

ISSN:1812-2868

臺灣公路工程

第 41 卷 第 2 期

〈每月 15 日出刊〉



TAIWAN HIGHWAY ENGINEERING

Vol. 41 No.2 Feb. 2015

交通部公路總局

中華民國 104 年 2 月 15 日

聖嚴法師 自在語

～心靈成長～

當你體認到自己的智慧不足時，
智慧已經在無形中增長了。

心要如牆壁，雖然不動，確有作用。

要做無塵的反射鏡，
明鑑一切物，不沾一切物。

當大家都在盲目地爭奪之時，
你最好選擇另外一條路走。



封 面 說 明

台24線 霧台谷川大橋

鍾漢賢攝

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 2 期 目錄

實務報導

- 預力混凝土橋懸臂工法節塊預拱量施工管理—以台 24 線霧台谷川大橋為例
.....陳永興、鍾漢賢、周紹傳...(2)
- 山區公路邊坡強降雨監控與管理
.....陳文信、陳進發、顏召宜、賴佳聖...(28)

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

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/>出版薈萃

預力混凝土橋懸臂工法節塊預拱量施工管理

—以台 24 線霧台谷川大橋為例

陳永興*、鍾漢賢**、周紹傳***

摘要

梁形式構造物在重力的影響下，有明顯撓度發生，當梁跨距越大，而施工步驟是逐層加載或逐步懸伸時，撓度控制越形重要。一般撓度控制採取「回撐」與「預拱」兩種方法，「預拱」又分全跨撓度的預拱（如鋼箱梁橋、支撐先進等）與逐跨撓度的預拱（如斜張橋、平衡懸臂工法預力梁橋等）。一般橋梁預拱僅考慮短期彈性撓度，而需考慮長期撓度的有斜張橋與預力梁橋。全跨預力梁混凝土梁跨徑短，可由千斤頂施拉補足長期預力損失；但節塊逐步懸伸的預力混凝土橋梁跨徑長，影響長期的撓度需再考慮混凝土的時間因素。本工程跨河段為預力混凝土平衡懸臂工法，利用工作車錨碇在已完成的單元上，構築下一單元節塊逐步懸伸。因此本橋施工中預拱量控制成為重要課題。

本文除簡述預力混凝土箱型梁橋懸臂工法影響箱型梁節塊撓度的因素及國內本工法節塊預拱量計算模式之演變外；重點在施工中如何將推導出的公式，善用 EXCEL 巨集與自訂函數來計算並管控預拱量的實作方法，並以台 24 線霧台谷川大橋為計算例，探討懸臂工法節塊預拱量管控過程與成果，期有助於橋梁懸臂工法節塊預拱量管理之參考。

一、前言

箱型梁節塊預拱量控制為預力混凝土箱型梁橋懸臂工法重要之施工管理之一。而影響節塊撓度之因素眾多，計算預拱量如何考量這些因素使預拱量之管控達到預期效果，若管控不當，將影響最終之閉合。本文即以甫於 102 年 10 月通車之霧台谷川大橋為計算例，計算懸臂節塊之預拱量及各施工階段之撓度，並配合現地測量資料之回饋修正預

* 交通部公路總局第三區養護工程處 課長

** 交通部公路總局第三區養護工程處潮州工務段 副段長

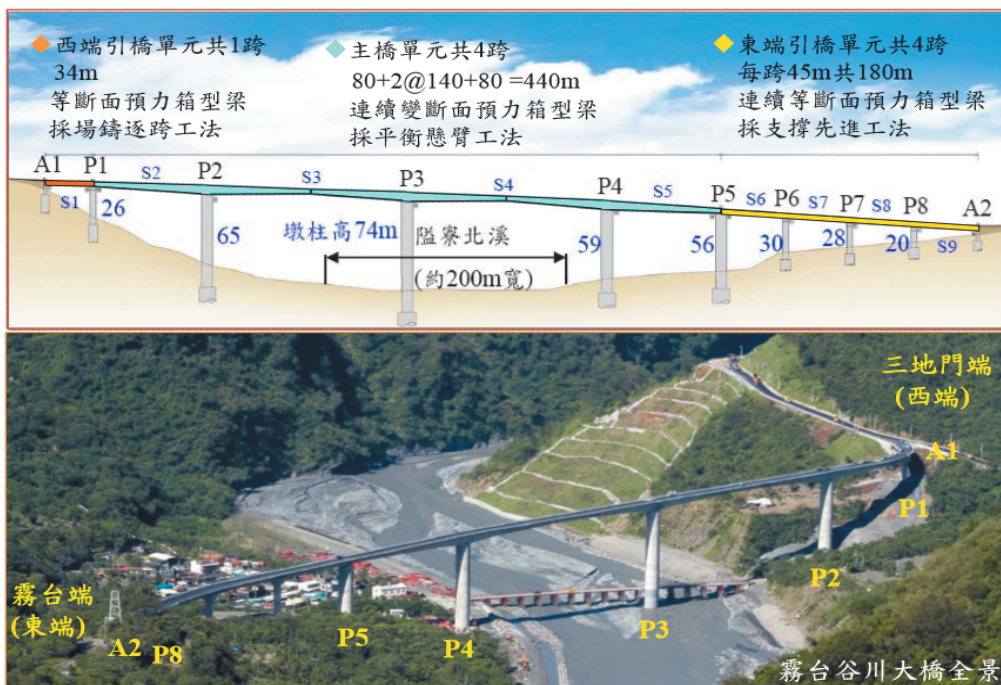
*** 中泐工程顧問股份有限公司 技師

拱量，其成效顯著，順利閉合。

原台 24 線 32K+890 第一號橋興建於民國 61 年，橋寬 4.7 公尺，跨越隘寮北溪，橋長 53.5 公尺，為霧台鄉聯外交通之主要橋梁（圖一）。98 年 8 月 8 日莫拉克颱風超過 2500mm 之降雨量，該橋梁遭洪流沖毀而埋沒。為恢復交通，隨即重建新橋（霧台谷川大橋）於 99 年 12 月開工，102 年 10 月 5 日竣工通車。該橋梁下部結構採井筒式基礎、圓形等斷面墩柱，共 8 墩，其中落於行水區之 P3 墩柱高度 74 公尺，為全國最高橋墩柱；上構採預力混凝土箱型梁，橋寬 10 公尺，共 9 跨，其中主橋 4 跨共 440 公尺，最大跨徑 140 公尺，採懸臂工法施工；前後端之引橋共 5 跨共 214 公尺，採場鑄逐跨工法及支撐先進工法施工（圖二） [1]。



圖一、霧台谷川大橋位置圖



圖二、橋梁縱斷面圖及完工全景照片

本橋上部結構以不同施工方式分為三種工法，分述如下：

- 1.U1 為西端之引橋單元(A1~P1 間)，為跨徑 34 公尺之單跨等斷面 PC 單室箱型梁，梁深 2.8 公尺。因梁底距地面高度最大約僅 15 公尺，評估即採就地支撐工法施工。
- 2.U2 為跨河段之主橋單元 (P1~P5 間)，為 4 跨跨徑 80+2@140+80 共 440 公尺之連續變斷面 PC 單室箱型梁，梁深 2.8~5.6 公尺，採場鑄節塊懸臂工法施工，為本工程施工要徑。
- 3.U3 為東端之引橋單元 (P5~A2 間)，為 4 跨跨徑@45 共 180 公尺之連續等斷面 PC 單室箱型梁，梁深 2.8 公尺，採支撐先進工法施工。

本文即針對 U2 系統上構箱型梁節塊推進時現地施工測量管控作一介紹，工程施工照片詳圖三、圖四。



圖三、橋梁施工照片（一）



預力套管灌漿作



P4

P3

P2

P2~P4 橋面距河床面高 55~64



預力施拉作

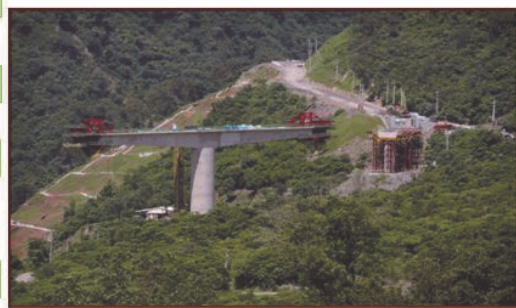
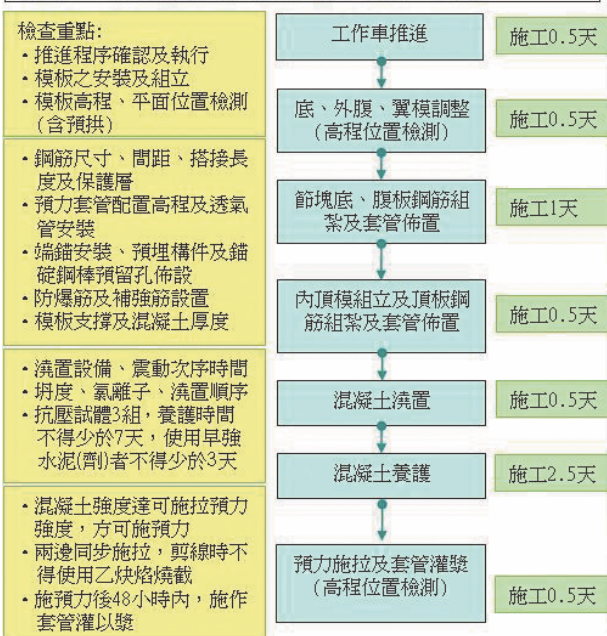


懸臂工法測量作

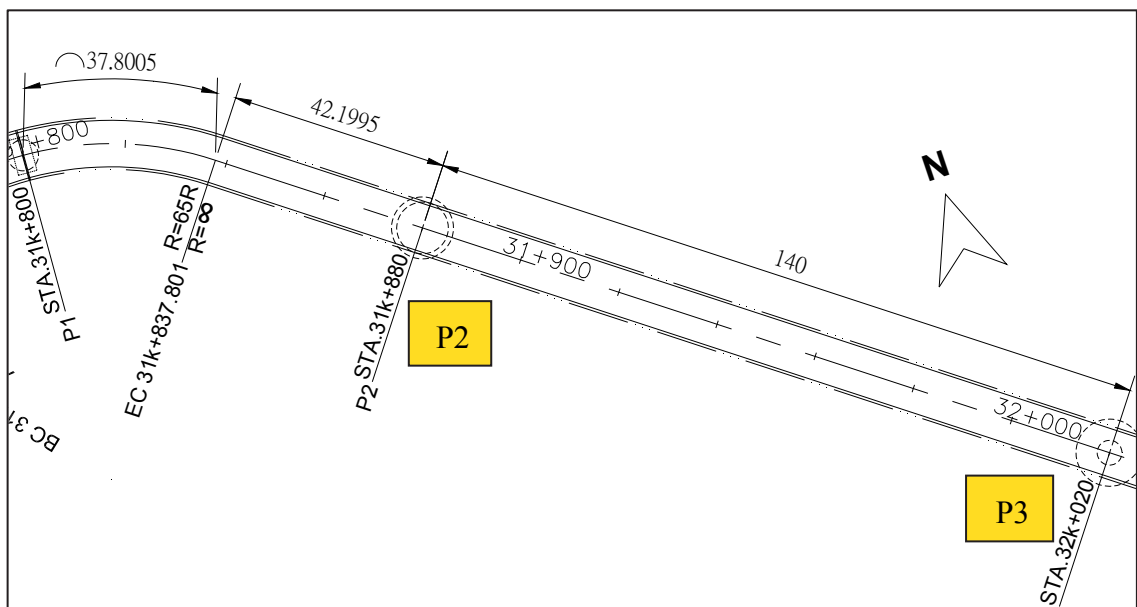
圖四、橋梁施工照片（二）

U2 單元(P1~P5 間)為本工程要徑，P2、P3 及 P4 橋墩兩端共 6 部懸臂工作車同時施工，每部工作車須完成 14 個節塊 ($4@3.5+10@5.0= 64\text{m}$)，以完成 4 跨連續 $80+2@140+80=440\text{m}$ 變斷面箱型梁。即 P1~P5 間上構採用預力混凝土場鑄箱型梁節塊懸臂工法，主跨 P2~P3、P3~P4 跨距 140m，端跨 P1~P2、P4~P5 跨距 80m。預力箱型梁採用鑄節塊懸臂工法施工的程序如圖五所示，P2、P3 及 P4 各墩回填後河床面至橋面高分別為 55、64、56 公尺。前段端跨 (P1~P2 間) 處有半徑 65m 的平曲線，節塊有 37.8m 在圓曲線上，如圖六所示。

懸臂節塊推進標準施工流程由預定9天1節塊，承荷積極配合趕工，成功壓縮至6天完成1個節塊(共14節塊)。

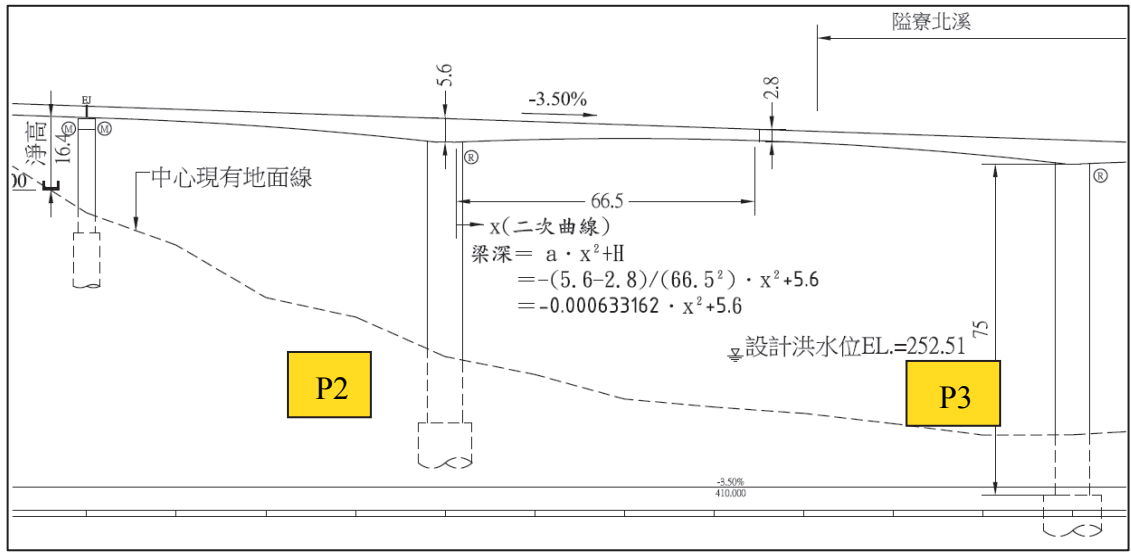


圖五、場鑄節塊懸臂工法施工流程



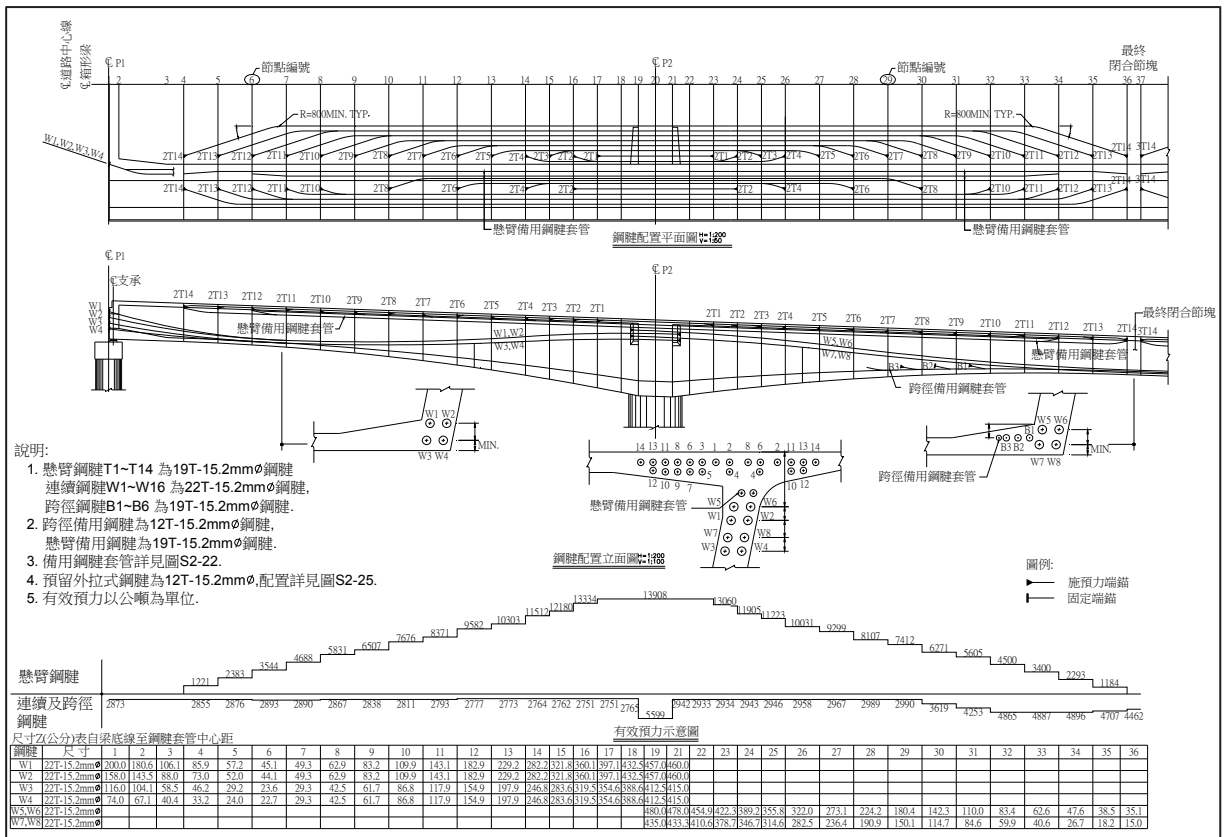
圖六、P1墩~P3墩橋梁平面圖

本橋 P3 墩柱高 74m (計列埋入河床深度) 為目前國內最高橋墩的橋梁，橋面縱坡 3.5%，大於工作車建議最大坡度 3%，為單室變斷面箱型梁，梁深 2.8m~5.6m，如圖七所示。為克服較大之縱坡及工作車推移時可能發生的倒退或前滑之情形，須輔以特殊錨碇作業。



圖七、P1 墩~P3 墩橋梁縱剖面圖

預力型式有懸臂預力、連續預力、跨徑預力及跨徑備用預力、懸臂備用預力、預留外置預力。限於版面，僅就P2橋墩相關預力配置設計節錄如圖八所示。



圖八、P2 橋墩預力配置圖

二、預拱量計算方法概論

預力梁橋設計圖在指定位置，皆有標示「有效預力」提供施工時做施拉預力依據，因此預力專業廠商根據所採用之預力系統，提送預力計算書，內容應包括瞬時（短期）預力損失與長期預力損失，影響瞬時預力損失的因素有摩擦係數 μ 、波浪係數 k 、錨碇滑動量 δ ；影響長期預力損失的因素有混凝土乾縮（Shrinkage）、潛變（Creep）、老化（Aging）及鋼腱鬆弛（Relax），依據上述設計有效預力及預力損失，推算各束千斤頂施拉預力及伸長量[2]。

場鑄混凝土施工，影響乾縮、潛變的因素很多，環境因素包括施工步驟（stage）、單元工期、施工載重、斷面厚度、養護、溫度變化、現場相對濕度，混凝土齡期、加載齡期等；材料因素包括混凝土水灰比、水泥種類、粗細骨材百分比、含氣量、坍度、單位重、抗壓強度、彈性模數、包生比等，另有預力鋼腱應力-應變、鋼腱鬆弛，都會對撓度造成影響，預測與實際撓度經常有相當大的誤差。

近年來國內在預拱量方面的研究成果頗為豐碩，考慮混凝土彈性模數、乾縮、潛變、預力損失之應變，提出較精確之懸臂工法橋梁預拱量計算。一般常用 ACI 模式、CEB-FIP 模式或 BP-KX 模式[3]，預測乾縮、潛變等隨時間所產生的應變，該應變屬於非線性行為，將該應變套疊在結構分析上以計算各施工階段的撓度，傳統結構分析方法有 $1 - e^{-\varphi}$ 法、齡期係數法（Aging Coefficient）、及有限元素法[4]。

懸臂節塊撓度計算使用的程式，從早期美國柏克萊大學開發的 SPCFRAME 程式，到近期的 ADAPT-ABI 程式，預拱量計算結果已臻實用。長期預拱量在施工期程中發生撓度不如預期時，程式所輸入的相關參數，欲就撓度測量回饋資料修正，重新計算調整預拱量，殊不實際。畢竟施工期間相對 20 年齡期實在太短；應自瞬時彈性變形檢討。如若施工時撓度與程式所推算差異過大，應檢討程式模型建立及輸入資料是否正確才能有效改正撓度異常之偏差。工地實做預拱量與程式計算之預拱量差異，應留存紀錄，供 20 年後驗證反較實際，因此本文僅就施工過程如何執行預拱量檢測，從程式建模、輸入資料是否正確，至測量資料回饋如何運用做為課題，以本工程工地採用的作法做簡單扼要的介紹。因測量成果資料量頗大，本篇幅僅以 P2 橋墩摘要說明。

三、結構分析之前處理

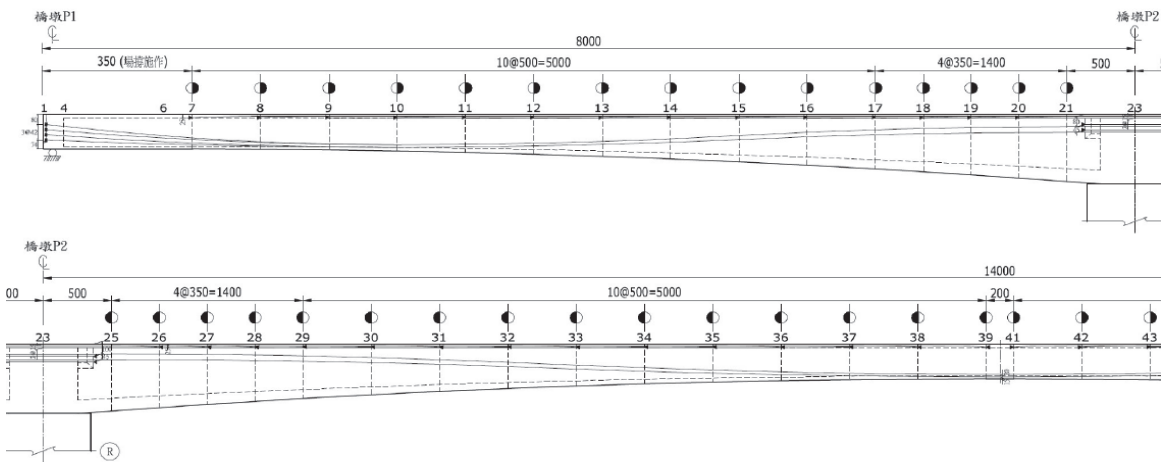
本工程預力專業廠商採用 ADAPT-ABI 程式做二維非線性分析，該程式對橋梁平曲線上有圓弧的節塊，在 3D 法線上的撓角無法模擬求得，另需以扭矩檢核扭轉撓角，所幸短齡期內端節塊即已跨至 P1，長期扭轉角變量極小，以瞬時分析即可。程式所需前處理部分，包括建模時各節塊端面形心位置，斷面性質、及節塊質量，其餘各項參數依設計值直接輸入即可。

3.1 結構模擬

一般有限元素結構分析模型建立，要求與實體尺寸、結構行為儘量相似，如果無法完全模擬，則選擇近似保守的方法。但對撓度計算，不同於一般結構設計，除材料相關參數輸入需正確外，載重則不能乘上載重因子，材料也不可乘上折減係數，元素的連結與束制（Constrain）尤其重要。

本工程分析模型如圖九，X 向為橋梁里程方向，-Y 為重力方向，假設橋面高程為水平。支承在柱頭節塊為 Fixed，端節塊為 Roller。相關結點及桿件編號如下圖：

分析桿件模型圖

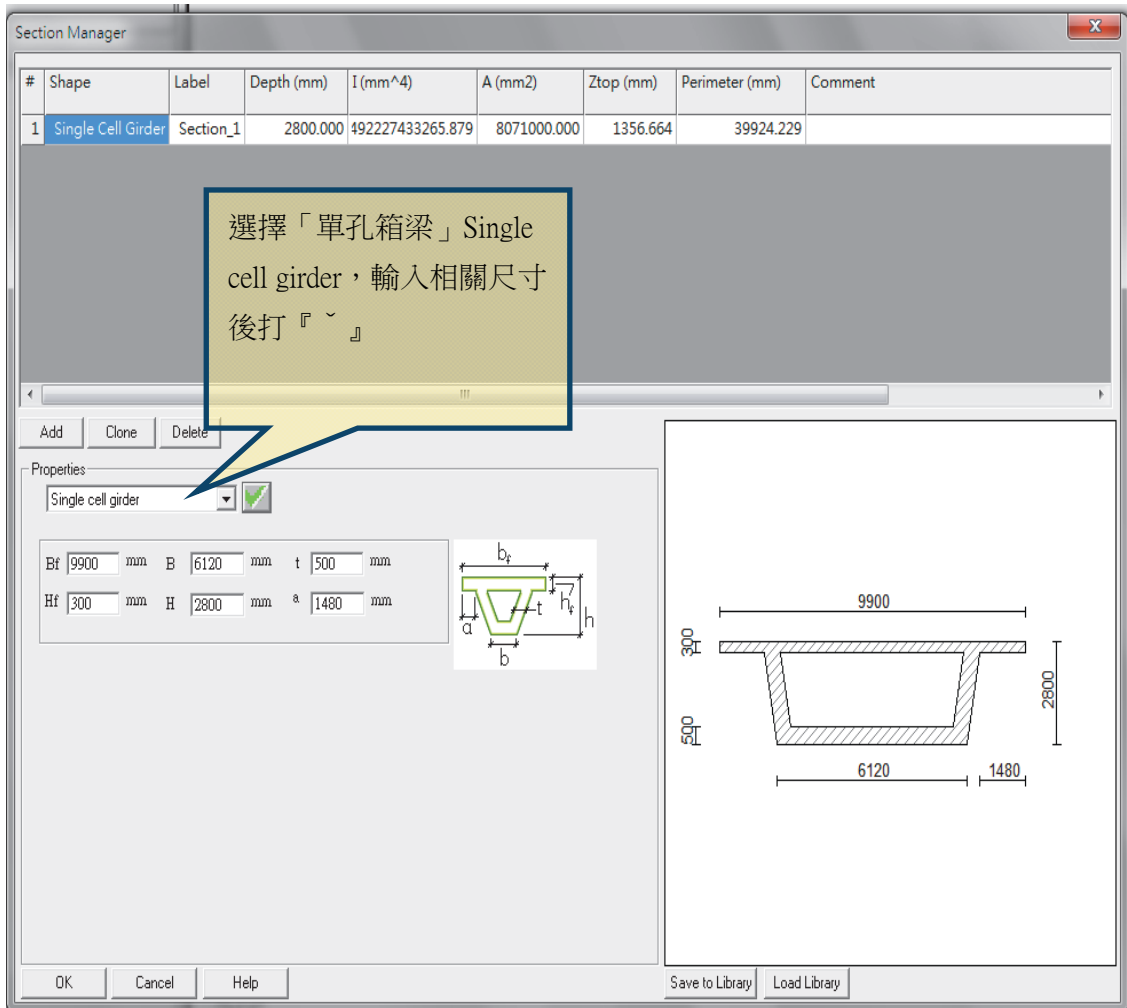


MESH INPUT			
NODES N=145			
; box girder			
1	X=10.0	Y=-137.7	
2	X=30.0	Y=-137.7	: SEC1 / Anchorage w1-w4
3	X=70.0	Y=-137.7	: P1/bearing center
4	X=150.0	Y=-137.7	: SEC2
5	X=500.0	Y=-105.7	
6	X=850.0	Y=-105.7	: SEC3
7	X=1100.0	Y=-105.7	: SEC4 / Anchorage T14
8	X=1600.0	Y=-106.7	: SEC5 / Anchorage T13
9	X=2100.0	Y=-106.3	: SEC6 / Anchorage T12
10	X=2600.0	Y=-114.4	: SEC7 / Anchorage T11
11	X=3100.0	Y=-121.2	: SEC8 / Anchorage T10
12	X=3600.0	Y=-129.9	: SEC9 / Anchorage T9
13	X=4100.0	Y=-140.7	: SEC10 / Anchorage T8
14	X=4600.0	Y=-153.3	: SEC11 / Anchorage T7
15	X=5100.0	Y=-168.1	: SEC12 / Anchorage T6
16	X=5600.0	Y=-184.7	: SEC13 / Anchorage T5
17	X=6100.0	Y=-203.4	: SEC14 / Anchorage T4
18	X=6450.0	Y=-217.5	: SEC15 / Anchorage T3
19	X=6800.0	Y=-232.6	: SEC16 / Anchorage T2
20	X=7150.0	Y=-248.8	: SEC17 / Anchorage T1
21	X=7500.0	Y=-265.7	: SEC18 /
22	X=7750.0	Y=-278.4	: SEC19 /
23	X=8000.0	Y=-254.1	: SEC20 / P2 center

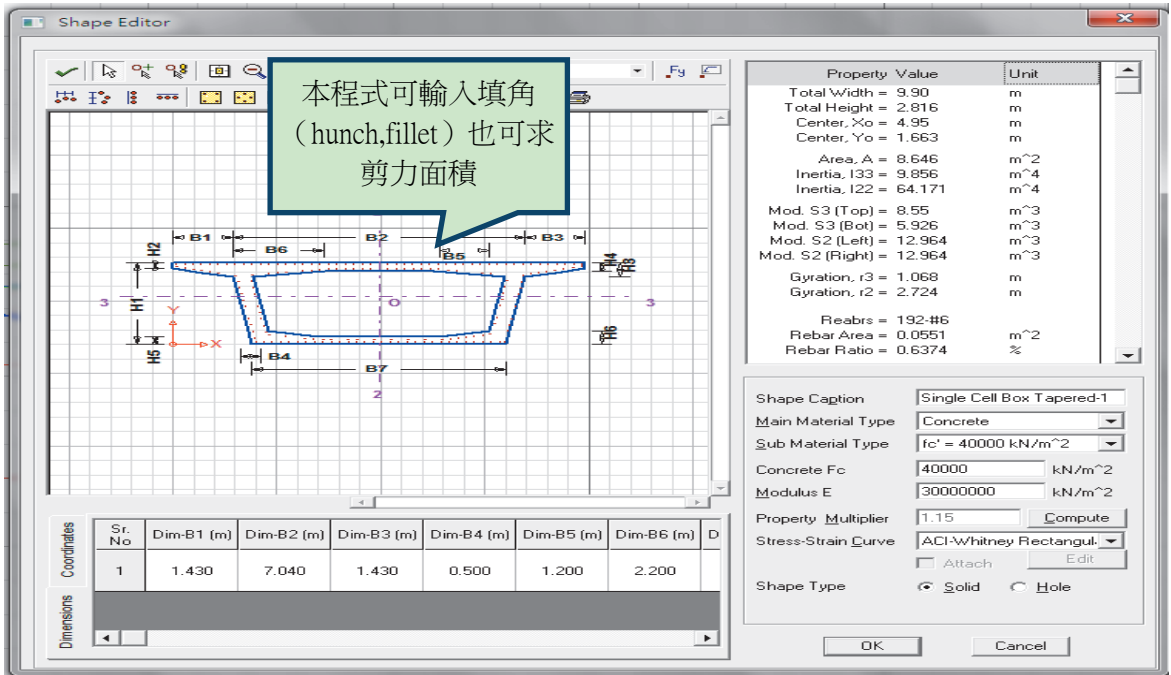
圖九、分析模型

3.2 斷面模數計算

ADAPT-ABI 程式可直接輸入斷面尺寸計算斷面性質（如圖十），程式內定斷面模組不敷使用，建議可採用 CSI Section Builder 程式，建立各節塊斷面性質（如圖十一），若要斷面型狀與設計圖完全一致，撰寫 EXCEL 的 VBA 巨集，可計算斷面內簡單圓弧，本工程採用後兩種方式檢核專業預力廠商 INPUT 之斷面性質。



圖十、ADAPT-ABI 程式 Single cell 輸入畫面



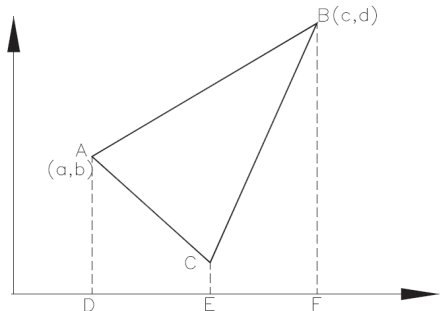
圖十一、CSI Section Builder 計算斷面性質

工地工程師手邊，現成可用軟體有限，在斷面性質計算上，可使用最普遍的 EXCEL 來計算，其方法簡易計算正確，說明如下：

右圖三角形△ABC 面積由梯形 ABFD 減梯形 CBFE 減梯形 ACED 面積所得，ABFD 梯形面積 = $\int_0^{c-a} \int_0^{\frac{d-b}{c-a}x+b} dy \cdot dx = \frac{1}{2}(b+d)(c-a)$

AB 邊與 X 軸所圍梯形面積，積分後與梯形面積公式相同。用積分方式計算所輸入的點位座標，其目的是可推導斷面的一次矩及二次矩，再以迴圈重複累加即可，此為電腦數字方法的一個小技巧。

將座標 (a,b) 移至 B 點，(c,d) 移至 C 點，以上述公式求 BC 邊與 X 軸所圍 CBFE 梯形面積，因 $c \leq a$ 所求面積值為負，同理 ACED 梯形面積亦為負值，三個梯形和即為△ABC 面積。



此法只要多邊形邊數大於二，形狀閉合即可計算，角點座標順時針輸入為加，逆時針輸入為減，因此多邊形中空部分可利用逆時針輸入挖除，對箱型梁斷面計算十分容易，同理計算一次矩 (Q) 及二次矩 (I) 如法炮製，經積分結果，公式如下：

$$Q = \int_0^{c-a} \int_0^{\frac{d-b}{c-a}x+b} y \cdot dy \cdot dx = \frac{1}{6}(b^2 + b \cdot d + d^2)(c-a) \dots\dots\dots (y \text{ 座標正負需一致，即圖形需在 X 軸同側})$$

$$I = \int_0^{c-a} \int_0^{\frac{d-b}{c-a}x+b} y^2 \cdot dy \cdot dx = \frac{1}{12}(b^3 + b^2 \cdot d + b \cdot d^2 + d^3)(c-a)$$

如此任何多邊形，順時針逐點輸入，一個公式用到底，中空以逆時針扣除，再加總（ Σ ）即可得，無需切片單獨計算，求出形心位置後即可求得 I_{min} 。本工程使用此法，在 EXCEL 寫個巨集求出各斷面性質（如圖十二），程式使用少許技巧，連上翼版下的圓弧皆可計算。

斷面性質計算

使用方法：
 1. 順時針輸入斷面形狀各點座標至閉合即可，不限象限，也不必切割成碎片。
 2. 逆時針輸入斷面形狀各點座標，其各項斷面性質將被扣除，可用來做空心斷面之計算。
 3. 若在曲率半徑欄輸入值，則該線段被視為圓弧；沿行進方向圓心在右為正，圓心在左為負。

使用限制：
 1. 斷面形狀必須閉合。
 2. 圓弧所對應之圓心角需小於180°，超過180°圓弧請分二段輸入。

Segment 斷面 14

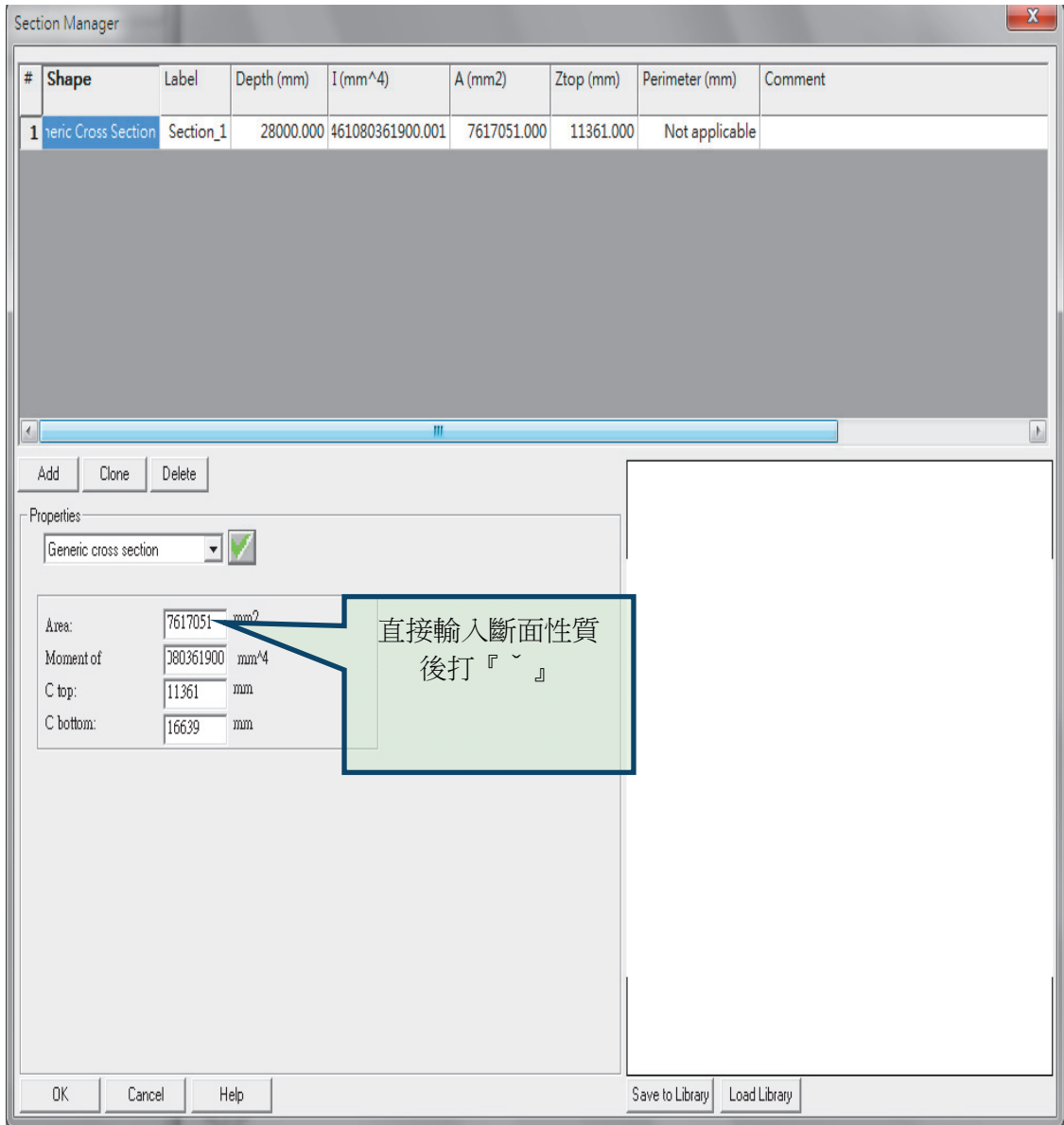
上翼版下圓弧

Input 節點資料 包括圓弧半徑

節點	X	Y	Z	值	單位
1	-306.00	-280.00		76170.51	[cm ²]
2	-345.53	-82.35	-50.00		
3	-384.29	-43.23		8653632.95	[cm ³]
4	-495.00	-20.00		0.00	[cm ³]
5	-495.00	0.00			
6	495.00	0.00		0.00	[cm]
7	495.00	-20.00		-113.61	[cm]
8	384.29	-43.23	-50.00		
9	345.53	-82.35		846108036.19	[cm ⁴]
10	306.00	-280.00		5690126739.75	[cm ⁴]
11	264.01	-235.00		0.00	[cm ⁴]
12	292.00	-95.05			
13	292.00	-50.00		105.39	[cm]
14	132.00	-30.00		273.32	[cm]
15	-132.00	-30.00			
16	-292.00	-50.00		7447563.47	[cm ²]
17	-292.00	-95.05		5085049.87	[cm ²]
18	-264.01	-235.00		11495205.53	[cm ²]
19	-144.01	-255.00		11495205.53	[cm ²]
20	144.01	-255.00			
11	264.01	-235.00		0.00	[deg]
10	306.00	-280.00		5690126739.75	[cm ⁴]
	-306.00	-280.00		846108036.19	[cm ⁴]
				273.32	[cm]
				105.39	[cm]

圖十二、EXCEL 計算斷面性質

所得結果可輸入 ADAPT 程式（如圖十三），本工程用以檢核預力專業廠商斷面輸入資料正確與否。



圖十三、ADAPT 自訂斷面性質輸入

3.3 節塊體積計算

ADAPT 程式可依各齡期階段輸出變位量，但對工作車支撐及模板的假設工程，所產生的瞬時變位量並未納入，因此工作車對不同節塊所產生變位的大小，與節塊重量及質心位置有關，因此需先求得節塊體積，再乘上混凝土單位重，置於質心位置，再計算節塊前緣的瞬時變形量（彈性），將此撓度加入預拱量，做為該節塊未澆置混凝土前的高程控制。

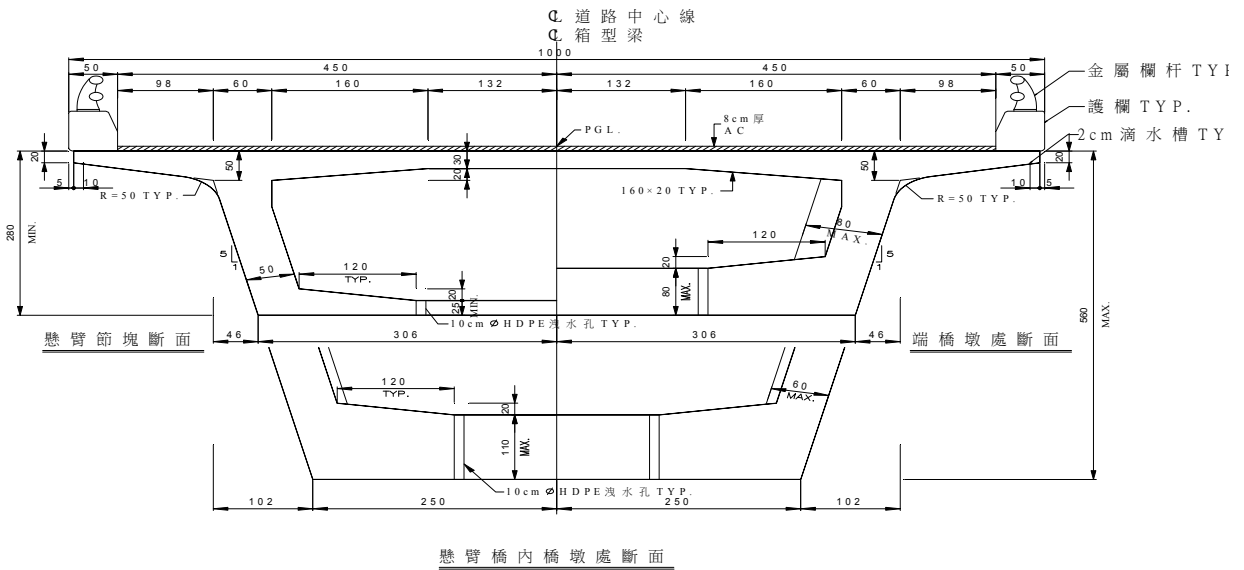
本橋梁於墩柱處箱型梁斷面如圖十四，斷面變化屬二維變量，不宜使用平均斷面乘以長度，它是錐狀體積的算法，而非柱狀體積。箱型梁體積的計算在 EXCEL，可以分做箱梁上半部不受梁底拋物線影響及下半部拋物線的兩個部分處理。上半部固定斷面體積以斷面積常數乘以長度求得，成果如圖十五；下半部變斷面以底板底拋物線所得外體積，扣減底板頂拋物線所得中空體積，加上兩截角體積即為變斷面體積，成果如圖十六。變斷面體積求法使用積分公式：

$$\text{底板底} = \int_{X_1}^{X_2} \int_0^{a_1x^2+1.8495} \int_0^{3.4299-\frac{y}{5}} dz \cdot dy \cdot dx$$

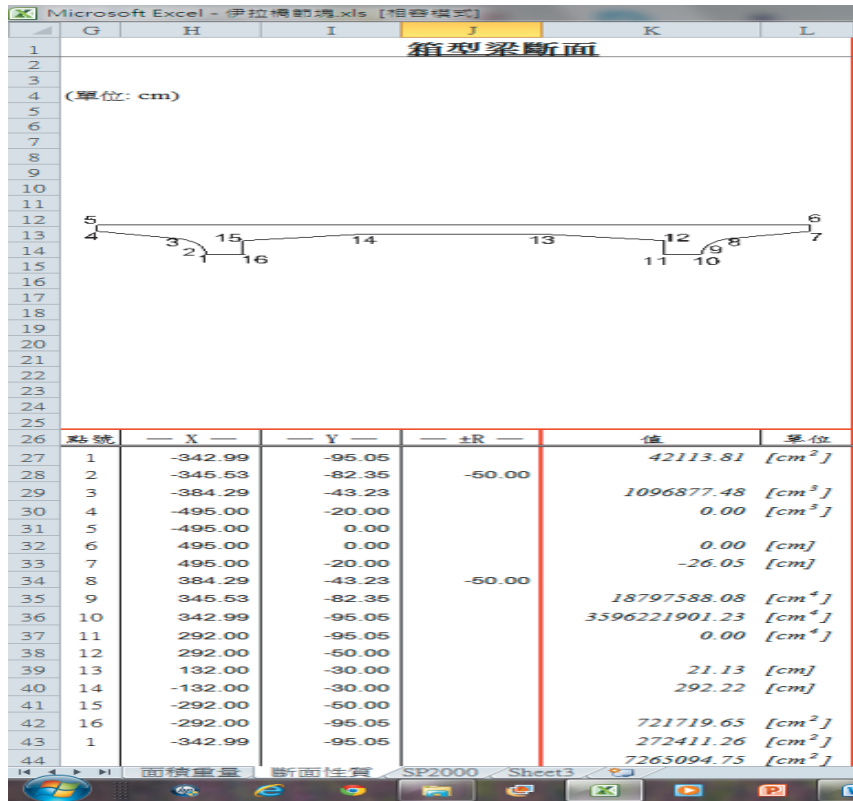
$$\text{底板頂} = \int_{X_1}^{X_2} \int_0^{b_1x^2+1.5995} \int_0^{2.92-\frac{y}{5}} dz \cdot dy \cdot dx$$

將公式所得結果寫入儲存格，公式僅參照 X₁ 及 X₂ 所在的儲存格位置，下拉 copy 儲存格公式，即可求得各節塊體積。

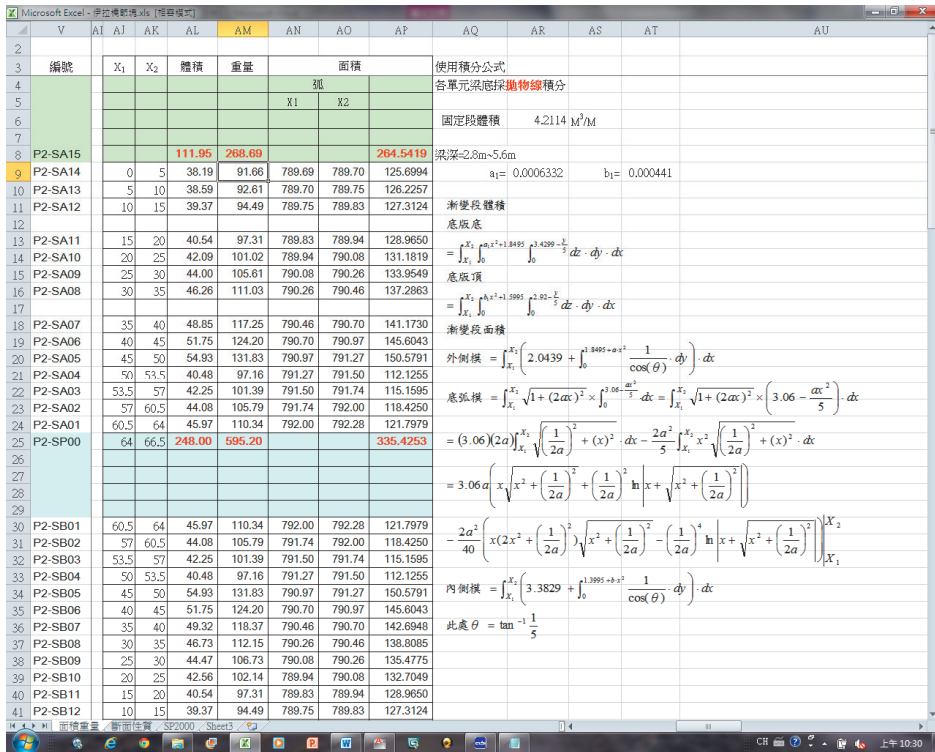
每一節塊視設計內容，其實際重量 = 固定斷面重量 + 變斷面積分所得重量 + (錨碇塊重量) + (隔梁重量)，本法雖較繁瑣，但可兼作數量計算使用，一舉二得。



圖十四、箱型梁於墩柱處斷面

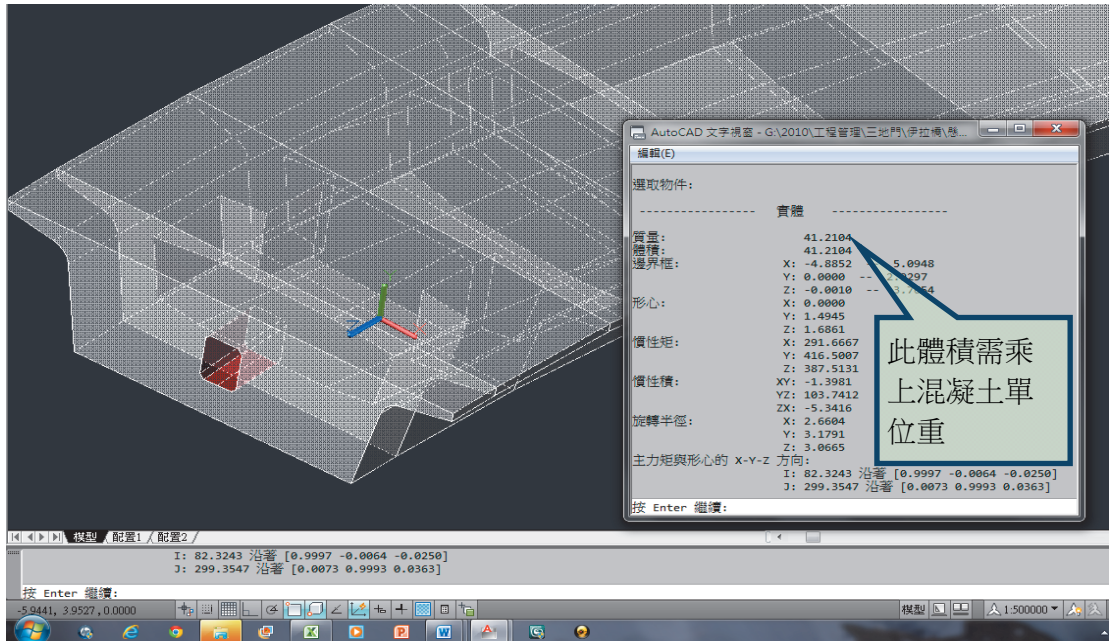


圖十五、固定斷面面積



圖十六、EXCEL 節塊體積計算

如果手邊有 AutoCAD 軟體，利用 3D 模型能更快求得體積及質心位置，在 AutoCAD 繪製 1:1 尺寸的 3D 實體模型，然後將自訂座標移至節塊端點與斷面正交，用[massprop]指令，即可求得（如圖十七）。該表的二次矩不可使用，因為它是轉動慣量，是體積而非面積的二次矩。



圖十七、AutoCAD 節塊體積計算

3.4 預力檢核

預力檢核應就預力專業廠商所提預力與設計有效預力比對，以及施工中檢核千斤頂錨碇預力及伸長量。本工程因無 k 、 μ 試驗，因此實際 k 、 μ ，需靠統計，利用摩擦係數管理方法[5]管制。

為了預力與伸長量落在管制區內，除了填寫紀錄表求得伸長量起始值外，若要事先知道是否符合管制標準，可使用計算機的線性回歸模式，來預測伸長量。線性回歸有二個好處，第一是可預測最後階段所施預力，有機會調整千斤頂施力在允許誤差範圍內，令預應力與伸長量均可落在管制區域內；其次對變異過大之 E_p 值，不需施預力至設計值可先行解除。如果施拉至最終預力後錨碇，要解除通常以單槍拉到夾片退出，鋼腱多數已超過 $0.9F_y$ 而必需作廢，且退夾片非常危險，重新穿線也極耗時，先行知道異常與否十分重要，使用計算機是善用工具之例。

對有反曲點的連續預力其滑動影響長度，將影響有效預力，需審慎檢核[6]，與設計有效預力比對結果摘錄如圖十八。

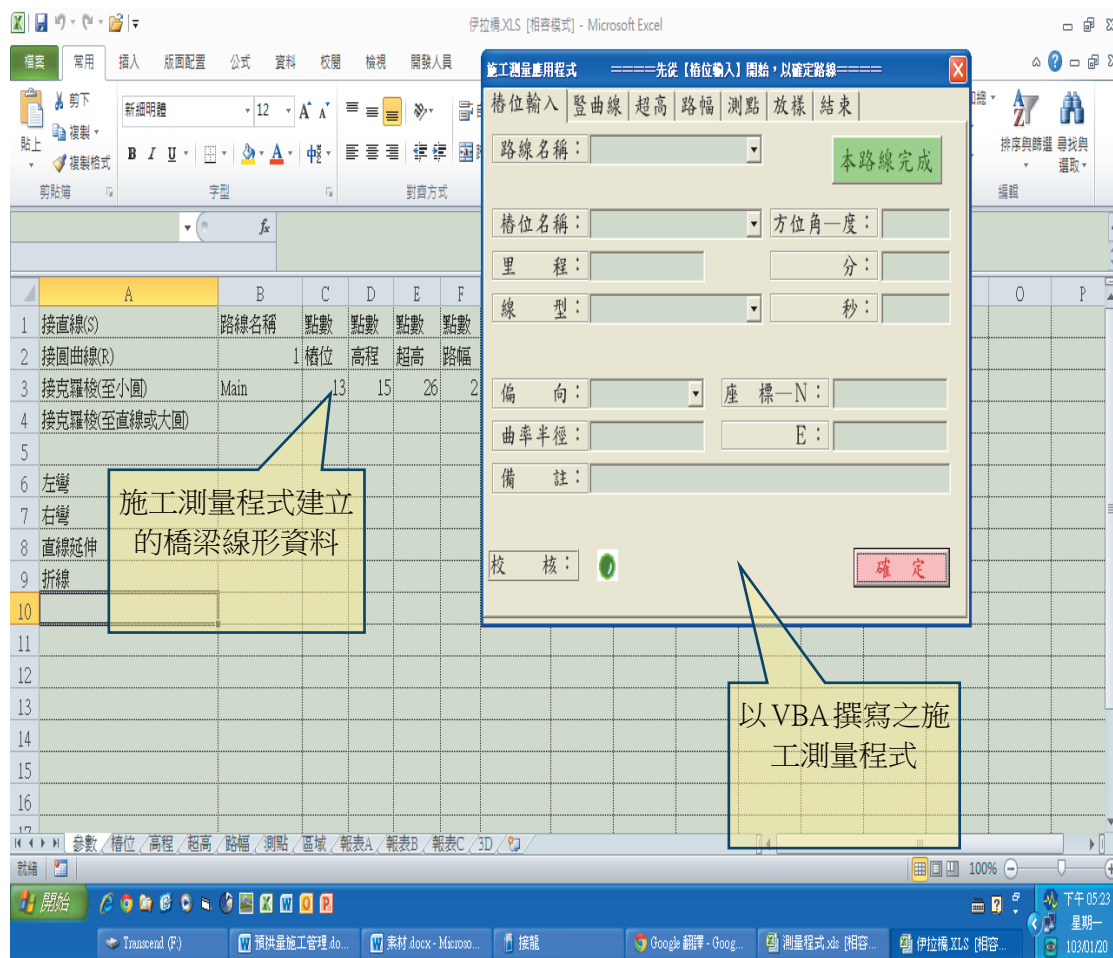
施作	期程	工作項目
13	76	推進懸臂工作車 (#1~#6)，澆置節塊 L7、L7'、C7、C7'、R7、R7'
14	79	養護後施拉鋼腱 2T6、3T6、4T6
15	83	推進懸臂工作車 (#1~#6)，澆置節塊 L8、L8'、C8、C8'、R8、R8'
16	86	養護後施拉鋼腱 2T7、3T7、4T7
17	90	推進懸臂工作車 (#1~#6)，澆置節塊 L9、L9'、C9、C9'、R9、R9'
18	93	養護後施拉鋼腱 2T8、3T8、4T8
19	97	推進懸臂工作車 (#1~#6)，澆置節塊 L10、L10'、C10、C10'、R10、R10'
20	100	養護後施拉鋼腱 2T9、3T9、4T9
21	104	推進懸臂工作車 (#1~#6)，澆置節塊 L11、L11'、C11、C11'、R11、R11'
22	107	養護後施拉鋼腱 2T10、3T10、4T10
23	111	推進懸臂工作車 (#1~#6)，澆置節塊 L12、L12'、C12、C12'、R12、R12'
24	114	養護後施拉鋼腱 2T11、3T11、4T11
25	118	推進懸臂工作車 (#1~#6)，澆置節塊 L13、L13'、C13、C13'、R13、R13'
26	121	養護後施拉鋼腱 2T12、3T12、4T12
27	125	推進懸臂工作車 (#1~#6)，澆置節塊 L14、L14'、C14、C14'、R14、R14'
28	128	養護後施拉鋼腱 2T13、3T13、4T13
29	132	推進懸臂工作車 (#1~#6)，澆置節塊 L15、L15'、C15、C15'、R15、R15'
30	135	養護後施拉鋼腱 2T14、3T14、4T14
31	136	移除懸臂工作車 (#1~#2、#5~#6)、架設邊跨支撐架
32	139	澆置邊跨節塊 L16、L16'、R16、R16'
33	142	養護後施拉連續鋼腱 W1~W4、W13~W16
34	146	澆置 P2-P3 閉合節塊 (keying segments)
35	149	養護後施拉連續鋼腱 W5~W8、施拉跨徑鋼腱 B1~B3、拆除懸臂工作車#3
36	153	於 P3-P4 閉合節塊兩側節塊施加 400T 於箱梁重心，澆置 P3-P4 閉合節塊
37	156	移除 P3-P4 閉合節塊之千斤頂
38	157	養護後施拉連續鋼腱 W9~W12、施拉跨徑鋼腱 B4~B6
39	365	移除懸臂工作車#4、施加附加靜載重
40	365x20	長期效應

四、結構分析之後處理

4.1 設計高程 (PGL)

測點 Global coordinate (N,E) 可依據設計圖平曲線的里程與支距求得，該測點的高程 (Ele.) 則可由所在設計縱斷面圖豎曲線的里程、縱坡及該斷面支距的橫坡、超高求得。每個節塊端面訂 3 個檢測點，就有將近三百個測點設計高程要計算。本工程使用 EXCEL 撰寫放樣測量巨集程式，可迅速求出全數測點之三維坐標，以作為預拱測量之依據，做法如下：

1. 以測量程式 (巨集) 開啟「霧台谷川大橋」線形資料檔如圖十九。



圖十九、測量程式巨集開啟霧台谷川大橋線形資料檔

2. 將開工之初所建立的平曲線、豎曲線、超高、路幅檔案開啟如下圖二十之一：圖 (a) 測量程式、(b) 平曲線設計資料、(c) 豎曲線設計資料、(d) 超高設計資料、(e) 路幅資料。

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	路線名稱: Main									
2	樁位名稱	里程	座標	方位角			線型	曲率或	轉向	
3		(m)	— N —	— E —	徑	度	分	秒	參數	
4	Start	31,340.000	2516454	219101.3	1.92488	110	17	15	0.00	2
5	BP1	31,360.000	2516447	219120.1	2.064744	118	18	4	0.00	2
6	BC1	31,487.294	2516387	219232.1	2.064744	118	18	4	1	50 0
7	PRC1	31,536.378	2516387	219279.3	1.083954	62	3	18	1	480 1
8	PRC2	31,596.386	2516411	219333.9	1.207976	69	12	43	1	120 0
9	EC3	31,636.210	2516431	219368.1	0.875695	50	10	25	0.00	2
10	BC4	31,750.965	2516505	219456.3	0.875695	50	10	25	1	65 1
11	EC4	31,837.801	2516507	219536.7	2.211633	126	43	2	0.00	2
12	BC5	32,303.148	2516229	219909.8	2.211633	126	43	2	1	160 0
13	EC5	32,392.468	2516198	219992.2	1.653379	94	43	54	0.00	2
14	BC6	32,437.480	2516194	220037.1	1.653379	94	43	54	1	90 1
15	EC6	32,503.412	2516166	220095.2	2.385962	136	42	20	0.00	2
16	End	32,516.467	2516157	220104.1	2.385962	136	42	20	0.00	2

(a)

A	B	C	D	E	F
1	路線名稱: Main				
2	樁位名稱	里程 (m)	超 高 (%)		
3			左側橫坡	左側變率	右側變率
4	Start	31340	-2	0	-2
5	UT01	31460.594	-2	0	-2
6	UT02	31477.994	-2	-0.2300469	2
7	UT03	31499.294	-6.9	0	6.9
8	UT04	31524.378	-6.9	0.2300469	6.9
9	UT05	31545.678	-2	0	-2
10	UT06	31563.078	-2	0	-2
11	UT07	31569.706	-2	0	-2
12	UT08	31592.966	-2	-0.1720269	2
13	UT09	31606.336	-4.3	0	4.3
14	UT10	31626.21	-4.3	0.1720269	4.3
15	UT11	31639.58	-2	0	-2
16	UT12	31662.84	-2	0	-2
17	UT13	31723.125	-2	0.203252	-2
18	UT14	31742.205	-2	0.203373	-2

(c)

A	B	C	D	E	F	G	H
1	路線名稱: Main						
2	樁位名稱	里程	高程	縱向坡度	豎曲線長	備 註	
3		(m)	(m)	本段(%)	下段(%)	(m)	
4	Start	31,340.000	363	-0.05575	-0.05575	0	工程起點
5	EL01	31,360.000	361.885	-0.07	-0.07	0	355.585
6	BVC1	31,450.000	355.585	-0.07	-0.06	20	354.285
7	EVC1	31,470.000	354.285	-0.06	-0.06	0	349.485
8	BVC2	31,550.000	349.485	-0.06	-0.099	20	347.895
9	EVC2	31,570.000	347.895	-0.099	-0.099	0	333.045
10	BVC3	31,720.000	333.045	-0.099	-0.035	40	330.365
11	EVC3	31,760.000	330.365	-0.035	-0.035	0	317.065
12	BVC4	32,140.000	317.065	-0.035	-0.069	20	316.025
13	EVC4	32,160.000	316.025	-0.069	-0.069	0	300.155
14	BVC5	32,390.000	300.155	-0.069	0.085	80	300.795
15	EVC5	32,470.000	300.795	0.085	0.085	0	301.645
16	BVC6	32,480.000	301.645	0.085	0.037	20	302.865
17	EVC6	32,500.000	302.865	0.037	0.037	0	303.4743
18	End	32,516.467	303.474	0.037	0.037	0	工程終點

(b)

A	B	C	D	E	F	G
1	路線名稱: Main					
2	樁位名稱	里程	路 幅 (m)		備 註	
3		(m)	左支距	右支距	左支變率	右支變率
4	Start	31340.00	5	0	5	0
5	End	32516.47	5	5		

(d)

圖二十之一、霧台谷川大橋線形資料

- 3.執行 3D 計算後程式依所需斷面里程。
- 4.自動計算中心線與路幅兩側的坐標及高程。計算結果如圖二十之二。
- 5.道路指定里程內各支距上的點，皆可由內插法求得點位之坐標及高程。
- 6.所得設計斷面平均高程複製至預拱量管制圖最上列（如圖二十一）。

Main	斷 面 座 標											
	里 程	左 支 :			(M)	中 心 線			右 支 :			(M)
		支距	— N —	— E —		高程	— N —	— E —	高程	支距	— N —	
32K+189.000	5.000	2,516,301.154	219,821.250	314.124	2,516,297.146	219,818.261	314.024	5.000	2,516,293.138	219,815.2714	313.924	
32K+194.000	5.000	2,516,298.165	219,825.258	313.779	2,516,294.157	219,822.269	313.679	5.000	2,516,290.149	219,819.2794	313.579	
32K+199.000	5.000	2,516,295.175	219,829.266	313.434	2,516,291.167	219,826.277	313.334	5.000	2,516,287.159	219,823.2873	313.234	
32K+204.000	5.000	2,516,292.186	219,833.274	313.089	2,516,288.178	219,830.285	312.989	5.000	2,516,284.170	219,827.2953	312.889	
32K+209.000	5.000	2,516,289.197	219,837.282	312.744	2,516,285.189	219,834.293	312.644	5.000	2,516,281.181	219,831.3033	312.544	
32K+214.000	5.000	2,516,286.207	219,841.290	312.399	2,516,282.199	219,838.301	312.299	5.000	2,516,278.191	219,835.3113	312.199	
32K+219.000	5.000	2,516,283.218	219,845.298	312.054	2,516,279.210	219,842.309	311.954	5.000	2,516,275.202	219,839.3193	311.854	
32K+224.000	5.000	2,516,280.229	219,849.306	311.709	2,516,276.221	219,846.317	311.609	5.000	2,516,272.213	219,843.3272	311.509	
32K+229.000	5.000	2,516,277.239	219,853.314	311.364	2,516,273.231	219,850.325	311.264	5.000	2,516,269.223	219,847.3352	311.164	
32K+240.000	5.000	2,516,270.663	219,862.131	310.605	2,516,266.655	219,859.142	310.505	5.000	2,516,262.647	219,856.1528	310.405	

圖二十之二、霧台谷川大橋線形資料（箱型梁兩側）

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T				
1			節塊編號		3		7		8		9		10		11		12		13					
2	階段	節塊	設計高程	P2B15	328.913	P2B14	328.580	P2B13	328.405	P2B12	328.230	P2B11	328.055	P2B10	327.880	P2B09	327.705	P2B08	327.530					
3			澆置日期																					
4			預拱量	預拱高程																				
43	15	混凝土	預拱量	預拱高程																				
44	S7	澆置後	差值	實測高程																				
45	16	預力	預拱量	預拱高程																				
46	T7	施拉後	差值	實測高程																				
47	17	工作車	預拱量	預拱高程																				
48		定位	差值	實測高程																	0.036	327.186		
49	17	混凝土	預拱量	預拱高程																		0.017	327.467	
50	S8	澆置後	差值	實測高程																				
51	18	預力	預拱量	預拱高程																			0.032	327.482
52	T8	施拉後	差值	實測高程																				

圖二十一、管制圖上設計高程

4.2 輸出報告運用

程式執行後，求得節塊各階段之變位量，在縱向上的變位量，每節塊因場鑄關係，變量皆會被下一節塊澆置時修正，只有在最後端節塊之端模板及支掌上需參考補足縱向變位量。在垂直變位撓度則是隨節塊不斷累加，一但垂下不易拉起，因此需以撓度反向作為預拱（Camber）值。ADAPT 計算結果節錄如圖二十二，該成果未以 20 年後撓度為 0 先做起始預拱，與施工中測量所用後視基準點（bench mark）絕對變位不同，故要以起始預拱量加節塊相對預拱來計算節塊各階段預拱高程。在 EXCEL 內為了方便做大量儲存格計算，寫一自定函數以便節省時間，並將成果貼成自定函數方便讀取的格式(如圖二十三)，並繪製山型圖以做管控(如圖二十四)。本節塊之撓度(向下為負)，減鋪面厚(+8cm)，減上翼版厚(+30cm)，再減節塊重量造成工作車受力在節塊前緣的彈性變位，所得之高程做為混凝土澆置前上翼版底之模板控制高程，其餘各預拱高程為本節塊設計高程，加絕對預拱量。

節點	X座標	X-變位	Y-變位	斷面	節點	X座標	X-變位	Y-變位	斷面	節點	X座標	X-變位	Y-變位	斷面
STAGE 2 DAY=30					STAGE 3 DAY=41					STAGE 4 DAY=44				
21	7500	0.0	-0.4	18	20	7150	0.0	-0.5	17	20	7150	0.0	-0.5	17
22	7750	0.0	-0.4	19	21	7500	0.0	-0.5	18	21	7500	0.0	-0.5	18
23	8000	0.0	-0.4	20	22	7750	0.0	-0.5	19	22	7750	0.0	-0.5	19
24	8250	-0.0	-0.4	21	23	8000	-0.0	-0.5	20	23	8000	-0.0	-0.5	20
25	8500	-0.0	-0.4	22	24	8250	-0.0	-0.5	21	24	8250	-0.0	-0.5	21
55	21500	0.0	-0.5	51	25	8500	-0.0	-0.5	22	25	8500	-0.0	-0.5	22
56	21750	0.0	-0.5	52	26	8850	-0.0	-0.5	23	26	8850	-0.0	-0.5	23
57	22000	0.0	-0.5	53	54	21150	0.0	-0.7	50	54	21150	0.0	-0.7	50
58	22250	-0.0	-0.5	54	55	21500	0.0	-0.7	51	55	21500	0.0	-0.7	51
59	22500	-0.0	-0.5	55	56	21750	0.0	-0.7	52	56	21750	0.0	-0.7	52
89	35500	0.0	-0.4	84	57	22000	-0.0	-0.7	53	57	22000	-0.0	-0.7	53
90	35750	0.0	-0.4	85	58	22250	-0.0	-0.7	54	58	22250	-0.0	-0.7	54
91	36000	0.0	-0.4	86	59	22500	-0.0	-0.7	55	59	22500	-0.0	-0.7	55
92	36250	-0.0	-0.4	87	60	22850	-0.0	-0.7	56	60	22850	-0.0	-0.7	56
93	36500	-0.0	-0.4	88	88	35150	0.0	-0.5	83	88	35150	0.0	-0.5	83
					89	35500	0.0	-0.5	84	89	35500	0.0	-0.5	84
					90	35750	0.0	-0.5	85	90	35750	0.0	-0.5	85
					91	36000	-0.0	-0.5	86	91	36000	-0.0	-0.5	86
					92	36250	-0.0	-0.5	87	92	36250	-0.0	-0.5	87
					93	36500	-0.0	-0.5	88	93	36500	-0.0	-0.5	88
					94	36850	-0.0	-0.5	89	94	36850	-0.0	-0.5	89
STAGE 5 DAY=48					STAGE 6 DAY=51					STAGE 7 DAY=55				
19	6900	0.0	-0.6	16	19	6900	0.1	-0.5	16	18	6450	0.1	-0.5	15
20	7150	0.0	-0.6	17	20	7150	0.0	-0.6	17	19	6900	0.1	-0.5	16
21	7500	0.0	-0.6	18	21	7500	0.0	-0.6	18	20	7150	0.1	-0.6	17
22	7750	0.0	-0.6	19	22	7750	0.0	-0.6	19	21	7500	0.0	-0.6	18
23	8000	-0.0	-0.6	20	23	8000	-0.0	-0.6	20	22	7750	0.0	-0.6	19
24	8250	-0.0	-0.6	21	24	8250	-0.0	-0.6	21	23	8000	-0.0	-0.6	20
25	8500	-0.0	-0.6	22	25	8500	-0.0	-0.6	22	24	8250	-0.0	-0.6	21
26	8850	-0.0	-0.6	23	26	8850	-0.0	-0.6	23	25	8500	-0.0	-0.6	22
27	9200	-0.0	-0.6	24	27	9200	-0.1	-0.5	24	26	8850	-0.1	-0.6	23
53	20800	0.0	-0.7	49	53	20800	0.1	-0.7	49	27	9200	-0.1	-0.5	24
54	21150	0.0	-0.7	50	54	21150	0.0	-0.7	50	28	9550	-0.1	-0.5	25
55	21500	0.0	-0.7	51	55	21500	0.0	-0.7	51	52	20450	0.1	-0.7	48
56	21750	0.0	-0.7	52	56	21750	0.0	-0.7	52	53	20800	0.1	-0.7	49
57	22000	-0.0	-0.7	53	57	22000	0.0	-0.7	53	54	21150	0.1	-0.8	50
58	22250	-0.0	-0.7	54	58	22250	-0.0	-0.7	54	55	21500	0.0	-0.8	51
59	22500	0.0	-0.7	55	59	22500	0.0	-0.7	55	56	21850	0.0	-0.8	52

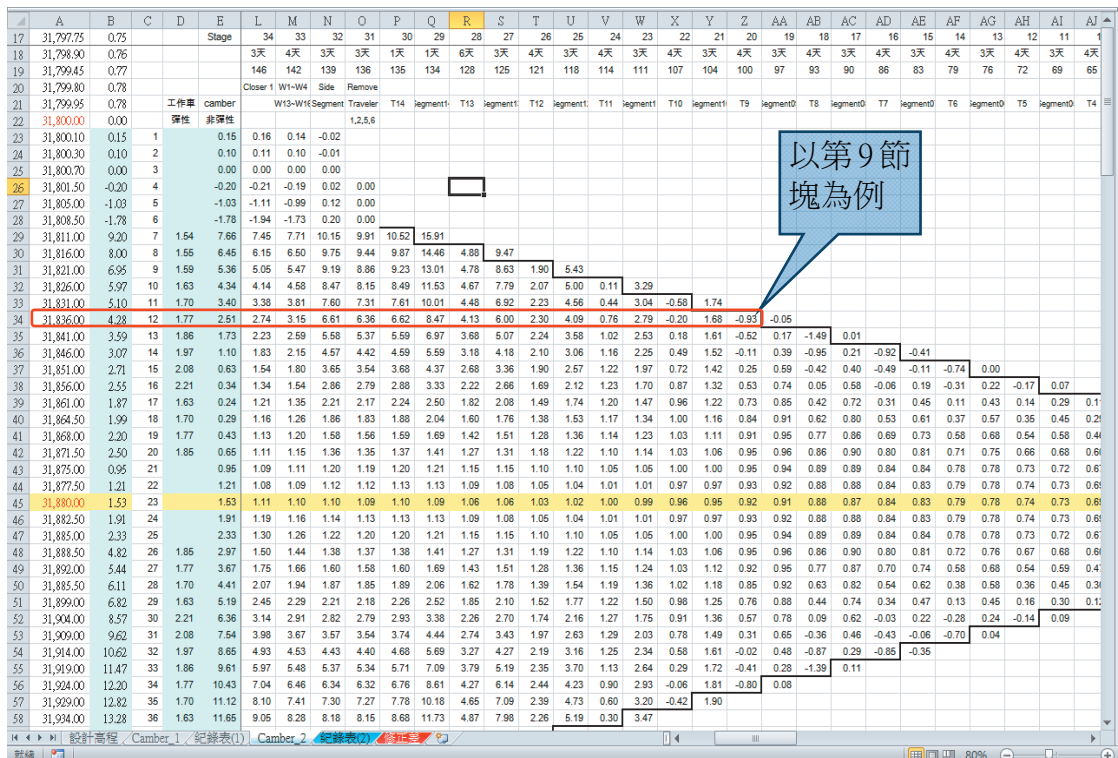
圖二十二、ADAPT 輸出各階段之撓度報告

計算方式以第 9 節塊為例，20 年後撓度為-2.51cm，因此混凝土澆置後預拱量為撓度的負值即+2.5cm，節塊混凝土重量造成的彈性變形產生-1.77cm 撓度，在未澆置混凝土前，模板應先預拱=2.51+1.77=4.3cm，填入圖二十三有黃底色預拱量儲存格。

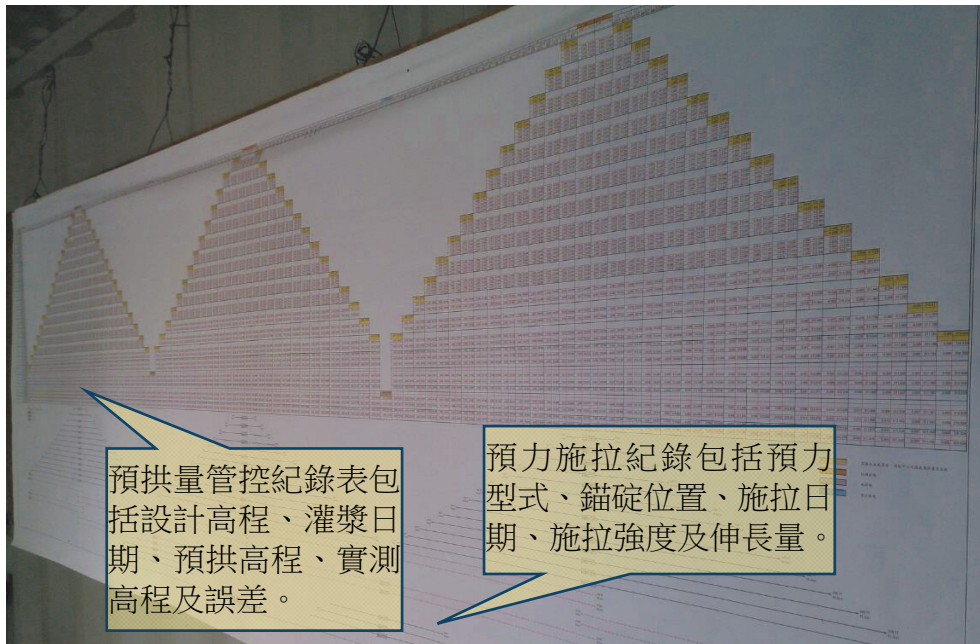
各階段	撓度	相對撓度	相對預拱量	絕對預拱量
				+2.5
	-0.05	-0.1	+0.1	+2.6
	-0.93	-0.8	+0.8	+3.4
	+1.7	+2.6	-2.6	+0.8
	-0.2	-1.9	+1.9	+2.7
	+2.8	+3.0	-3.0	-0.3
	+0.8	-2.0	+2.0	+1.7
	+4.1	+3.3	-3.3	-1.6
	+2.3	-1.8	+1.8	0.2

.....以此類推

將本欄填入（圖二十三）之預拱量儲存格，再印製預拱量施工高程管控圖貼於工地依表管控。



圖二十三、預拱量調整為山型格式



圖二十四、預拱量施工高程管控圖

五、撓度測量回饋

在團隊作業時，配合現場作業進度，測量工作可能由二組以上人員擔任，因此各組將測量成果填入管控圖中，則工作不會重覆，也不會遺漏，填入的成果立刻可檢核，並提拱檢核參考。此種管控圖表經常在工地看到，茲說明各儲存格的功能及計算依據，及與測量回饋資料的比對。見圖二十五。

階段	節塊	節點編號		7		8		9	
		節塊編號	設計高程	P2B14	328.580	P2B13	328.405	P2B12	328.230
		澆置日期	預力日期	102/7/1	102/7/4	102/6/24	102/6/28	102/6/18	102/6/21
Prestressed_T12	施拉後	差值	實測高程		0	0		-0.004	328.181
27	工作車	預拱量	預拱高程		0	0	-0.015	328.010	
	定位	差值	實測高程		0	0	0.095	328.105	
27	混凝土	預拱量	預拱高程				-0.030	328.295	-0.033
Segment_13	澆置後	差值	實測高程				0.065	328.360	0.057
28	預力	預拱量	預拱高程				0.016	328.341	0.006
Prestressed_T13	施拉後	差值	實測高程				0.023	328.364	0.023
29	工作車	預拱量	預拱高程	-0.067	328.133				
	定位	差值	實測高程	0.053	328.186				
29	混凝土	預拱量	預拱高程	-0.083	328.418	-0.080	328.245	-0.077	328.074
Segment_14	澆置後	差值	實測高程	0.038	328.456	0.107	328.352	0.034	328.107
30	預力	預拱量	預拱高程	-0.029	328.471	-0.034	328.291	-0.039	328.111
Prestressed_T14	施拉後	差值	實測高程	-0.014	328.457	0.061	328.352	0.057	328.168

圖二十五、施工預拱量檢測格式

上圖儲存格 (Cell) 間的關係及數據來源如下：

設計資料及施工紀錄（第 27、28 階段）－

Cell[I2]—節塊編號（P2B13），表示第 2 墩里程減少方向第 13 節塊。

Cell[J2]—設計高程（328.405），依「施工測量應用程式」執行所得。

Cell[I3]—澆置日期（102/06/24），該節塊混凝土澆置日期。

Cell[J3]—預力日期（102/06/28），該節塊預力施拉日期。

混凝土澆置前（第 27 階段工作車定位）－

Cell[I77]—預拱量（-0.015）該節塊上翼版底混凝土澆置前預拱量，為 ADAPT/ABI 程式計算所得。

Cell[J77]—預拱高程（328.010）該節塊上翼版底混凝土澆置前預拱高程，等於設計 PGL 高程－（上翼版厚＋AC 厚）＋預拱值＝ $328.405 - (0.30 + 0.08) + (-0.015) = 328.010$ ，本數據提供底模高程定位之用。

Cell[J78]—實測高程（328.105）為該節塊上翼版模板調整定位後之測高程，為後視固定基準點，前視該節塊上翼版底模控制點高程。等於 BM＋後視－前視所得高程。

Cell[I78]—差值（0.095）為實測高程－設計預拱高程＝ $328.105 - 328.010$ 。

混凝土澆置後（第 27 階段節塊自重之瞬時撓度）－

Cell[I79]—預拱量（-0.030）該節塊上翼版底混凝土澆置後預拱量，為 ADAPT/ABI 程式計算所得。

Cell[J79]—預拱高程（328.295）該節塊上翼版混凝土澆置後預拱高程，等於設計 PGL 高程－AC 厚＋預拱值，即①－（0.08）＋②＝ $328.405 - (0.08) + (-0.030) = 328.295$ ，本數據提供混凝土澆置後上翼版預拱量計算高程，作為後續實測高程檢核之用。

Cell[J80]—實測高程（328.360）為該節塊上翼版混凝土澆置後之實測高程，為後視固定基準點（BM），前視該節塊上翼版頂控制點高程。等於 BM＋後視－前視所得高程。

Cell[I80]—差值（0.095）為實測高程－設計預拱高程，即④－③＝ $328.105 - 328.010 = 0.095$ （m）

預力施拉後（第 28 階段預力之瞬時撓度）－

Cell[I81]—預拱量（0.016）預力施拉後該節塊上翼版頂之預拱量，為 ADAPT/ABI 程式計算所得。

Cell[J81]—預拱高程（328.341）預力施拉後該節塊上翼版頂之預拱高程，等於設計 PGL 高程－AC 厚＋預拱值，即①－（0.08）＋⑤＝ $328.405 - (0.08) + (0.016) = 328.341$ ，本數據提供預力施拉後預拱量計算高程，作為後續實測高程檢核依據。

Cell[J82]—實測高程（328.364）為該節塊預力施拉後之實測高程，為後視固定基準點（BM），前視該節塊上翼版頂控制點高程。等於 BM + 後視 - 前視所得高程。

Cell[I82]—差值（0.023）為實測高程 - 設計預拱高程，即④-③ = 328.364 - 328.341 = 0.023（m）。

本工程各階段所回饋之測量資料，以偏離預拱高程 3cm 為警戒值，5cm 為行動值，超過 5cm 就需做檢討並調整，調整量勿一次到位，避免線形突兀，以下圖為例，從第九節塊（P2B09）至第十二節塊（P2B12）差值均在警戒值內；屬正常，至第十三節塊（P2B13）混凝土澆置後差值為+0.065 達行動值，經現地研判，P2B13 為轉彎段，工作車推進後外側模板無法組立標準長度（5M），短少 30CM，重量減少造成下垂度未若預期，研判下一節塊會回復正常，因此依原規劃預拱量施作下一節塊，經檢測後 P2B14 回復正常，整體節塊調整後尚屬理想（如圖二十六）。

節塊編號	設計高程	實測高程	差值
P2B15	328.913	328.913	0.000
P2B14	328.580	328.580	0.000
P2B13	328.405	328.465	+0.065
P2B12	328.230	328.230	0.000
P2B11	328.055	328.055	0.000
P2B10	327.880	327.880	0.000
P2B09	327.705	327.705	0.000
P2B08	327.530	327.530	0.000
P2B07	327.355	327.355	0.000
P2B06	327.180	327.180	0.000
P2B05	327.005	327.005	0.000
P2B04	326.830	326.830	0.000
P2B03	326.655	326.655	0.000
P2B02	326.480	326.480	0.000
P2B01	326.305	326.305	0.000

圖二十六、施工預拱量檢測資料

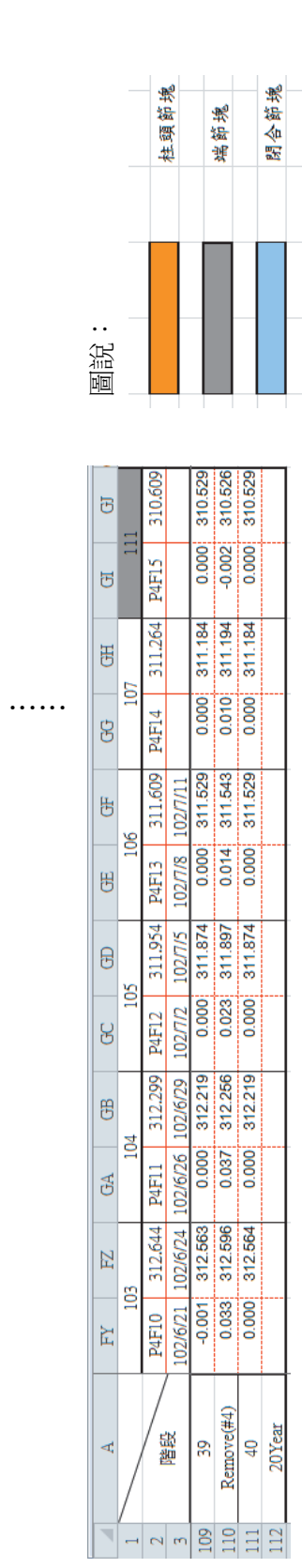
施工至後期全部連續預力、跨徑預力施拉完成後，再做一次收測，以確定 AC 鋪面前的調整，收測結果如圖二十七，此成果可留做 20 年後長期撓度之檢核，以確定預拱量程式計算長期撓度的準確度。下圖第 110 列為收測高程及施工誤差。

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1			節點編號	3													
2	階段	節塊	節塊編號	P2B15	328.913	P2B14	328.580	P2B13	328.405	P2B12	328.230	P2B11	328.055	P2B10	327.880	P2B09	327.705
3			節塊編號														
109	39	移除	預拱量	0.000	328.833	102/7/1	102/7/4	102/6/24	102/6/28	102/6/18	102/6/21	102/6/10	102/6/14	102/6/4	102/6/7	102/5/29	102/6/1
110	Remove(#4)	工作車	差值	-0.011	328.822	-0.043	328.457	0.027	328.352	0.018	328.168	0.006	327.980	-0.003	327.796	-0.002	327.622
111	40	完工後	預拱量	0.000	328.833	0.000	328.500	0.000	328.326	0.000	328.150	0.000	327.975	0.000	327.800	0.000	327.625
112	20Year	差值	實測高程														

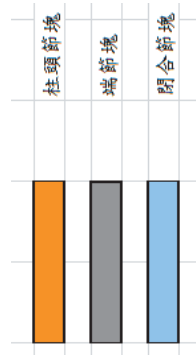
A	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ
1																		
2	階段	13	P2B07	327.355	P2B06	327.180	P2B05	327.005	P2B04	326.830	P2B03	326.708	P2B02	326.535	P2B01	326.463	P2B00	326.340
3																		
109	39	-0.002	327.448	-0.002	327.273	-0.002	327.098	-0.002	326.923	-0.001	326.626	-0.001	326.504	0.000	326.382	0.000	326.261	
110	Remove(#4)	0.010	327.468	-0.001	327.272	0.012	327.110	0.003	326.926	0.000	326.748	-0.002	326.624	0.015	326.519	0.015	326.397	0.010
111	40	0.000	327.450	0.000	327.275	0.000	327.100	0.000	326.925	0.000	326.750	0.000	326.628	0.000	326.505	0.000	326.383	0.000
112	20Year																	

A	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB
1																		
2	階段	25	P2F01	325.868	P2F02	325.745	P2F03	325.623	P2F04	325.500	P2F05	325.325	P2F06	325.150	P2F07	324.975	P2F08	324.800
3																		
109	39	0.003	325.913	0.005	325.792	0.006	325.671	0.008	325.550	0.009	325.429	0.012	325.257	0.014	325.084	0.016	324.911	0.019
110	Remove(#4)	0.011	325.924	0.016	325.808	0.020	325.691	0.019	325.569	0.029	325.458	0.022	325.279	0.025	325.109	0.020	324.931	-0.015
111	40	0.000	325.910	0.000	325.788	0.000	325.666	0.000	325.543	0.000	325.420	0.000	325.245	0.000	325.070	0.000	324.895	0.000
112	20Year																	

A	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT
1																		
2	階段	34	P2F09	324.625	P2F10	324.450	P2F11	324.275	P2F12	324.100	P2F13	323.925	P2F14	323.750	P2F15	323.680	P2F16	323.505
3																		
109	39	0.020	324.566	0.022	324.392	0.023	324.218	0.023	324.043	0.023	323.868	0.023	323.693	0.023	323.518	0.023	323.343	0.022
110	Remove(#4)	-0.014	324.551	-0.017	324.375	-0.001	324.217	0.015	324.058	0.011	323.879	-0.038	323.655	-0.020	323.480	-0.034	323.305	0.030
111	40	0.000	324.545	0.000	324.370	0.000	324.196	0.000	324.020	0.000	323.845	0.000	323.670	0.000	323.495	0.000	323.320	0.000
112	20Year																	



圖說：



圖二十七、最終收測結果圖

六、結語

1. 透過 ADAPT-ABI 程式將瞬間的彈性撓度與乾縮潛變、預力鬆弛長時間非彈性的撓度一併算出；惟在使用其計算成果時應特別注意二點，其一是程式所得撓度如前述乃是相對撓度不可直接使用；其次是混凝土澆置後的撓度，不代表模板尚未承載混凝土呆重時的撓度，單元混凝土重量對工作車所造成的撓度是彈性瞬時的，在混凝土澆置前模板高程調整要把此一呆重撓度計入，如此撓度的反向才是正確的預拱量。
2. 預拱量之控制必須每一節塊檢討調整，對於下一節塊之調整量必須緩和調整，切勿一次調整太大，各階段所回饋之測量資料，以偏離預拱高程 3cm 為警戒值，5cm 為行動值，超過 5cm 就需做檢討並調整，另對長期撓度所使用的參數均依慣用規範建議值；施工中預拱量計算與實測的偏差值，僅就瞬間彈性撓度檢討。如前述 P2→P1 第 13 節塊澆築後實測預拱高於計算值，研判為載重改變造成彈性撓度的變異，所採取不修正的對策，符合結構彈性行為 (Betti-Rayleigh reciprocal theorem) 順序不影響總功，其後第 14 節塊完成，高程偏差回到警戒值內得證。
3. 場鑄節塊懸臂施工在撓度控制上，除電腦輔助依理論計算，落實預拱量的控制測量外，在施工上亦有特別不可忽略的要點，諸如混凝土澆置順序、冷縫的避免、工作車錨碇鋼棒鎖定與測試、軌道承重移轉至主千斤頂等，工地工程師尤需特別注意。
4. 霧台谷川大橋之懸臂節塊如前節預拱量管制圖所需辦理的測量次數約 1280 次，加上前置作業之計算，將佔用工程師許多時間。本文針對工地施工如何善用手邊工具，尤其使用個人電腦，來處理繁複計算及檢核，提供可行方法，俾做好施工測量管控並提高工作效率。

參考文獻

1. 地工技術第 137 期 2013 年 9 月，第 7~19 頁「台 24 線第一號橋（霧台谷川大橋）之復建與挑戰」作者:鄧文廣、鍾漢賢。
2. 結構工程期刊（第十一卷第三期）民國八十五年九月，第 51~66 頁「西藏大橋工程主拱橋部份預拱量之研究」。
3. 許資生博士論文（民國八十五年六月）「潛變、乾縮、溫度對預力混凝土結構之影響研究」。
4. 中國土木水利工程學刊（第八卷第四期）民國八十五「潛變、乾縮對預力混凝土結構之影響研究」。
5. 林樹柱著「預力混凝土設計施工」第十二章第 5 節預力梁之施預力及預力之管理。
6. 林楚儒著「節塊施工的連續預力梁之分析與設計」。

山區公路邊坡強降雨監控與管理

陳文信*、陳進發**、顏召宜***、賴佳聖****

摘要

山區公路風險管理主要是藉由歷次颱風豪雨影響，導致山區公路致災阻斷之資料統計，配合鄰近致災點實體雨量站之降雨量紀錄，透過時間比對與分析，可律定預警、警戒及行動降雨指標，進而執行防災預警應變工作，然而中央氣象局於山區所建置及介接之實體雨量站密度有限，且實體雨量站之位置與實際致災點有時相距甚遠，其代表性有待商榷。此外，公路總局所轄管之公路里程甚長，而防災人力及資源有限，故需將山區公路所行經之邊坡分級管理，以提升山區公路養護管理及防災預警之效率，因此本文所提出之強降雨主動警示系統，主要透過中央地質調查所各項地質災害潛勢圖層及現場勘查結果，將山區公路所行經之邊坡分為 4 級，於颱風豪雨期間，利用中央氣象局所發佈之網格累積雨量圖與各級邊坡之套疊結果，自動發送警示簡訊，以提升防災預警效益。

一、前言

公路總局自民國 35 年成立起，即肩負維護全台公路網運輸功能之重責大任，然而所管轄之部分公路依山而建，於汛期期間因颱風豪雨影響，山區公路致災風險隨著累積雨量提升而提高，甚至造成公路阻斷影響用路人安全。因此公路總局自 100 年起，將山區公路風險管理之觀念導入救災機制，藉由歷年颱風豪雨導致山區公路致災資料之蒐集統計，配合鄰近致災點實體雨量站之降雨量紀錄，透過時間比對與分析可求得致災降雨門檻值，另外考量現地動員馳援時間，可律定預警、警戒及行動降雨指標，進而執行防災預警應變工作，然而實體雨量站之建置需考量資料傳輸及植被影響雨量蒐集之問題，故中央氣象局於山區所建置及介接之實體雨量站密度有限，且所觀測之實體雨量站位置與實際致災點有時相距甚遠，其參考性有待商榷。此外，公路總局所轄管公路里程甚長

* 公路總局公路防災中心 副工程司

** 公路總局總工程司室 副總工程司

*** 公路總局養路組副組長 前公路防災中心副執行秘書

**** 公路總局公路防災中心 第二分組長

且遍佈全台各鄉鎮，於有限防災資源及邊坡複雜地質特性下，汛期期間之山區公路防災預警應變工作更顯其困難性。

為有效利用防災資源以提升防災預警效益，並考量各山區公路所行經之邊坡地質特性不同，於颱風豪雨期間之風險程度亦有所不同，對於山區公路所行經之邊坡需加以分級管理，因此，公路總局利用中央地質調查所其所調查研究建置完成之各項災害潛勢圖層，與數位公路圖層相互套疊比對並至現地詳實檢核，完成高潛勢致災路段選取及分級。另為解決實體雨量站密度及監測數據代表性不足，公路總局利用中央氣象局發佈之網格累積雨量圖與所分級之路段邊坡進行自動套疊比對，強降雨主動警示系統將自動依據套疊結果發佈警示簡訊，以爭取防災預警時效。

二、山區公路邊坡分級與管理

台灣位處於歐亞板塊及菲律賓板塊交界，終年地震不斷，同時亦因為兩板塊相互推擠作用，造就了台灣地形與地質之獨特性，而依山而建之山區公路，其管理及養護工作更顯其困難。根據統計公路總局轄管共計 19 條山區公路，其里程為 1179 公里，自公路總局成立以來，秉持維護民生運輸需求及用路人安全之原則，數年來默默執行山區公路之養護工作，於災害發生時，更須於強風暴雨下進行搶通工作，然而近年來氣候劇烈變化，山區公路災害頻傳，於有限防災資源及複雜地質等因素下之管理及養護工作，更增添公路總局之壓力，為提升山區公路防災及管理效率，對於複雜地形及地質條件之公路邊坡，必須加以分級並依預設情境修訂各類別巡查標準作業程序，而長遠之計需依據各公路邊坡之特性擬訂改善計畫進行改善，如圖 1 所示。

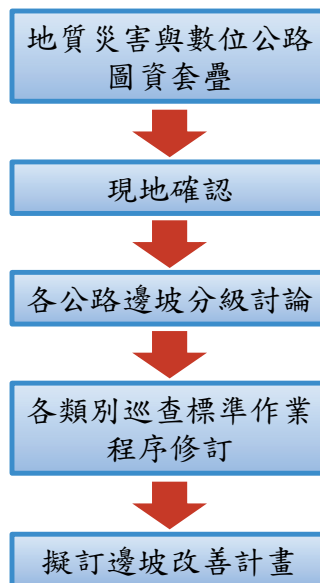


圖 1 山區公路邊坡管理流程圖

台灣山區公路邊坡分級管理，首要需於地質條件複雜之公路邊坡篩選出致災潛勢路段，而中央地質調查所對於台灣所處之地質及地形條件已具有相當豐碩之研究成果及調查資料，同時亦能掌握台灣易致災潛勢地區，如圖 2 所示，因此，公路總局利用中央地質調查所之地質災害與數位公路圖資套疊，可篩選出具致災潛勢之路段，如圖 3 所示，初期篩選公路總局轄管公路共計 5727 處高潛勢路段，然而考量部分歷史致災之山區公路已完成修復及改善工程，故需至現場加以確認，如圖 4 至圖 8 所示，經現地清查確認具致災潛勢路段共計 1385 處，此外依據現地調查結果，包含位置、地調所圖資分類及邊坡穩定狀況等資料，完成各路段之邊坡口卡資料建置，並將各路段邊坡口卡資料登載於公路總局所建置之邊坡資訊管理系統，如圖 9 所示，透過圖資套疊及現場確認完成各公路邊坡資料建置。

然而各公路邊坡所潛在之風險，因所處地理及地質條件與復建程度不同而異。就管理而言必須就各公路邊坡所潛在之風險加以分級，各等級並輔以不同管理標準。故針對 1385 處具致災潛勢路段，公路總局依據歷史災害紀錄並邀集轄管工程處（段）進行分級討論，如圖 10 所示，主要根據 2 年及 5 年內有無災害紀錄、護坡設施設置情形及邊坡有無不穩定徵兆，將公路邊坡分為 A、B、C 及 D 級，如表 1 所示。

山區公路邊坡分級主要是依據各公路邊坡所處現地地質及設施條件因素之風險程度據以分級，然而邊坡地形地質條件僅是山區公路致災之「因」，當受到大自然條件，包含颱風、豪雨及地震之「緣」所驅動，其致災風險亦隨之提升，甚至發生崩坍阻斷之「果」。因此對於已分級之邊坡，必須擬訂不同情境之風險驅動條件，並據以預先規劃管理處置方式，目前公路邊坡養護機制依據歷史驅動災害因素共分為 6 項情境及 4 種處置模式；另於防災管理機制依其情境共分 8 種處置模式，以利防災人員有所依循，如表 2 及表 3 所示。

表 1 公路總局公路邊坡分級成果

邊坡分級	2 年內災害紀錄	5 年內災害紀錄	護坡設施	邊坡不穩定徵兆
A	有		復(興)建中	明顯
B	有		無法設置	疑似
C		有		無
D		未有		無
分級說明	A 級：2 年內有災害紀錄，且尚未復建完成，或有明顯不穩定徵兆之邊坡。 B 級：2 年內有災害紀錄，且因地形地質因素無法設置護坡設施，或有潛在 不穩定徵兆之邊坡。 C 級：5 年內有災害紀錄，後續無明顯不穩定徵兆之邊坡。 D 級：5 年內未有災害紀錄，且無明顯不穩定徵兆之邊坡。			
備註	1. 災害紀錄來源為「公路防災資訊系統 (bobe168.tw)」及「公共設施災害復 建經費申請補助明細表」內資料。 2. 歷年災害紀錄除了 Bober 系統資料認定外，可由工務段於巡查過程中若發 現邊坡有顯著變化，可將邊坡等級提升。			

表 2 公路總局公路邊坡養護管理機制

各情境之處置方式	A	B	C	D	大型地滑、順向坡
3 小時累積雨量達 120mm 以上	1	1	1	1	1
前期 (48 小時) 累積雨量達 350mm 以上	2	1	-	-	2
海上颱風警報解除後	1	1	1	1	1
震度 6 級以上區域	3	3	3	1	2
無預警大規模坍方搶通後	4	4	4	4	4
鄰河側上游發佈土石流紅色警戒	1	1	1	1	1
處置說明	處置 1：2 日內實施特別巡查 處置 2：14 日內完成特別檢測 處置 3：(1) 7 日內完成特別檢測。(2) 實施朝巡 1 週。 (3) 取得空中或衛星影像。 處置 4：(1) 實施朝巡、暮巡 1 週。(2) 取得空中或衛星影像。				
備註	1. 情境 5 無預警大規模坍方： (1) 20000M ³ 以上者，執行處置 4(1)及(2)。 (2) 5000~20000M ³ 者，執行處置 4(1)。 2. 無預警大規模坍方 5000M ³ 以上者，原邊坡屬 B,C,D 及大型地滑、順向坡分 級者，情境 1~6 皆比照 A 級邊坡處置作為執行。				

表 3 公路總局公路邊坡防災管理機制

各情境之處置方式	A	B	C	D	大型地滑、順向坡
3 小時累積雨量達 120mm 以上	3	3	4	4	-
前期（48 小時）累積雨量達 350mm 以上	1	1	2	2	2
海上颱風警報解除後	5	5	5	5	5
震度 6 級以上區域	6	6	6	6	6
無預警大規模坍方搶通後	7	7	7	7	7
鄰河側上游發佈土石流紅色警戒	8	8	-	-	8
處置說明	處置 1：降低雨量門檻值 處置 2：加強水情監控 處置 3：實施巡查作業 處置 4：揭露路段強降雨訊息 處置 5：颱風警報期間，依「公路防災預警機制」辦理 處置 6：依「交通部公路總局因應大規模震災標準作業程序」辦理 處置 7：保全守視（必要時交通管制） 處置 8：擬定加碼部署策略，按計畫執行				
備註	3. 情境 2 之大型地滑及順向坡邊坡之分屬 A 及 B 級邊坡者，處置修正為處置 1。 4. 無預警大規模坍方 20,000M ³ 以上者，執行處置 7。				

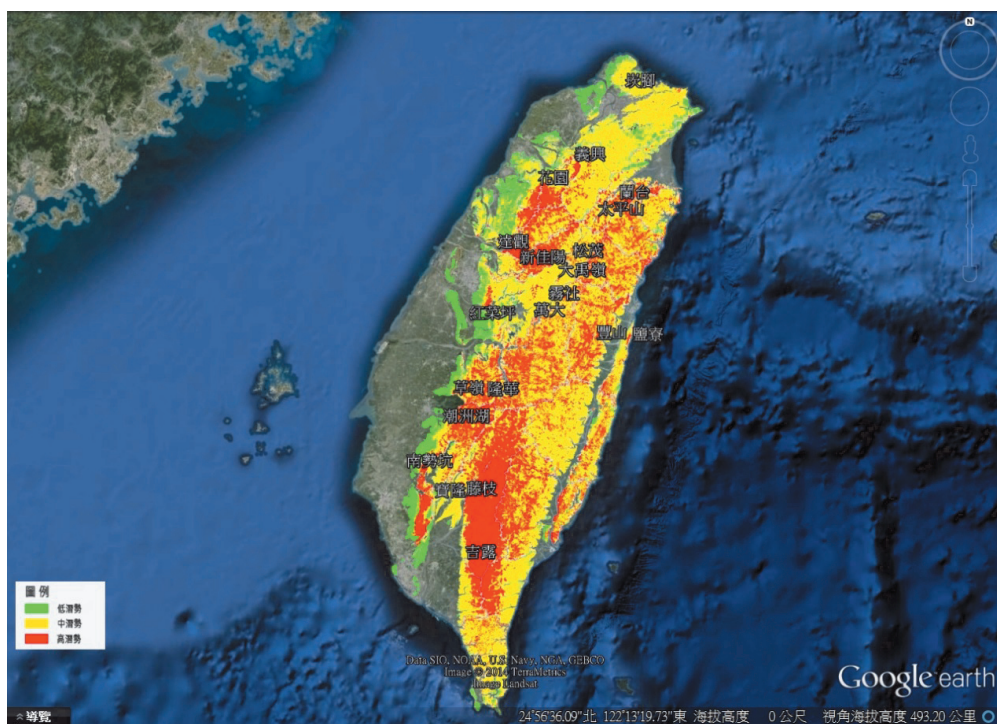


圖 2 中央地質調查所易致災潛勢圖資

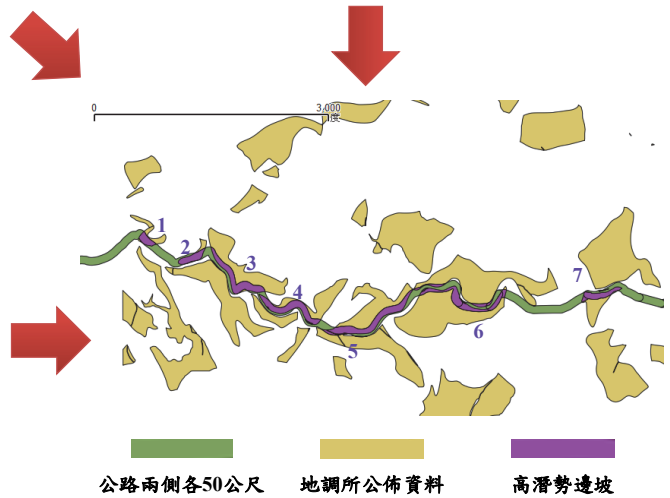
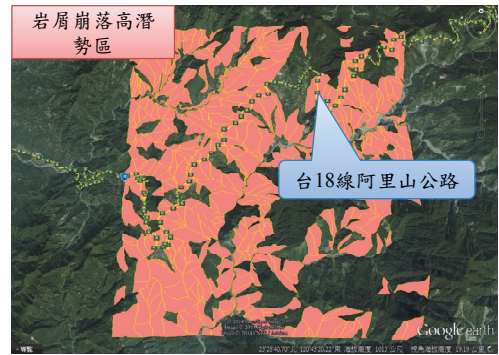
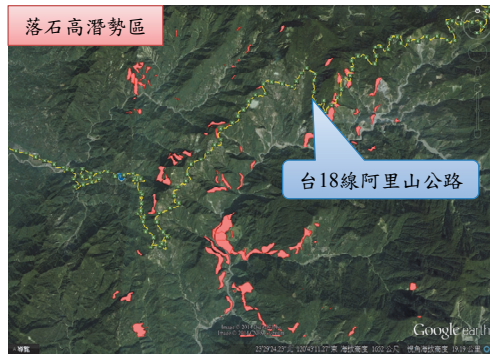


圖 3 高致災潛勢之公路邊坡篩選



圖 4 台 7 線 32K+400-32K+500 邊坡現地確認



圖 5 台 8 線 82K-111K+950 邊坡現地確認



圖 6 台 20 線 182K+638-183K+005 邊坡現地確認



圖 7 台 14 甲線 41K+550-41K+670 邊坡現地確認



圖 8 台 9 線 77K+200-77K+300 邊坡現地確認


邊坡資訊管理系統

交通部公路總局

[登出系統](#)
 [口卡查詢](#)
 [統計報表](#)
 [資料下載](#)

邊坡口卡資料表

說明項目	內容									
口卡編號	0208X-082000-A0-00-00000 (自動編號)									
轄管單位	公路總局,第二區養護工程處,谷關工務段									
邊坡位置	縣市鄉鎮: 台中市和平區 路線: 台5線 里程樁號: 82 K+0 ~111 K+950 方向: 順橋 上橋坡									
GPS座標	經度: 121.250392515137 緯度: 24.2550281911967 ~經度: 121.308285314514 緯度: 24.1821332228826 定位									
邊坡構造物	<input checked="" type="checkbox"/> 自然邊坡 <input type="checkbox"/> 防石樺 <input type="checkbox"/> 石籠護坡 <input type="checkbox"/> 噴凝土護坡 <input type="checkbox"/> RC格柵(格子梁) <input type="checkbox"/> 岩(地)錨(格梁) <input checked="" type="checkbox"/> RC攔土牆 <input type="checkbox"/> 加勁攔土牆 <input checked="" type="checkbox"/> 彈力地錨RC(排樺)攔土牆 <input type="checkbox"/> 其他									
監控等級	一級									
邊坡尺寸	長: 100 (公尺) 高: 70 (公尺) 坡度: 70 (度)									
專業列管案件	<input type="checkbox"/> 13處大型地滑路段 <input type="checkbox"/> 176處彈力地錨護坡 <input type="checkbox"/> 山區公路順向坡安維計畫邊坡 <input checked="" type="checkbox"/> 莫拉克災區潛在崩滑區									
邊坡等級	A									
災害歷史	有, 坍方 歷史災害清單									
鄰近災害	有,									
邊坡完工時間	民國: <input type="text" value="0"/> 年 <input type="text" value=""/> 月 <input type="text" value=""/> 日 <input type="checkbox"/> 概估									
地質所屬質分類	<input checked="" type="checkbox"/> 落石區 <input checked="" type="checkbox"/> 岩質弱邊坡區 <input checked="" type="checkbox"/> 岩質弱動邊坡區 <input checked="" type="checkbox"/> 順向坡 <input type="checkbox"/> 其他									
邊坡穩定狀況	<input type="checkbox"/> 邊坡無明顯不穩定徵兆 <input checked="" type="checkbox"/> 邊坡有疑似不穩定徵兆 <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 5px;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> 坡面脫出</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> 坡面土石滑移或崩塌</td> <td><input type="checkbox"/> 坡面異常冷水</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 坡面上的樹木或電線桿有傾斜現象</td> <td><input type="checkbox"/> 坡面出現裂縫或小坍方</td> <td><input type="checkbox"/> 坡面出現裂縫或局部陷落</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 邊路護欄、樹木或電線桿傾斜或斷裂</td> <td><input type="checkbox"/> 攔土牆非排水孔處之異常出水</td> <td><input type="checkbox"/> 攔土牆外凸變形或龜裂</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> 坡面脫出	<input checked="" type="checkbox"/> 坡面土石滑移或崩塌	<input type="checkbox"/> 坡面異常冷水	<input type="checkbox"/> 坡面上的樹木或電線桿有傾斜現象	<input type="checkbox"/> 坡面出現裂縫或小坍方	<input type="checkbox"/> 坡面出現裂縫或局部陷落	<input type="checkbox"/> 邊路護欄、樹木或電線桿傾斜或斷裂	<input type="checkbox"/> 攔土牆非排水孔處之異常出水	<input type="checkbox"/> 攔土牆外凸變形或龜裂
<input type="checkbox"/> 坡面脫出	<input checked="" type="checkbox"/> 坡面土石滑移或崩塌	<input type="checkbox"/> 坡面異常冷水								
<input type="checkbox"/> 坡面上的樹木或電線桿有傾斜現象	<input type="checkbox"/> 坡面出現裂縫或小坍方	<input type="checkbox"/> 坡面出現裂縫或局部陷落								
<input type="checkbox"/> 邊路護欄、樹木或電線桿傾斜或斷裂	<input type="checkbox"/> 攔土牆非排水孔處之異常出水	<input type="checkbox"/> 攔土牆外凸變形或龜裂								

圖 9 公路總局邊坡資訊管理系統



圖 10 公路邊坡分級討論會議

三、高風險路段自動監控

公路總局利用中央地質調查所之災害潛勢及數位公路圖資相互套疊，同時至現地進行確認工作，完成公路邊坡分級。再依據過往發生災害之情境進行標準作業程序之律定，以提升高風險路段之防災效益。然而，針對 1385 處具致災潛勢路段倘若以人工進行監控，將無法達到全時監控之效益，同時中央氣象局於台灣山區所建置及介接之實體雨量站密度有限，且所觀測之實體雨量站位置與實際致災點有時相距甚遠，其參考性有待商榷。

有鑑於此，公路總局利用中央氣象局所發佈之累積雨量圖與高風險路段進行即時套疊，並藉由自動示警簡訊發送，建置全時高風險路段自動預警系統（Prevention Auto-Warning System, DPAWS），以改善實體雨量站密度不足、影響監控效益之問題。目前中央氣象局所發佈之累積雨量圖是利用克利金法（Kriging）透過實際觀測數據和測站位置，建立空間內插權重係數所繪製之網格圖層，全台灣共劃分為 72000 個網格，每個網格約為 1 平方公里，配合各分級公路邊坡之座標位置，可將監控網格數量縮減為 8000 個網格，亦即 8000 個網格已涵蓋各分級公路邊坡。因此，於颱風豪雨期間，藉由中央氣象局所公佈之即時累積雨量圖，當網格點所代表之累積降雨量超過預設之預警降雨門檻值，公路防救災資訊系統（Bobe 系統）將會自動發送預警簡訊予各防災人員，如圖 11 所示，同時將判斷結果圖示於公路防救災 GIS 決策支援系統，已提升防災預警效益，如圖 12 所示。

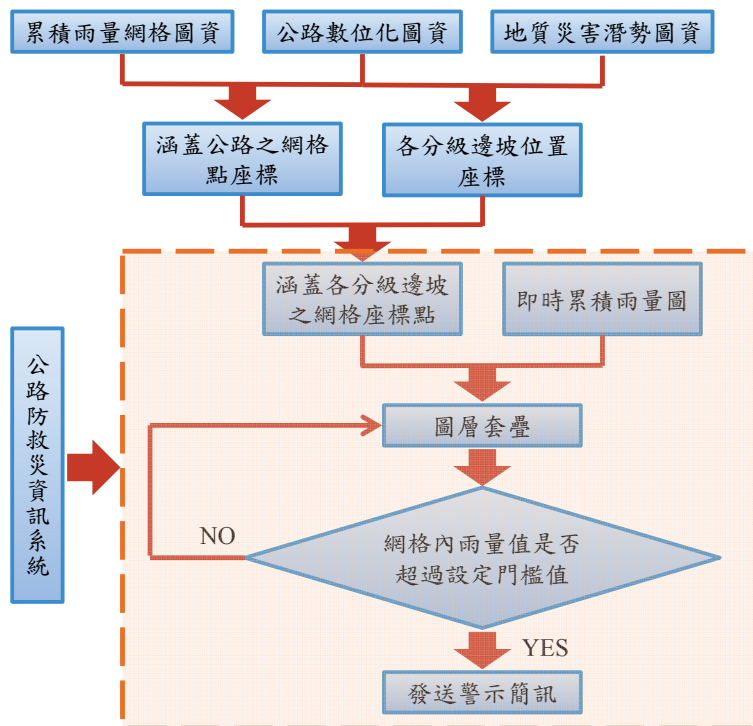


圖 11 高風險路段強降雨自動監控原理

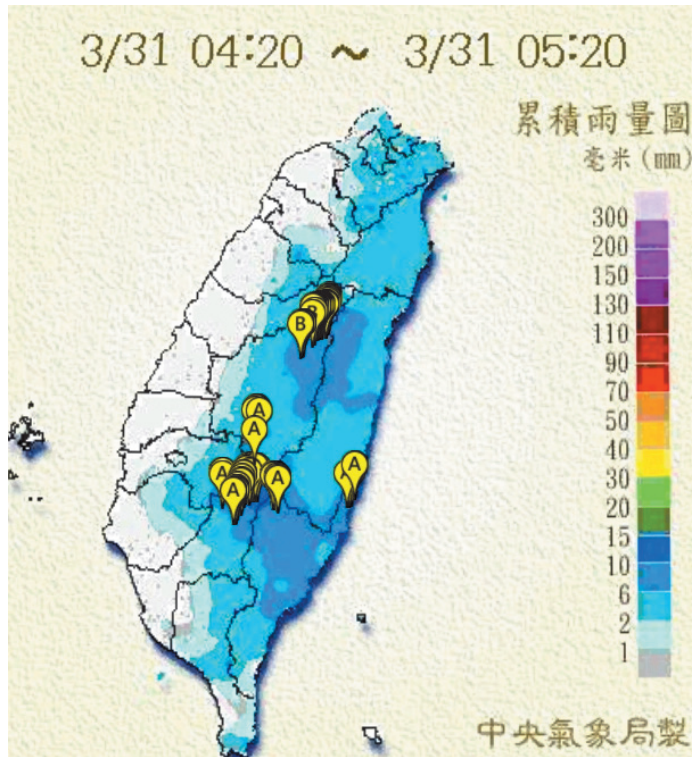


圖 12 全時高風險路段自動預警系統展示圖

四、結論與建議

公路總局所轄管之公路遍佈全台，基於民生及地方觀光聯外道路需求，部分公路依山而建且長度甚長，近年來氣候劇烈變遷，山區公路災害頻繁，對於人力缺乏之第一線管理單位而言，其管理及維護之效率，將面臨嚴峻之挑戰。因此為提升山區公路防災效益並有效應用災防資源，公路總局將山區公路邊坡進行分級管理，同時搭配強降雨自動監測及示警簡訊發送，可有效提升防災效益及災防資源。

目前中央氣象局之定量降水估計 (Quantitative Precipitation Estimate, QPE)，可透過雷達觀測與實體雨量站量測值，進行比對及誤差修正並完成網格化降雨分佈，藉此提升降雨估計之精度，後續山區公路邊坡之降雨監控，可透過中央氣象局之定量降水估計，以提升監控效益。

參考文獻

1. 陳進發，「從橋梁之流域管理與山區公路之風險管理談公路總局之百年防汛」，臺灣公路工程，2-21 頁，第 37 卷第 6 期，民國 100 年 6 月。
2. 陳進發，「防救災之節奏」，臺灣公路工程，2-17 頁，第 37 卷第 12 期，民國 100 年 12 月。
3. 陳文信，「全流域降雨觀測應用於橋梁防災預警之方法研究」，臺灣公路工程，2-19 頁，第 40 卷第 11 期，民國 103 年 11 月。

臺灣公路工程徵稿簡則

- 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一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，請標明上標無括號序碼，按順序往下連續編號，再於引註當頁下方加橫線排印註釋。文稿中之數學式，函數請排正體字、變數請排斜體字。圖及表中之中文字請排細明體，英文字請排 Times New Roman 體，圖原則上不加框，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（書名）名稱、卷期、出版社、出版日期、起迄頁碼。
- 五、來稿請打印清楚，照片、圖片請附寄原版，凡無法清晰辨認及製版者，恕不接受；並請提供 Microsoft Word 版本可讀檔案格式之電子檔。
- 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，版權歸本局所有，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、如欲退還稿件請附足郵資。
- 八、稿件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

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2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2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