品進場檢查照片

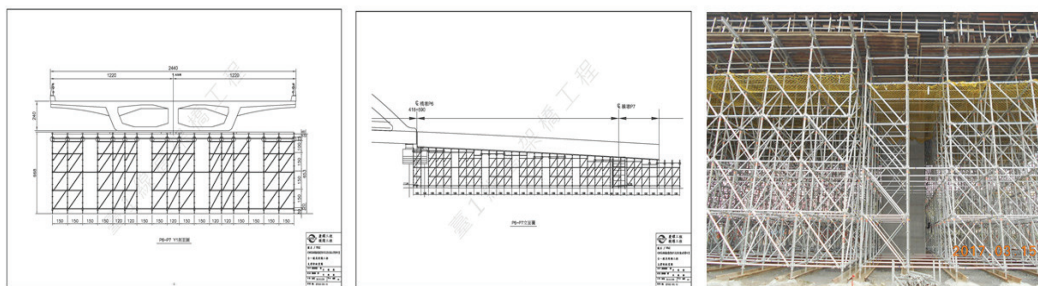


圖 5-5 圓盤支撐架配置圖及現場完成照片

5. 採用符合國家標準之施工架，並提出有效管理，本標使用之施工架，均為新採購且符合 CNS4750 A2067規定之施工架（如圖5-6），進場前均以提送相關資料供審，確認合格方才進場使用。



圖 5-6 施工架相關檢試驗證明文件及進場照片

6. 設置交維便道，工區封閉施工，降低交通衝擊，提升施工安全（如圖5-7）。



圖 5-7 交維便道設置情形

7. 總局及工程處於工安診斷聘請專家學者協助工地查核（如圖5-8），有效提升工地安全衛生管理。



圖 5-8 專家學者協助工地查核照片

8. 各年度辦理職安衛人員教育訓練，邀請監造單位及承商派員參加（如圖5-9）。



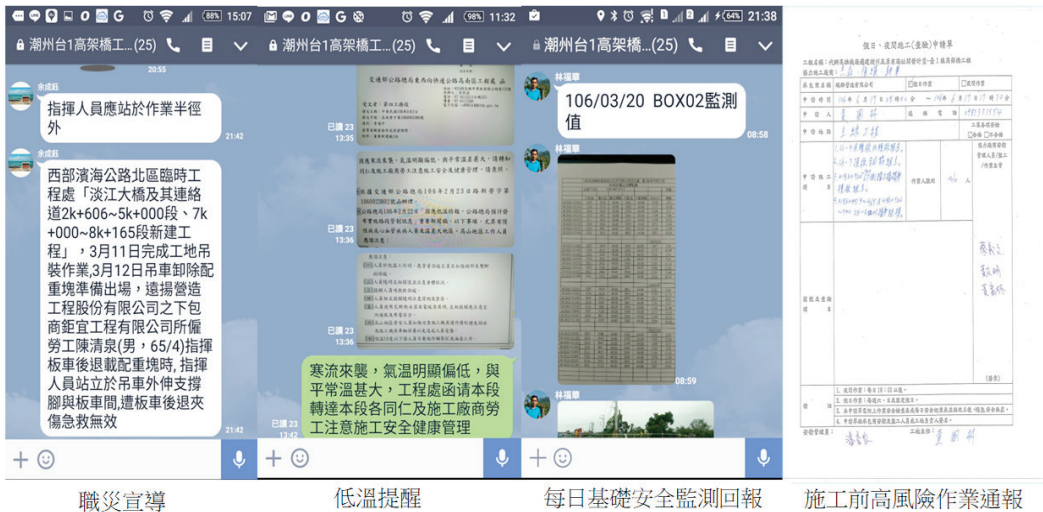
圖 5-9 派員參加工程處辦理職安教育宣導會

9. 工地主要施工位置及出入口設置 CCTV 即時監控系統，針對施工區域進行監控，監視作業場所人員施作及車輛出入狀況，即時處理與應變（如圖5-10）。



圖 5-10 CCTV 即時監控系統

10. 監造單位利用 Line 通訊軟體等措施進行職災宣導並回報安衛檢查概況，有效掌握工區施工現況（如圖 5-11）。



職災宣導 低溫提醒 每日基礎安全監測回報 施工前高風險作業通報

圖 5-11

11. 加強積極推動營建工地環保污染防治措施設置及環境保護工作榮獲屏東縣政府105年「營建工程優良工地」評選第一名（如圖 5-12）。



圖 5-12

12.協助周邊道路清洗、落實敦親睦鄰工作，獲里長感謝（如圖5-13）。



圖 5-13

六、結語

本工程自設計階段，即要求設計顧問公司依據現地情形妥為規劃工地安全事宜，包括設置交維改道便道、CCTV 監控、鋼床板施工等。於開工後為利更精進執行監造職安衛查核事宜，在既有監造計畫外，又依據「加強公共工程職業安全衛生管理作業要點」第 12 點，訂定本工程施工安全衛生監督查核計畫，制定安全檢查停留點、抽查時機、方法及頻率等，相關安衛抽查紀錄表單亦隨時更新，工地確實據以執行。

本工程交通維持、安全衛生及環境保護費用除契約數量外，承攬廠商瑞鋒公司另增加多項契約外之設備或數量之採購，以確實執行工地安全衛生。另工地人員亦積極配合工程處之安衛政策，辦理相關教育訓練，並訂定及執行協力廠商之獎懲，使工地工程師對於安全衛生要求更加用心及落實。

本工程能獲得肯定，從設計階段，到監造單位及施工廠商的全力配合參與，及工程處與總局各級長官的督導，缺一不可。過程雖然辛苦，但所有工程人員也在每個階段獲得寶貴的經驗，更期許往後能打造一個更加安全的職場環境，以期達到「工安零職災、零事故」的目標。

臺灣公路工程月刊徵稿簡則

- 一、本刊為交通部公路總局工程同仁業餘進修刊物，歡迎本局同仁及國內外有關公路之工程、經濟、規劃、管理、資訊等未經刊登於其他刊物之研究論著均接受投稿；論文如屬接受公私機關團體委託研究出版之報告書之全部或部份或經重新編稿者，作者應提附該委託單位之同意書，並於論文中加註說明。凡由本刊主動邀稿者，不受上述限制。
- 二、本刊為一綜合性公路工程刊物，下列各類稿件均表歡迎：
 1. 論著：以公路工程之理論著述，創作發明，具有學術價值者為主。
 2. 專題研究：以實際經驗及創見，促進技術之改進者為主。
 3. 譯述：以譯述國外書刊雜誌或工程報導，具有參考或實用價值者為主，長稿予以節譯，如涉及著作權問題，由譯者自行負法律責任。
 4. 實務報導：以報導工程設計、施工、試驗之實際經驗為主。
 5. 法令釋義：以介紹或解釋公路交通法規為主。
 6. 新書介紹：以介紹國內外有關公路工程交通新書為主。
 7. 工程文摘：以介紹國內外有關公路交通工程新知識為主。
 8. 讀者通訊：以反應或解答有關公路交通工程問題為主。
 9. 工程報導：以報導國內公路交通工程動態為主。
 10. 業餘隨筆：以有關工程方面之輕鬆雋永之散文記述為主。
- 三、為便於一次刊出，來稿以一萬五千字為限，其中應包括三百字以內之摘要及三至五個關鍵詞，並請註明姓名、身份證字號、戶籍地址、服務單位、職稱、聯絡地址及電話。
- 四、文稿中需註釋處，請標明上標不加括號序碼，按順序往下連續編號，再於文後條列說明。文稿中之數學式，函數請使用正體字、變數請使用斜體字。圖及表中之中文字請使用新細明體，英文字請使用 Times New Roman 字體，圖原則上不加框、繪圖物件以群組處理，表之框線均採細線。參考文獻請按出現序排列，文中提及時請標明上標加括號序碼，參考文獻資料必須完整無缺，請依序書寫作者姓名、論文篇名、期刊（圖書）題名、卷期、出版社、出版日期、起迄頁碼。
- 五、來稿照片、圖片解析度需清楚（或附寄原版），凡無法清晰辨認及製版者，恕不接受；並請提供 Microsoft Word 2010（含以上）版本之電子檔。
- 六、本刊編輯委員對來稿在不變更其論點之原則下有刪改權，來稿一經發表，依本社規定致稿酬，版權歸本刊所有，其他刊物如需轉載，應同時徵得作者及本刊同意，並註明出處。
- 七、來稿如欲退還稿件請附足郵資。
- 八、投稿請寄臺北市萬華區東園街 65 號 8 樓臺灣公路工程月刊社收。

臺灣公路工程

出版者：臺灣公路工程月刊社

地 址：10863 臺北市萬華區東園街 65 號

電 話：(02)2307-0123 轉 8008

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

編 者：臺灣公路工程編輯委員會

出版年月日：中華民國 107 年 5 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：先施印通股份有限公司

地 址：10491 臺北市中山區八德路二段 180 號

電 話：(02)8772-5566

中華民國 107 年 5 月初版一刷

GPN：2004100003

ISSN：1812-2868

著作財產權：交通部公路總局

本刊內容不代表本局意見，發表之文字如需轉載或引用
請先徵得本刊之同意。

(請洽臺灣公路工程月刊社，電話：(02)2307-0123 轉 8008)

半年新臺幣 150元
一年新臺幣 300元
軍人及學生半價優惠

訂閱匯款至中央銀行國庫局(代號0000022)
帳號(共14碼)：1 1 2 9 7 1 0 9 0 9 5 0 1 9
戶名：交通部公路總局其他雜項收入戶

ISSN 1812-2868



9 771812 286005

GPN200410003

定價新臺幣30元