

# 臺灣公路工程

TAIWAN HIGHWAY ENGINEERING

中華民國四十一年十一月十一日創刊

## ◆◆◆ 第二十九卷 第三期 目錄 ◆◆◆

### 工程實務報導

台四線崁津大橋工程介紹

.....周胤德、詹福勇、周宗裕···(2)

### 專題研究

輕質骨材混凝土應用於公路構造之可行性探討

.....陳豪吉、楊宗岳···(20)

鋪面平坦度之探討

.....林登峰、張孟孔···(31)

淺談XML於營建工程上之應用

.....郭建志···(43)

臺灣公路工程

發行人  
葉昭雄  
社長  
包芷渝  
總編輯  
黃開平

王慶一 周胤德  
林長福 陳式毅  
王敏雄 伍振男  
邵厚潔 張仁德  
賴常雄 吳進興  
周權英 鄧文廣  
陳建祥 吳文雄  
湯輝雄 陳逢源  
吳威 楊宗岳

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：臺北市忠孝西路一段七十號

Address：70, Chung Hsiao W. Road, Sec. 1,

Taipei, Taiwan, R. O. C.

電話：(02)2311-3456轉236

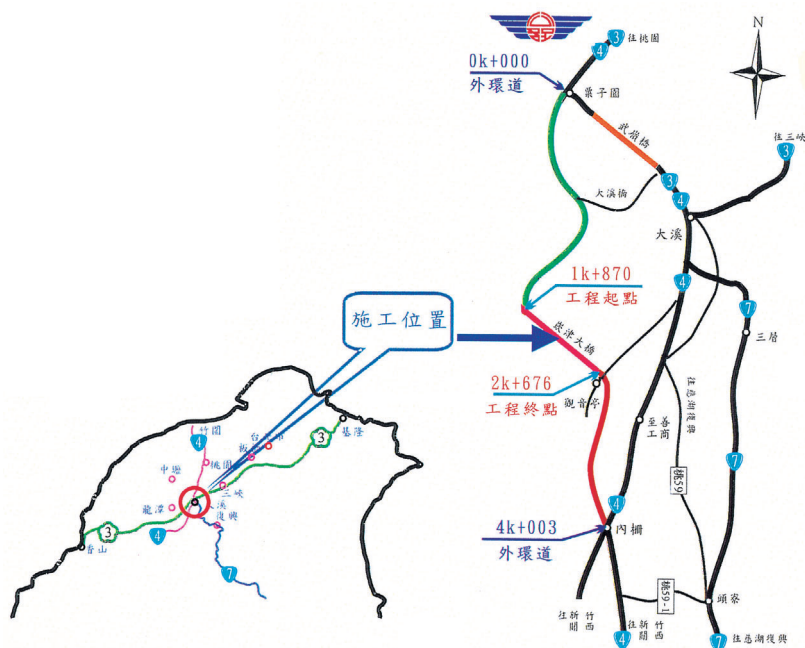
網址：<http://www.thb.gov.tw/>

## 台四線茨津大橋工程介紹

周胤德\* 詹福勇\*\* 周宗裕\*\*\*

### 一、前言

近來國民旅遊風氣日益興盛，每逢假日各風景區均湧進大量車潮，造成各瓶頸路段之壅塞，為紓解大溪鎮市區假日壅塞之交通，疏導假日旅遊車輛與市區當地交通分隔，使前往石門水庫風景區、北橫公路、慈湖、復興及宜蘭方向車輛通行順暢，並為有效紓解往北二高大溪交流道車流及減低武嶺橋假日交通壅塞情況，提高觀光遊憩品質，交通部公路總局遂於民國八十六年起著手規劃設計「大溪外環線新建工程」，全長4.00公里，本工程位於大溪外環線跨越大漢溪路段，西起大漢溪北岸河川管制線（1K+870），東至大溪觀音寺旁（2K+676）（圖一）。



圖一、施工位置圖

\* 公路總局新工組組長

\*\* 第一區養護工程處復興工務段段長

\*\*\* 第一區養護工程處復興工務段工務員

## 二、工程設計

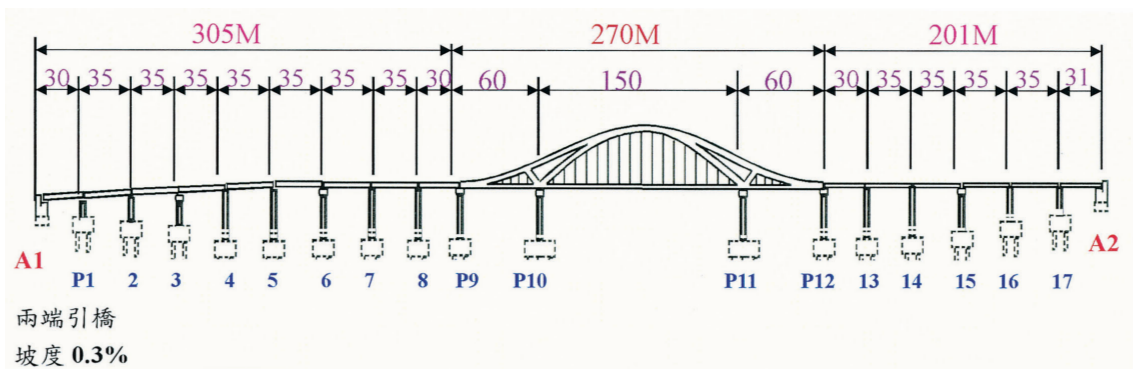
本工程係邀請國內知名的顧問工程公司提供服務建議書評比，經評選委由財團法人中華顧問工程司設計。

### (一)設計準則：

1. 兩端引道係按交通部頒佈四級丘陵區標準設計，設計速率60公里/小時。
2. 崁津大橋係依據交通部76年1月頒佈「公路橋梁設計規範」，84年1月「公路橋梁耐震設計規範」之相關規定辦理設計。

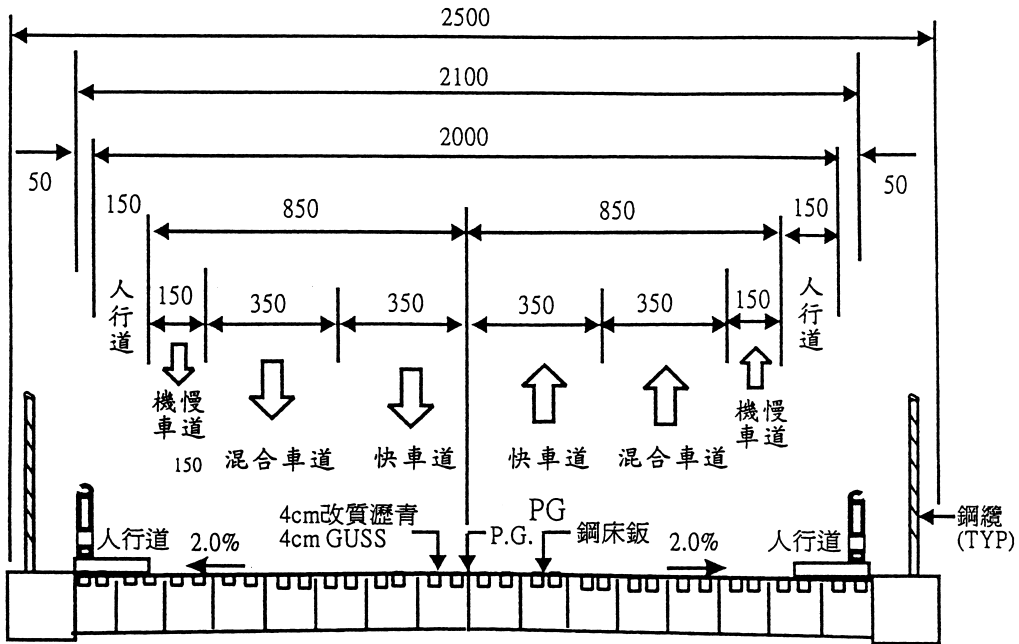
### (二)工程內容：

1. 本工程總長806公尺（主橋270公尺、引橋506公尺、引道30公尺）。
2. 引橋為箱型梁橋，寬21公尺，橋面淨寬17公尺，分為二線快車道及二線混合車道，另設二線機車慢車道。
3. 主橋為繫索鋼拱橋，橋長270公尺（分60m、150m、60m三孔）主橋全寬25公尺，淨寬17公尺，人行道每側寬1.5公尺。（圖二、圖三）
4. 兩端引橋為場鑄箱型梁橋長506公尺計15孔，每孔長度分為30、31及35m均為三孔連續結構，引橋全寬21公尺、淨寬17公尺，人行道每側寬1.5公尺。（圖二、圖四）
5. 兩側引道A1端長10公尺，A2端長20公尺共計30公尺，路基寬20公尺，路面寬17公尺，人行道每側寬1.5公尺。（圖五）



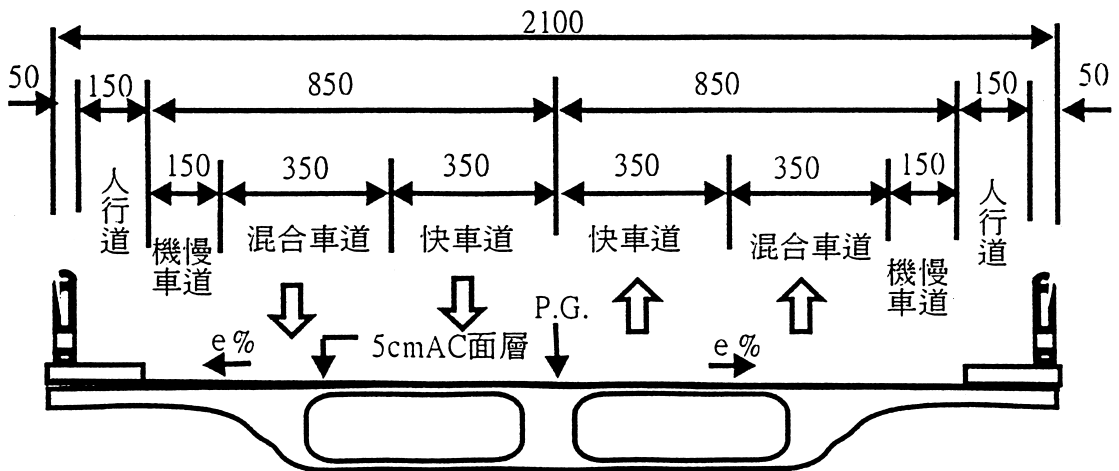
圖二、崁津大橋縱斷面圖

單位：cm

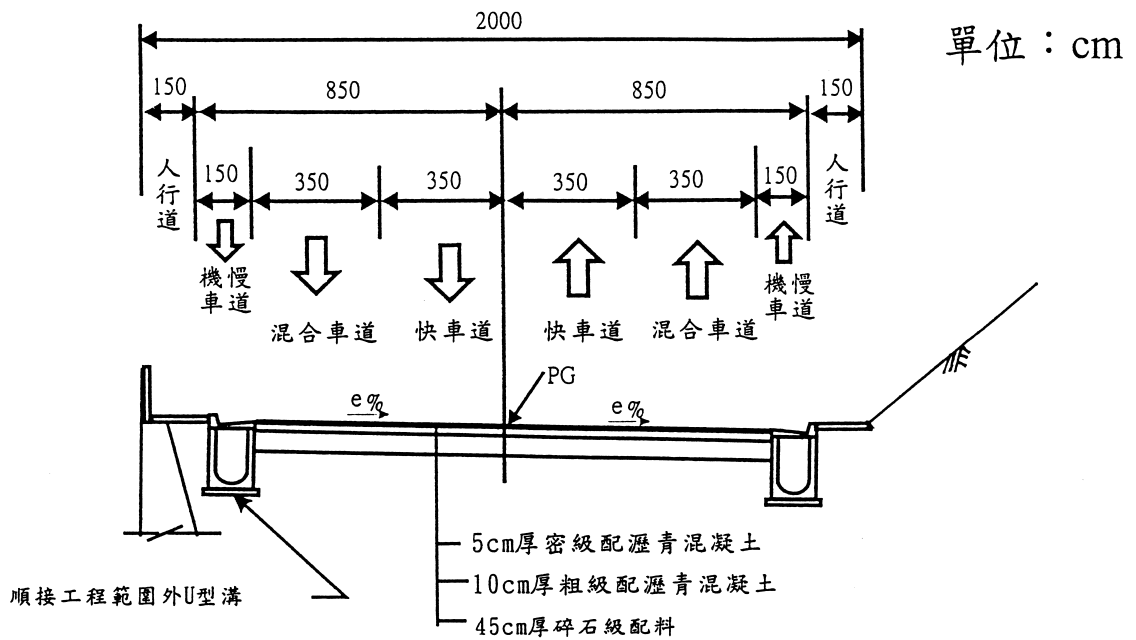


圖三、主橋橫斷面圖

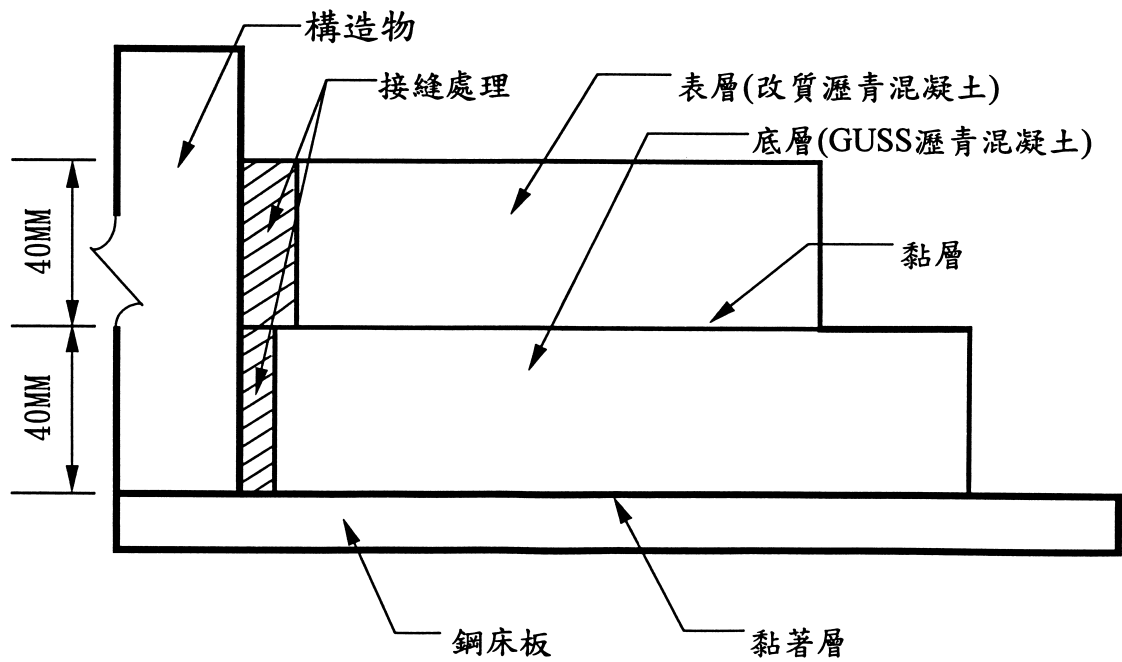
單位：cm



圖四、引橋橫斷面圖



圖五、引道段橫斷面圖



圖六、鋼床板鋪面構造圖

### 三、工程特色

- 1.主橋為三孔連續之繫索鋼拱橋，運用上弦、下弦弧線銜接成波形，造型流暢優美，其主跨徑為150公尺，屬中等跨徑，綜觀國內外知名之上承式拱橋，多為單孔拱橋，而本工程採三孔連續，為國內首見。橋形汲取大溪老街巴洛克式建築之圓拱型式為設計元素，反應地方人文特色，完工將成為大溪鎮之新地標。
- 2.本工程引橋係為銜接主橋及兩端引道，考量施工性及平面線形之配合，採用主跨徑30M～35M之場鑄預力混凝土箱型梁橋，箱型梁斷面之兩翼下緣及角隅均特別採弧型設計，使傳統橋梁展現充滿現代感之線條，另外橋墩與箱梁之連結，在連續跨之固定接點，將下構之帽梁與上構之膈梁合而為一，形成無帽梁之外觀，融入目前簡單化造型設計之趨勢。
- 3.本工程之橋欄杆、人行道鋪面及燈柱皆配合橋梁造型及地方人文特色加以考量，將仿大溪傳統建築形式之橋欄杆反應拱橋造型，人行道鋪面則反應中國傳統建築之鋪面形式及材質，而燈柱亦仿中國傳統建築華表之意象，燈桿頂端以圓球裝飾，與橋欄杆之造型相呼應，使本工程橋梁呈現協調之視覺景觀。
- 4.主橋鋼拱橋採鋼床板橋面，並配合鋼床板橋面反復變形量較大之特性，採4公分厚GUSS瀝青混凝土為底層，4公分厚改質瀝青混凝土為面層之鋼床板鋪面系統（圖六），具有良好之變形迎合性及抗車轍性，目前國內僅有新東大橋、高屏溪斜張橋、新大直橋等施工經驗，本工程之鋼床板鋪面亦為公路總局各橋梁鋪面工程之首次經驗。

### 四、工程施工概述

#### (一)基礎工程

- 1.主橋P9、P12橋墩基礎採14支直徑為1.5公尺之全套管基樁，長度為38公尺，P10、P11橋墩基礎採24支直徑為1.5公尺之全套管基樁，長度均為38公尺。
- 2.引橋P4～P8及P13～P15位於河川行水區內，橋墩基礎採6支直徑為1.5公尺之全套管基樁，長度為38公尺，P1～P3及P16、P17橋墩基礎採6支直徑為1.5公尺之全套管基樁，長度為15公尺。
- 3.主橋於架設時之臨時鋼質支撐共24支，基礎採用直徑為1.5公尺，長度為10公尺之全套管基樁。
- 4.本工程基地地質狀況，距地表下約2～10公尺屬卵礫石層，以下則為砂、頁岩，為配合地質狀況及工程進度，於施工時共進場BG型鑽掘機二台、搖管器一台、90T履帶吊車一部、衝擊鎚及衝擊抓斗各乙組、以及套管及相關機具設備若干，於卵礫石層時使用鑽掘機及配合衝擊鎚及衝擊抓斗進行，進度約1～3M/小時，於砂、頁岩則全部使用鑽掘機進行，進度可達4～7M/小時。

## (二)橋臺及墩柱工程

- 1.主橋墩柱均採雙柱式橋墩，P9、P12 橋墩直徑為2.5 公尺高度為17.41 公尺~18.09 公尺，支承採合成橡膠支承墊，設計載重為900T，P10、P11 橋墩直徑為3.0 公尺高度17.34 公尺~17.72 公尺，合成橡膠支承墊設計載重為1700T（圖七~圖八）
- 2.引橋墩柱亦為雙柱式橋墩，橋墩直徑為2.2 公尺，其中P3，P6，P15 橋墩為活動支承，設有500T 之盤式支承及剪力鋼棒，P1、P2、P4、P5、P7、P8、P13、P14、P16、P17 橋墩為固定支承，與箱型梁聯結一起，橋墩高度6.24 公尺~18.54 公尺（圖九~圖十）。
- 3.A1 及 A2 橋台為懸臂式橋台，橋台高度為6.84 公尺~7.19 公尺（圖十一）。
- 4.因墩柱高度達18 公尺，鋼筋及混凝土無法一次完成，為使橋墩澆注面平整及美觀，本工程墩柱模板採用鋼模製作，並以每1.5 公尺為一節塊，於每次澆注墩柱混凝土前除用經緯儀檢查垂直度外，並預留最上面之一鋼模節塊，作為下一次組立墩柱鋼模之銜接段，可避免混凝土澆注銜接面不平順及變形。

## (三)引橋預力混凝土箱梁

- 1.本工程預力混凝土箱梁為逐跨場撐工法，結構型式採雙箱是等斷面三孔連續箱型梁，每孔跨距30 公尺~35 公尺不等，按每跨需時22 天計（圖十二），全部共十五跨約330 天，為工程進度本工程備四跨鋼質支撐架、箱梁底模及三跨箱梁翼版模板，分兩個工作面同時進行，將時程壓縮為200 天以內。
- 2.引橋箱梁採場撐工法，支撐架高度約18 公尺，因工區屬河川行水區內，場撐基地條件不良，除做必要之河床行水改道外，並將基地土壤改良與置換，並鋪設鋼板或型鋼作為支撐承載，同時於支撐架完成及混凝土澆注前、中、後量測支撐架有無下陷，並作適當之調整，俟箱梁施預力完成後，隨即拆除、整理後移下一跨組立。
- 3.引橋箱梁預力為SEEE 預力系統，每束為19 根12.7mm 之7 股鋼絞索，每斷面設置13~15 束，每束鋼腱在端錨處施預力271.6T；在連續橋跨中，於前一跨箱梁完成後須於銜接處設置續接型端錨，供下一跨預力鋼腱續接之用。
- 4.引橋箱梁混凝土之設計強度 $350\text{KG}/\text{CM}^2$ ，為配合工程進度應於3 天內強度達可施預力之需求，遂添加適量的減水劑，經多次調整水泥混凝土配合比例，3 天內混凝土強度均達 $320\text{KG}/\text{CM}^2$ 以上，且工作性良好。

## (四)繫索鋼拱橋

- 1.本工程繫索鋼拱橋可區分為主梁、拱圈、繫索、鋼床板及鋼床板鋪面五大部份。
- 2.鋼橋之箱梁、拱圈、橫撐、鋼床板等構件，經由工廠裁切→組立→電銲→預裝→拆除塗裝等程序後，再運至工地現場安裝，現場安裝程序為下部支撐架組立→主梁吊裝→鋼床板吊裝→檢測及調整→鋼床板電銲→上部支撐架組立→拱圈及橫梁吊裝→繫索安裝及預力預鎖→上部支撐架拆除→下部支撐架拆除→檢測高程及調整預力→鋼床板鋪面及橋欄杆、人行道鋪面工

程→面漆塗裝→完成（圖十三）。

3. 主橋繫索分為兩側各25束共50束，一束由19根12.7mm  $\phi$  低鬆弛7線預力鋼絞線組成，鋼索外套管採高密度聚乙烯（HDPE）材質，錨碇方式採SEEE工法F型，係將鋼索裁切成需求之長度，並於整束鋼絞線端部套入套管以冷作壓著成形後，在套管表面切削加工車製螺牙，再把該車牙部份穿入錨碇板後，施預力及以螺帽旋緊固著即完成，繫索施預力及調整時機為上部支撐架拆除繫索安裝第一次施預力時、下部支撐架拆除完成時、鋼床板鋪面及橋欄杆、人行道鋪面工程完成時三階段執行。
4. 主橋為增加跨徑及減輕橋梁自重，橋面板採鋼床板，鋼床板跨距為21公尺，由橫梁、U型肋條及平面鋼板構成，為便於運輸將每一斷面分為七個單元運送，至工地後再予以螺接與鉚接。

#### (五)鋼床板鋪面

1. 為因應鋼橋及鋼床板撓度較大，易造成橋面之鋪面剝落，本工程鋼床板鋪面系統，由4公分厚之底層 Guss 瀝青混凝土及4公分厚之表層改質瀝青混凝土所組合而成，底層 Guss 瀝青混凝土所使用材料中，包括了千里達島皮基湖所生產之天然瀝青與針入度20~40之直餾瀝青按比例（25%：75%）混合後之膠結材料，且骨材中添加高比例之石粉填充料（約21%），施工時鋪裝溫度更高達220℃~260℃之間，在不需滾壓之施工條件下，可獲得密實防水之功效；表層改質瀝青混凝土則添加日本進口之改質劑，係將改質劑與瀝青膠泥先行混合後，經檢驗合乎施工需求後，再送至熱拌瀝青混凝土廠生產，改質瀝青混凝土具備極佳之抗車轍性。
2. 本工程之鋼床板鋪面工法為公路總局各橋梁鋪面工程之首次經驗，其配合設計與施工程序與傳統瀝青混凝土施工略有不同，其中底層 GUSS 瀝青混凝土在配合設計中，除需對所有材料性質檢驗外，GUSS 瀝青混凝土尚需辦理流動性試驗、貫入量試驗、車輛痕跡試驗及彎曲試驗等，以求得最佳配合比；另工地現場施工部份，因GUSS 瀝青混凝土施工溫度為220℃~260℃間，為彌補工廠拌合時之溫度不足，於運送GUSS 瀝青混凝土時採用日本進口之熱拌車（Cooker），可於運送途中持續加溫與攪拌，以達施工需求溫度，並將天然瀝青（T.L.A）拌勻。
3. GUSS 瀝青混凝土施工程序與注意事項：
  - (1) 配合比試驗：由天然瀝青與直餾瀝青性質及GUSS 瀝青混凝土流動性試驗、貫入量試驗、車輛痕跡試驗及彎曲試驗等，決定天然瀝青與直餾瀝青比例（25%：75%）及最佳含油量（8.0%）。
  - (2) 工廠試拌：按配合比試驗所得之相關數據於工廠執行試驗拌合與驗廠作業，目地在了解拌合廠之設備是否足以生產GUSS 瀝青混凝土與生產程序，本工程瀝青拌合廠為生產GUSS 瀝青混凝土，須增加石粉倉、AR8000（針入度20~40）瀝青儲存桶等設備，另為提高混合料在拌合機中之溫度，粗細粒料之溫度須提升至270℃~290℃間。
  - (3) 工地試驗施工：為使工地鋪設作業順利順暢，於配合設計及工廠試拌完成後，即進行工地試驗施工，工地試驗施工係摹擬實際施工情形演練一次，藉此瞭解及排除施工中可能發生



之困難，並經由工地試驗施工、量測得本工程GUSS 瀝青混凝土鋪設後之收縮量為5.4%，可作為實際鋪設時厚度控制之用。

- (4)鋼床板噴珠處理及檢查：以回收式噴珠機將鋼板粉漆、銹斑及其他有害物去除，除銹度標準依據ASTM D610 規範中之標準圖規定，其紅銹標準不得超過3%；凹陷處或角隅部份應用砂輪機或鋼絲磨除機等工具清除；噴珠完成後應將鋼珠回收及清掃乾淨；濕度大於80%時應暫停鋼床板噴珠處理作業。
- (5)黏著劑塗佈：於鋼床板完成噴珠處理及檢查後，應於4小時內完成第一次黏著劑塗刷，第一次黏著劑塗刷與第二次黏著劑塗刷應相隔3小時以上，每次塗刷數量為0.2公升/M<sup>2</sup>，另兩次塗刷方向應相互垂直，第二次黏著劑塗刷完成後須養護12小時以上，方可繼續GUSS 瀝青混凝土鋪設作業。
- (6)週端部處理：GUSS 瀝青混凝土拌合料與橋梁伸縮縫及周圍構造物銜接之處，以橡膠瀝青系黏著劑將成型接縫板（45mm×10mm）黏貼，當鋪設GUSS 瀝青混凝土時，高溫的GUSS 瀝青混凝土（約240℃）可與成型接縫板溶合一體，可達良好防水成效。
- (7)鋪設底層GUSS 瀝青混凝土：
  - a.檢查鋼床板是否乾燥與清潔。
  - b.裝設模板：表層及底層縱向施工縫位置錯開15公分以上，橫向施工縫位置錯開1.0公尺以上；木模厚度應按試驗施工時所決定之鋪設厚度辦理，每根木模各設3個強力磁鐵固定；木模設置應施工當日為之，避免木模底部殘留水份。
  - c.運送：GUSS 瀝青混凝土於工廠拌合完成（約190℃）後，需經特殊之熱拌車（Cooker）運送，途中不斷攪拌及提升溫度，到達工地卸料之前，先確認是否已達設定溫度與施作Lucer 流動性試驗。
  - d.鋪築：採GUSS 瀝青混凝土專用之鋪築機具施工，按約1M/分之速度進行鋪築，鋪設完成如有氣泡發生，即以刺棒將其內部空氣排除及餡平。
  - e.施工縫：GUSS 瀝青混凝土之施工縫以瓦斯加熱器加熱，及塗抹黏結材料使後鋪之GUSS 瀝青混凝土能與先鋪者密切接合。

#### (六)橋欄杆、人行道鋪面

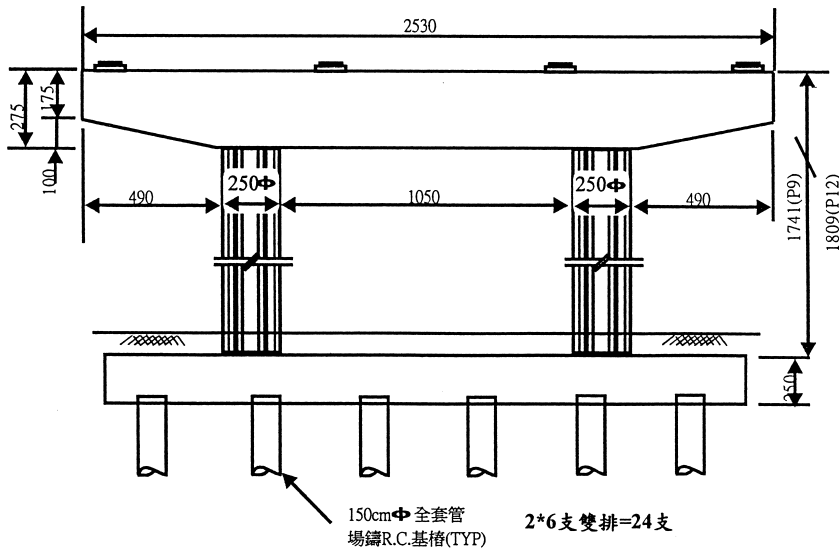
本工程之橋欄杆、人行道鋪面及燈柱皆配合橋梁造型及地方人文特色加以考量，仿大溪傳統建築形式之橋欄杆反應拱橋造型，人行道鋪面則反應中國傳統建築之鋪面形式及材質，而燈柱亦仿中國傳統建築華表之意象，燈桿頂端以圓球裝飾，與橋欄杆之造型相呼應，使本工程橋梁呈現協調之視覺景觀（圖十四）。

### 五、結語

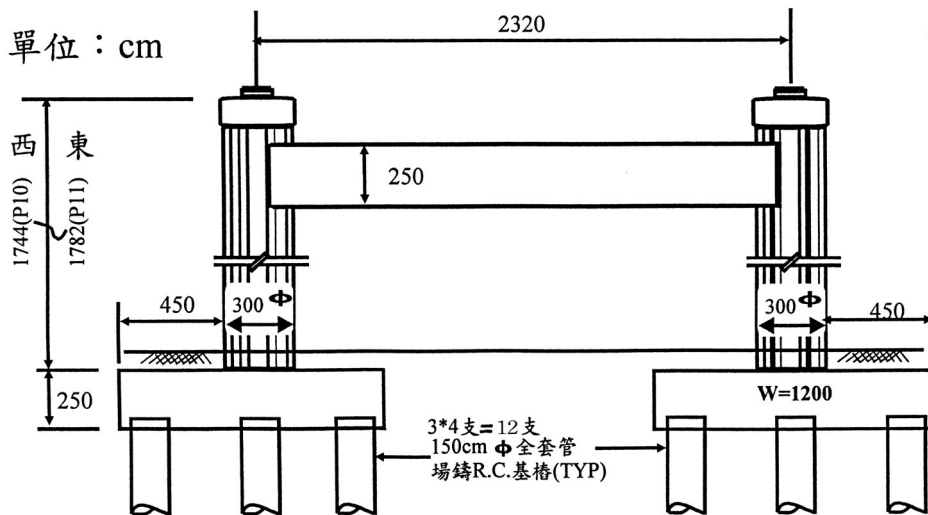
崁津大橋主橋為三孔連續之繫索鋼拱橋，使用鋼料計約4300T，規模比起關渡大橋（約6000T）略小，但結構型卻極為特殊，其中鋼床板上之特殊鋪裝，更是不可掉以輕心，本處為確

保該鋪面施工品質，針對承商所提送之鋼床板鋪裝施工計畫書，特別邀請學者、專家共同會審，也另邀集中華顧問工程司前曾辦理南二高高屏溪斜張橋有類似鋪面施工經驗之陳副理榮波，前來本處指導同仁有關鋼床板鋪裝之設計與施工注意事項。鋼構部份也有賴中華顧問工程司派駐本處之兩位顧問陳世光及官明郎分別就現場橋梁施工及工廠內鋼構製作提供本處監造同仁之技術諮詢，大局梁局長、王副總工程司及養路組長官於施工中蒞臨指導，特此致謝，本處同仁當儘全力，督促承商全力趕工，於今年八月底完成該橋開放通車。

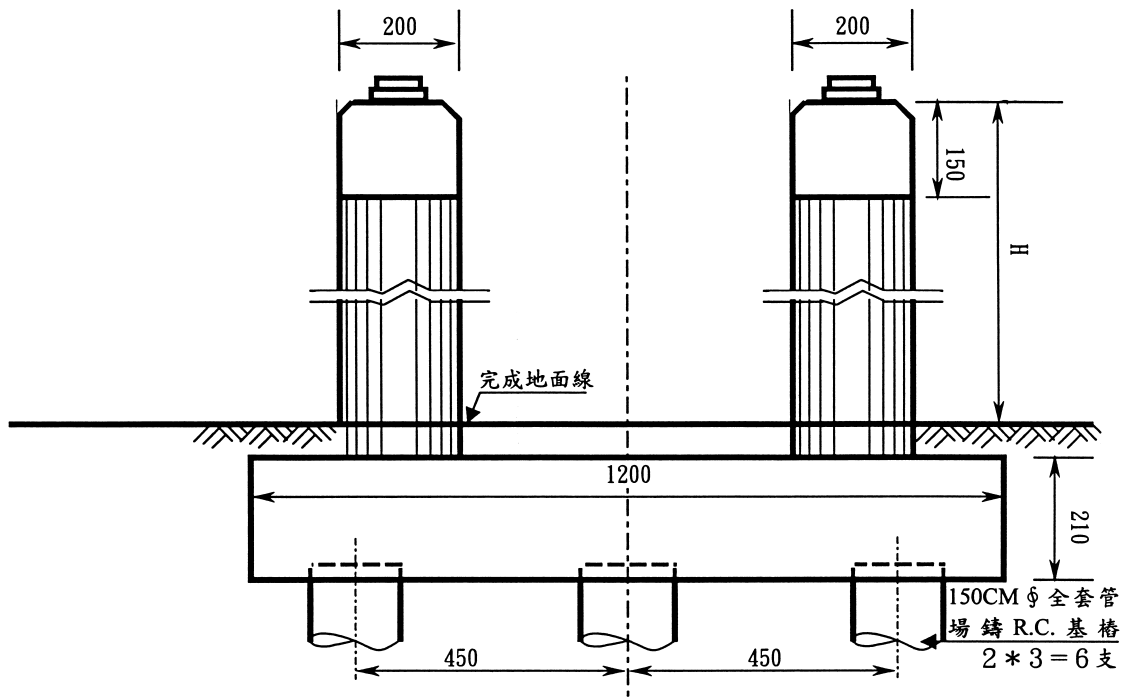
單位：cm



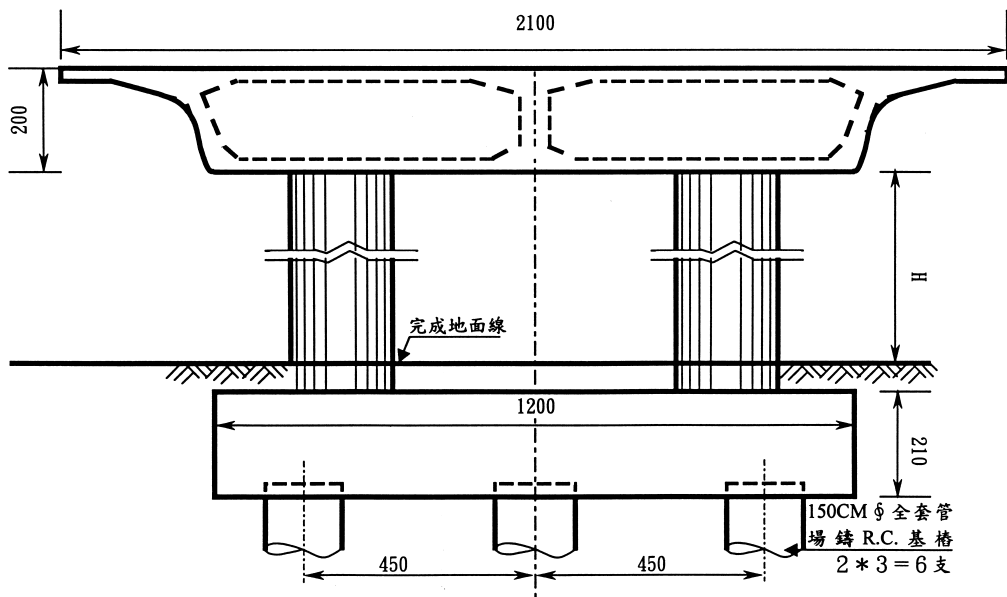
圖七、P9、P12 墩柱帽樑立面圖



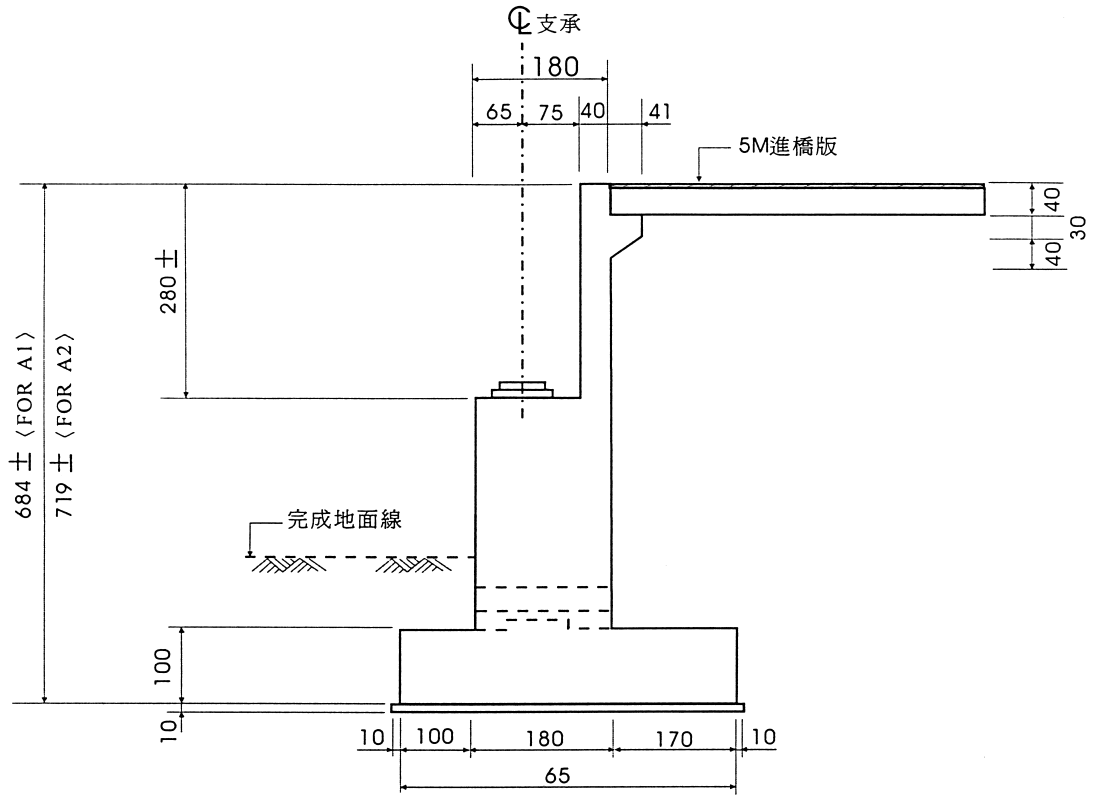
圖八、P10、P11 墩柱帽樑立面圖



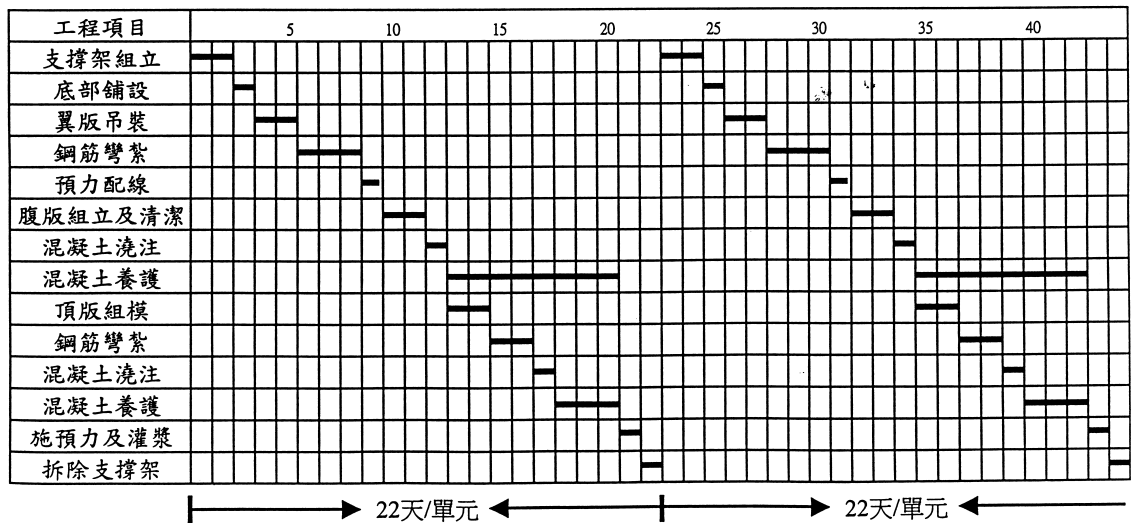
圖九、引橋活動端墩柱帽樑立面圖



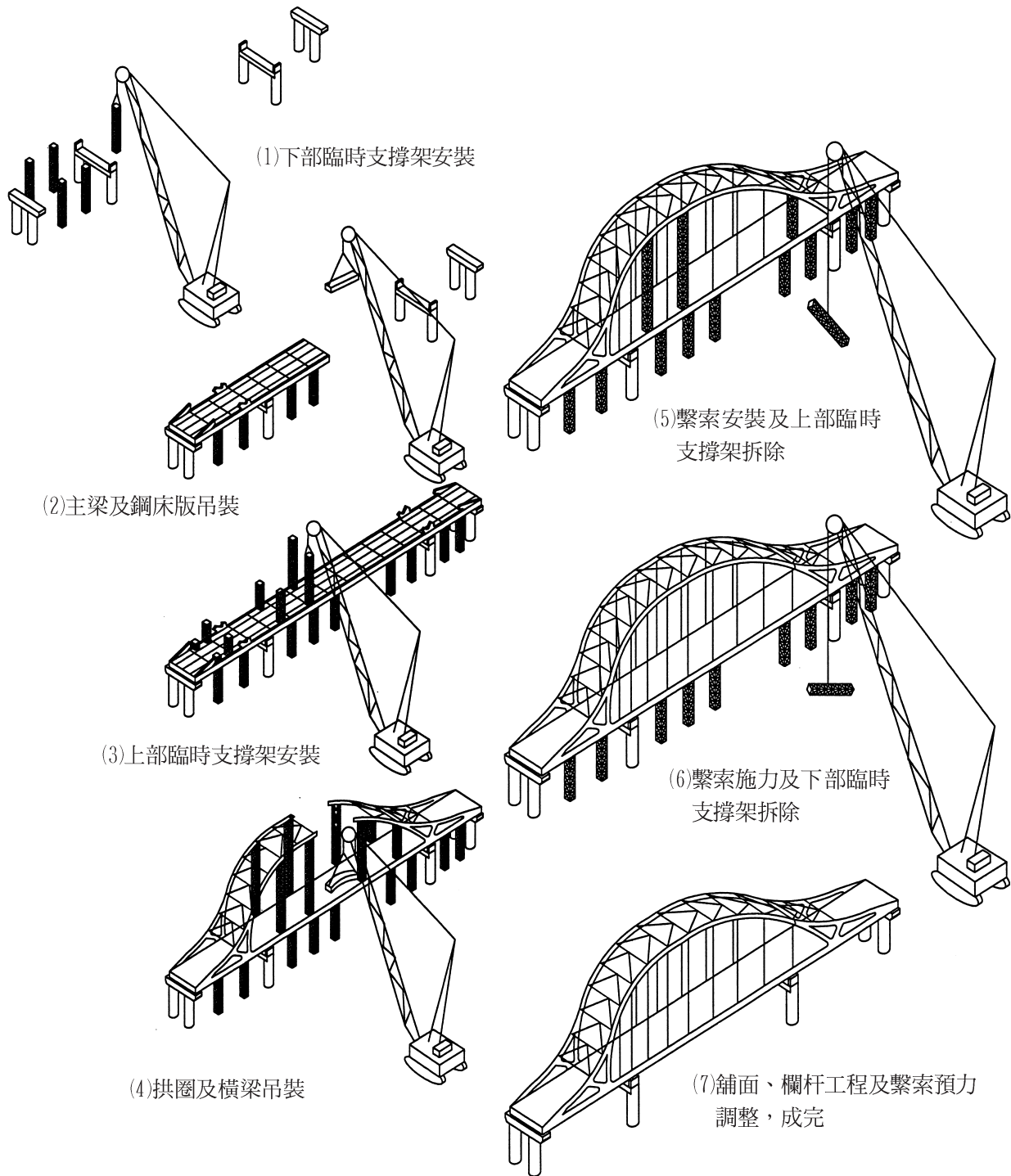
圖十、引橋固定端墩柱帽樑立面圖



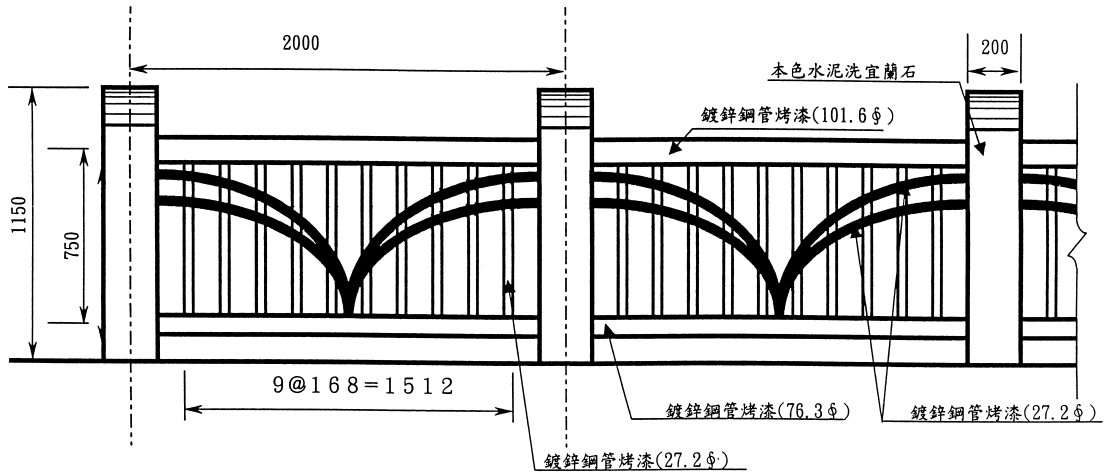
圖十一、橋台立面圖



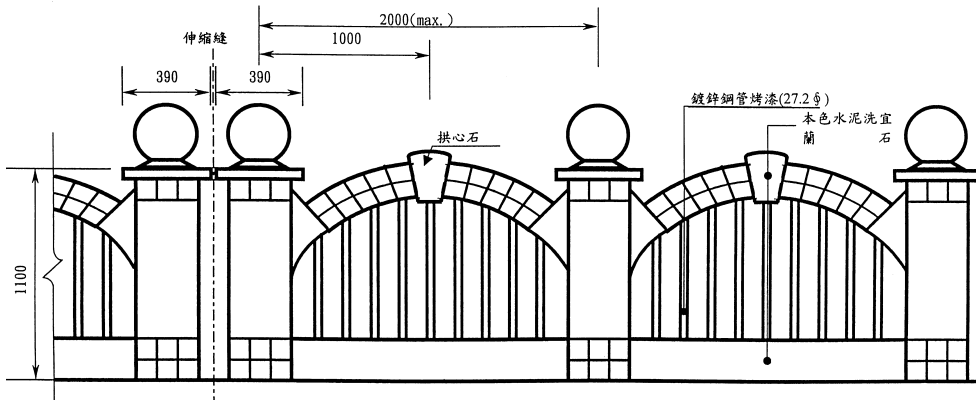
圖十二、引橋箱梁施工進度表



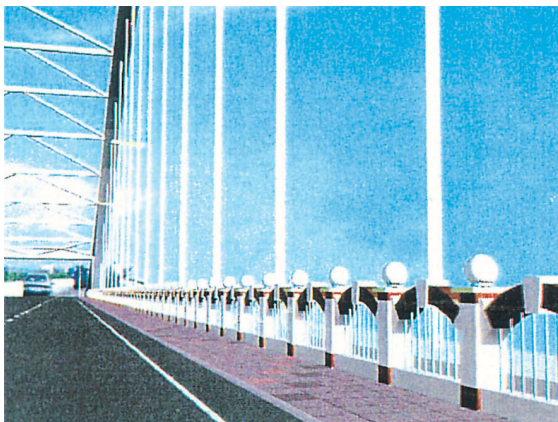
圖十三、主橋安裝順序示意圖



(1)引道欄杆立面圖



(2)橋梁欄杆立面圖



(3)欄杆完成圖

圖十四、欄杆立面及完成圖



90.7.6 交通部視察工地



局長視察工地



王副總工程司視察鋼廠



全套管基樁鑽掘



基樁深度及垂直度檢查



基樁深度及垂直度檢查



基礎開挖

施工照片



基礎混凝土澆注



墩柱鋼模垂直度檢查



墩柱混凝土澆注



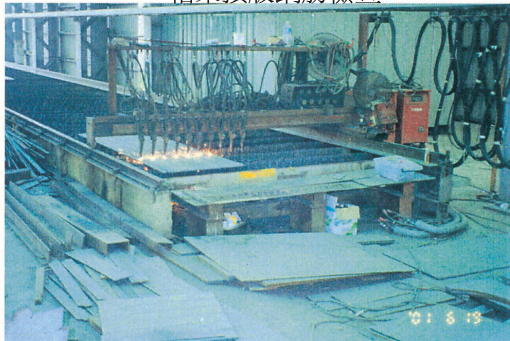
帽梁施工架組立



箱梁頂版鋼筋檢查



箱梁頂版混凝土澆注



鋼板裁切



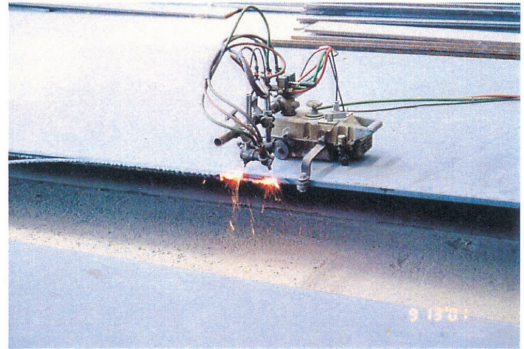
鋼箱梁組立

施工照片





鋼板電銲（潛弧銲）



鋼板厚板開槽



接合板NC鑽孔



鋼床板U肋與橫梁架設



P9 ~ P10 平躺預裝



P9 ~ P10 立式預裝



P10 ~ P11 平躺預裝



P10 ~ P11 立式預裝

施工照片



P10 ~ P11 立式預裝及檢測



P10 ~ P11 立式預裝



下部支撐架吊裝



拱圈吊裝



上部支撐架吊裝



主梁吊裝



橫梁安裝

施工照片



拱圈閉合



周處長胤德主持上梁典禮



鋼橋吊裝完成  
施工照片

園地公開  
歡迎投稿

## 輕質骨材混凝土應用於公路構造之可行性探討

陳豪吉\*，楊宗岳\*\*

### 前言

輕質骨材混凝土具有質輕，可隔熱且強度夠等優點，世界各先進國家引用為營建材料已有多年之歷史。尤其近年來，歐洲地區開始嘗試採用高強度輕質混凝土於大跨度橋梁、預力構造及軟弱地盤之高架道路興建，獲得相當之好評，由於輕質骨材混凝土之使用，將使橋梁上部構造呆重大幅降低，除可增大設計跨度外，基樁之設計亦有減少地基承載之益處。台灣地區蘊藏有豐富之輕質骨材料源，在河川砂石資源日益枯竭情況下，發展輕質骨材混凝土應是可以預期的。輕質骨材具有大孔隙、低密度、高吸水率及顆粒強度低等特性，這些與傳統骨材間性質之差異，在應用於公路構造物時，將導致輕質混凝土在配比，拌製及夯實等製作過程及硬化後之強度性質偏離傳統混凝土之觀念。

### 二、輕質骨材種類及發展沿革

輕質骨材可分成天然和人造兩大類；天然的輕質骨材大都為含有孔隙組織的火山噴出岩，是由火山岩漿自不同的深度噴出火山口後，冷卻成形狀、性質各異的多孔隙材料。較為重要也被人們實際應用過的天然輕質骨材有浮石、泡沫火山岩等，其中又以浮石較為普遍。由於天然輕質骨材的產量有限，品質穩定性也較差，經過一段時間的採掘使用後，即趨於枯竭，對工程應用的實效就長期而言，並非理想且缺可資信賴的骨材來源。因此在人造輕質骨材成功生產後，此類骨材的實用性就逐漸被取代而趨於沒落。

人造的輕質骨材種類相當多，重要的有利用天然材料如粘土、頁岩、火山玻璃石、生雲母等燒製而成的膨脹粘土、膨脹頁岩、真珠石、蛭石等[1,2]，以及由工業廢料如爐石、飛灰等製作而成的膨脹爐石、燒結飛灰及冷結飛灰等。其他如利用高分子烯製造的泡沫球，因本身完全

---

\*國立中興大學土木工程系副教授

\*\*交通部公路總局第五區養護工程處副處長，中興大學土木工程研究所博士班研究生

不具強度，在混凝土內只成為製造孔隙的部份。在前述幾種較重要的輕質骨材中，其外形、顆粒結構、顏色等各異，顆粒密度的分佈範圍甚廣，由 $100\text{kg/m}^3$ 到 $2000\text{kg/m}^3$ 之間，故性質的差異度甚大[2,3]。

輕質骨材的發展，以歐美國家較早；美國於1917年即著手以旋窯生產膨脹頁岩與膨脹黏土的輕質骨材。第一次世界大戰期間（1919~1927），美國大量使用輕質骨材建造混凝土貨船隊（約100艘），及高層樓如Park Plaza Hotel（聖路易斯）和Bell Telephone Building（堪薩市）。二次世界大戰前後，美國國家房屋署大力推動輕質混凝土（Lightweight Aggregate Concrete，簡稱LWAC）之使用，並提供龐大基金釐定廣泛的研究。1950年代房屋構架、橋面版及預鑄構件等普遍使用輕質混凝土，芝加哥的42層高樓（Prudential Life Building）就是以LWAC建造的。

歐洲最早使用人造輕質骨材完成道路橋梁之建造，當時蘇聯在這方面取得較領先的地位，每年使用高強度之人造輕質骨材（造粒型，以膨脹性黏土燒成）約為一萬立方公尺，應用於橋梁中，其中約2000立方公尺使用於預力混凝土。英國於1954年起即陸續利用倫敦黏土燒製而成之輕質骨材應用於建築物及橋梁上；最典型的實例為Austalia Square Tower，樓高總計184公尺、半徑41公尺，50層之辦公大樓幾乎全由輕質骨材混凝土建造而成。挪威更於1989年起陸續應用高達 $75\text{MPa}$ 之高強度輕質骨材（膨脹粘土）混凝土於大型橋梁建築上。

日本早期由於經濟之高度發展、投資建設費用巨大、天然骨材之枯竭等原因，即積極探求以人造輕質骨材補充應用。第二世界大戰以前日本就開使嘗試使用人造輕質骨材，但僅應用於集體住宅等之建築；土木工程方面則一直沒有機會採用。到了1968年4月才首次使用膨脹性頁岩燒成輕質骨材，也立刻引起興趣。至今由於建築界廢止了建物的高度限制，對於越高的建築物使用輕質骨材越有利的因素，在理論及實驗均獲得驗證後，使人們對於輕質骨材更具信心。經一、二年後其平均生產量達到100萬立方公尺，強度也由 $9\text{MPa}$ 、 $15\sim 18\text{MPa}$ 提高到 $22\sim 30\text{MPa}$ 。之後土木界也開始研究，歷經約七年進入實用階段，主要用於鐵路、道路橋梁上，也有使用軟弱地盤上之鐵路高架橋建造，不但上部結構使用人造輕質骨材混凝土，在基腳部分也使用非造粒型膨脹性頁岩於混凝土生產上，這些進步都引起世界之注目。而台灣輕質骨材發展仍處於實驗階段，尚未量產。

### 三、輕質骨材之特質

輕質骨材顯然會因其種類不同，以及形成的過程不一，而擁有互異的性質。對於輕質骨材與普通骨材的不同點，以及在性質上特有之處可從其成形、組織及粒徑大小三方面瞭解之。

天然輕質骨材以火山岩居多，主要依岩漿外噴過程的深度不同而形成性質互異的材料，由於在形成過程中無法加以控制，致其表面和內部孔隙變異性甚大。

人造骨材有利之處在於製造過程的人工化，而可對性質做某種程度的控制。不過除了膨脹黏土、頁岩及板岩可形成堅硬、渾圓且接近封閉的外表層外，其餘如膨脹爐石、燒結飛灰、真珠石等均無堅硬之表層，外表也較不規則、吸水率也較大，使其整體骨材品質較差。頁岩及板岩可由原料打碎並直接燒製成非造粒形輕質骨材，黏土或塑性較大之頁岩則可先行造粒，然後

燒製成接近圓球形的造粒形骨材，粒徑可由原造粒控制其大小。

骨材組織方面，不論是天然或人造輕質骨材，其最大特點在於材質中含有相當高比例的孔隙。骨材組織中的孔隙可分為表層孔隙和內部孔隙二種，表層孔隙的存在，較不利於骨材的品質，最明顯的是對強度、吸水率、和混凝土工作性的影響。而品質已被肯定為較理想的膨脹頁岩及膨脹黏土之類的輕質骨材，除了不含表層孔隙（開放式）外，最重要的是它擁有一層燒結成形且強度高的硬表殼，使它能因具有高含量的內部孔隙，而成為一種顆粒密度小，卻擁有低吸水率、高強度的輕質骨材。

輕質骨質的粒徑除了造粒型之膨脹骨材，可由事先的原料造粒完全控制其顆粒粒徑外，其餘非造粒型人造骨材其粒徑是依原粒的碎粒大小而定，至於天然輕質骨材，其顆粒粒徑為自然形成。粒徑的區分大都與普通骨材同樣方式處理之一，一般而言，輕質骨材之最大粒徑以3/4"（19mm）而不超過1"（25mm）為宜。

目前在結構性混凝土方面使用最多的人造膨脹頁岩、黏土、板岩等有兩項共同特點，一是骨材的粒徑愈大，其顆粒密度愈小，強度也愈差。另一是細骨材部分，細顆粒較少，尤其是#30以下的顆粒尤為缺乏。由於骨材之顆粒密度係依粒徑大小而改變，進行顆粒分佈的試驗分析時，各粒徑骨材含量的體積百分比與重量百分比將不一致，這是與普通骨材不同的地方。至於輕質骨材的缺乏，可用天然砂補充，但將會增加混凝土之單位重及降低其隔熱性。然而在水泥含量及坍度條件均相同時，以天然砂取代輕質砂將能提高混凝土強度[4,5]。

輕質骨材內部含有大孔隙，使其彈性模數、強度、密度等均隨粒徑增大而降低。就普通混凝土而言，骨材最大粒徑愈大，對混凝土品質愈有利，因為它能減少拌合水用量，從而減少材料析離、混凝土泌水現象及收縮等，有利於混凝土之強度。骨材最大粒徑愈大，對混凝土品質愈有利的觀念在輕質混凝土上不全然適用，因為粒徑愈大的輕質骨材其強度將愈低，（如圖1所示），因而會限制混凝土的強度發展。故欲得較高強度的輕質混凝土，須選用顆粒密度大、強度高的輕質骨材。

#### 四、輕質骨材混凝土之特性

輕質混凝土的分類方式有多種型式，例如德國國家標準（DIN）以密度分類，上限為2000kg/m<sup>3</sup>；美國ASTM依用途分類為使用於結構體、預鑄版、隔熱吸音三種；日本JIS以骨材來源分類則有天然、人造及工業副產品三種。所有分類方式事實上都可以用骨材之種類、製造方式來區別，如膨脹黏土、膨脹頁岩或板岩、膨脹爐石輕質骨材混凝土，以及燒結型、冷結型飛灰輕質骨材混凝土等。

國內外以往有關輕質混凝土研究已不少，但因研究之骨材種類、混凝土配比、環境條件、用途等變數甚多，很難統一規定輕質混凝土應有何標準之工程性質行為。對於輕質混凝土的工程性質較重要者分述如下：

## 1. 單位重

輕質混凝土其氣乾單位重一般均不超過 $2000\text{kg/m}^3$ ，但這種定義並不是強制的標準，譬如ASTM規定的氣乾單位重為 $1840\text{kg/m}^3$ 以下。不過，優良的輕質混凝土其單位重應較相同配比之常重混凝土低約25~40%為佳。

## 2. 抗壓強度

輕質混凝土強度與其單位重有密切關係，故CNS3691 A2046，DIN和ASTM C330中對強度性質的規定，都以單位重高低作為分級標準（如表一、表二所示）。抗壓強度和單位重之比例關係，是衡量輕質骨材混凝土品質優劣的重要依據。在各先進國家，對輕質混凝土均有劃定出一抗壓強度與單位重或水泥用量之關係範圍。台灣地區生產之膨脹頁岩輕質骨材水泥用量與混凝土強度間之關係如圖2所示[5,6,7]。

影響輕質混凝土抗壓強度之因素包括骨材種類、級配、強度、水泥漿量及在水灰比等。骨材粒徑愈大對混凝土強度愈不利，故一般建議輕質骨材最大粒徑應在25mm以下。水灰比對輕質混凝土工作性影響頗大；全輕質骨材在低水灰比時，工作性將嚴重影響，解決之道為增加水泥漿量或改用天然砂做為細骨材，而後者經濟可行。在相同水灰比下，天然砂輕質混凝土之抗壓強度較高，這點不因輕質骨材種類不同而有差異。

為達混凝土的同等強度，輕質混凝土之水泥砂漿強度須比一般常重混凝土所用水泥砂漿强度高（如圖3所示），意即輕質混凝土需較多之水泥用量或較小之水灰比來拌製混凝土，相對地其亦會發生早強現象（如圖4所示）。此結果應用於預力混凝土構件時，可縮短預力拖拉之齡期。

## 3. 應力應變關係

輕質骨材混凝土之應力—應變曲線較普通混凝土更接近直線，因為輕質混凝土在降伏破壞以前，其受力主要由水泥砂漿承擔，而水泥砂漿為近似均質材料，故應力—應變關係呈線性發展。當輕質混凝土受力超過水泥漿體強度上限而破壞時，水泥漿體原承受力量迅速傳至輕質骨材，將因骨材強度無法承受而急遽破壞，所以使輕質混凝土之破壞更具脆性。

## 4. 彈性模數及柏松比

輕質混凝土之彈性模數一般約介於 $1.0 \sim 2.4 \times 10^5 \text{kgf/cm}^2$ 之間，如表二所示[5,6,7]。影響彈性模數的因素甚多，一般之研究大都歸納出彈性模數與混凝土單位重、抗壓強度之關係式，其中並以主張 $E_c = K \rho^{\frac{3}{2}} \sqrt{f_c}$ 居多，包括ACI, CBE/FIP, Holm、柚原治美等的研究報告。由此可知，影響彈性模數之最大要素為單位重（ $\rho$ ），其次為抗壓強度。

輕質混凝土與常重混凝土之柏松比相近，其值約介於0.15~0.25間，視骨材種類、用漿量、齡期及含水量等因素而定。

## 5. 乾縮及潛變

乾縮的發生在於混凝土中水份的喪失，因此如果能減少水泥漿量或降低水灰比，或是採用緻密而大的骨材，均能有效減少乾縮。一般輕質骨材混凝土之乾縮值約在 $4 \times 10^{-4}$ mm/mm至 $6 \times 10^{-4}$ mm/mm間居多，而普通混凝土為 $7 \times 10^{-4}$ mm/mm至 $10 \times 10^{-4}$ mm/mm，故輕質混凝土乾縮量平均較低。但部份文獻則指出，輕質混凝土乾縮量比普通混凝土高；顯見乾縮量之高低並非絕對，而且變數亦多，如水灰比、用漿量、骨材種類、環境條件及尺寸效應等，都有影響，無法一概而論。不過，蒸汽養護可減少10~40%之乾縮量，尤其是高壓蒸汽養護更具效果，這點是可以肯定的。一般規範如CNS，ASTM等，對輕質混凝土乾縮量之規定是不得大於0.01%。

在潛變方面，影響之因素包括：水泥性質、骨材種類、級配、水泥漿體品質、用量、環境條件、所受應力大小及加載時間點等。由其影響因素可知，潛變與乾縮有密切之關係，因為潛變之發生通常都是從乾縮或膨脹變形處開始蔓延的。

強度較高之輕質混凝土，承載能力較高、潛變量少；另低壓蒸氣養護比濕養之試體可減少25%至40%之潛變，而高壓蒸氣養護則可減少高達60%至80%之潛變。

## 五、輕質骨材混凝土之配比與拌製技術

輕質骨材混凝土的組成材料和混合模式，基本上與普通混凝土相近，在配比理念上也可彼此引用。但因輕質骨材的顆粒密度、強度以至於吸水率的差異，將使混凝土配比的準確性不易掌握，在拌合製造上發生偏差。對於配比設計法因而須從骨材顆粒密度、混凝土受力結構及水泥含量等，相對於傳統設計法做必要的調整；在拌製方法上也因輕質骨材較輕及吸水率較大的特性，而使拌合與製造技術有所不同[7,8]。

應用到實務上的輕質混凝土構造體，分為結構性及非結構性兩類，其組成材料和構成方式也各自不同。結構性用途的輕質混凝土，以承重能力為主要的考量因素；而非結構性輕質混凝土則以隔熱為考慮重點，在配比設計上，前者講究強度的形成，後者著重於孔隙的存在。

### 1. 非結構性輕質混凝土之配比設計

無細料輕質混凝土（no fine concrete）之拌製要點為慮及要求之強度，儘可能造成較大的粒間孔隙，通常均只使用單一骨材顆粒，例如8/16mm粒群。此外，做為粘結用的水泥砂漿應儘可能少，在極端情形也可只用水泥漿，如此製成的混凝土具有粘結方式之骨材構造，其粒間孔隙體積相當大，由於係點黏結，故一般而言所能達到之強度對密度之比例上較低，不過若於點粘結外之三角楔充以水泥砂漿，其強度（密度亦然）將可提高。於粒間孔隙再利用不同骨材粒群填充時，則可進一步提高混凝土強度及密度。

無細料輕質混凝土的配合設計於紙上作業時只能得粗略值。混凝土中存在的粒間孔隙很難做正確之估計，因夯實程度具有甚大且決定性之影響。強烈之夯實對緻密混凝土而言，可能會造成析離現象，卻不太會引起孔隙變化；但是對無細料混凝土而言，太強烈的夯實通常會減低孔



隙體積而提高密度。故最佳的夯實度必須正確控制之，唯一方法為經由試驗來判定。

進行無細料輕質混凝土的配合設計時，粒群或混合骨材於夯實狀態下之單位重為基本資料。做為粘結用的水泥漿及細骨材不致於增加混凝土體積，而只會減少粒間孔隙。混凝土之密度常先近似的假設為夯實之粗骨材鬆單位重、水泥含量、水含量及細骨材量等之重量和。以此假設資料確實進行拌製試驗後即可定出拌合用之配合比。

## 2. 結構性輕質混凝土之配比設計

結構性輕質混凝土配比設計必須考慮單位重、強度及工作性等要項。由於輕質骨材的彈性模數大都小於水泥砂漿，而前者的顆粒強度則可能大於、也可能小於後者，該兩項材料之間的複雜關係，使輕質混凝土的強度形成。受力下的應力—應變行為、時間性變形、乃至於使用在鋼筋混凝土上的力性，與普通混凝土之間有不小的差別。D.A.Abrams於1918年所發表『水灰比理論』，以水灰比確定混凝土強度的配合設計理念，可能不適用於輕質混凝土。

輕質混凝土配合設計標準在美國AC1318、德國DIN及日本土木學會中皆訂有規範，除了考慮質輕的要求外，對於骨材最大粒徑與級配之選擇，以及所需用水量計算，原則上與普通混凝土配合設計的標準相近似。在配比計算時因仍採用材料體積觀念，須注意輕骨材不同粒群間其密度及吸水率不同之差異，以及拌合時輕質骨材吸水率所引起的新拌混凝土稠度變化。輕質骨材之吸水率變化大且不穩定，將直接影響混凝土拌合用水量，間接左右水灰比和混凝土稠度。研究證實[7,8]，人造輕質骨材在絕乾狀態下浸入水中，前2分鐘之瞬間吸水率約達24小時吸水率之25至30%，以後吸水率非常緩慢。由於輕質骨材吸水率大所造成的困擾只在新拌混凝土澆置前較為重要，為配合實務需求，可在骨材面乾內飽和吸水率外，另訂一拌製施工上某一時間內之吸水率，作為拌製混凝土時用水量之依據。例如德國工程界即以30分鐘吸水率為準。

對於輕質混凝土配比設計方法，文獻提供下列幾種方法：

### (1) 絕對體積法：

混凝土的體積為水泥、骨材、水及空氣等絕對體積之和，因此 $1\text{m}^3$ 之混凝土中所含輕質骨材數量可由總體積 $1\text{m}^3$ 減去水、空氣與水泥等的體積得之，再依級配要求及各粒徑輕質骨材顆粒密度推求各粒群輕質骨材用量。

### (2) 體積分析法：

此法是先預估製作混凝土所需的水泥用量及概略的粗細骨材比率之骨材用量進行試拌，以要求的坍度控制所加之拌合水，直到坍度及稠度符合要求後，再測定坍度、空氣含量、新拌單位量，從而反推算 $1\text{m}^3$ 混凝土實際材料所使用之數量。由所測定的資料加以調整後，再經由試拌控制直到獲得滿意之配比為止。計算過程中需知骨材乾鬆單位重、氣乾含水量、評估粗細骨材率及估算一定強度要求下所需水泥用量。

### (3) 比重因子（試拌法）

依材料體積分析理念，混凝土體積在扣除水泥、空氣及水量（用水量—骨材吸水量）等體積後即得骨材體積。假設粗、細骨材體積之混合比例與其乾鬆單位成正比關係，此比值稱之比

重因子。藉比重因子決定配比，再經由試拌調整推求配比資料。

#### (4) 比重因子法（比重瓶法）

本法乃利用比重瓶測定輕質骨材（乾燥或潤濕）實際吸水狀況下，骨材於拌製時所排開的水體積；計算比重因子，將輕質骨材之濕氣含量變化加以考慮從而修正配比。

天然砂的添加是人造輕質骨材（尤其是造粒型骨材）常須考慮的手段。雖然它可有限度的提高輕質混凝土強度，但因大幅度提升其密度，且一般常用的石英砂還會降低混凝土隔熱，故於使用宜小心為之。

對於各種不同等級輕質骨材而言，為達到一特定之混凝土強度所需之水泥用量可能變化相當大。由混凝土受力結構分析可推知，水泥用量依骨材顆粒之強度及彈性模數而改變，同時亦依工作所需之用水量等因素而定。這些因素之影響無法可靠地加以預測，通常所需之水泥用量常藉試拌而獲之。

### 3. 非結構性輕質混凝土之拌製技術

混凝土為了得到較佳的隔熱性，於配合拌製過程以不添加細骨材，而以適量水泥漿包裹粗骨材，藉由粗骨材顆粒間的接觸結合，以製造顆粒間孔隙，達到減輕混凝土自身單位重，降低熱傳導係數之目的。此即通稱之無細料混凝土。這種無細料混凝土之粗骨材若採用大量孔隙的輕質骨材來取代天然骨材，製成非結構性輕質混凝土，將可大幅降低混凝土單位重，對於一般建築物中之非結構性構件如外牆、帷幕牆等，具有相當有利的隔熱效果。

為使非結構性輕質混凝土達到使用上之需求強度，常利用加壓振動方式製造非結構性預鑄構件。加壓振動係利用外加壓力於混凝土表面，配合強制震動所提供的能量，使各骨材顆粒間之排列趨於穩定且緊密接觸。

### 4. 結構性輕質混凝土之拌製技術

拌製輕質混凝土時，由於所含輕質骨材之吸水率較一般常重骨材高，且變化大而不穩定，將直接影響混凝土拌合用水量，間接左右石灰水比和混凝土稠度，混凝土水灰比變得不易掌握，同時會發生骨材吸水量過大影響到稠度的情形。

由於混凝土的拌合水除了少部份供水泥水化作用外，大部份是形成稠度使具工作性，輕質骨材的大吸水率，必然在混凝土拌合、澆置階段造成甚大的困擾。事實上，這些影響顯然只在新拌混凝土的澆置以前較為重要，故為配合實務需求，可在骨材的面乾飽和吸水率外，另外再加入骨材30分鐘吸水率。

進行拌合作業時，輕質骨材的乾濕狀況必須正確掌握。將骨材充分預濕以供拌合為不可行的做法，目前大都採用接近乾燥，即零含水率的骨材於拌合上。由於輕質骨材的吸水率甚大，則於乾燥骨材外另加的拌合水量相當大，一次加入總水量的做法，有造成混凝土稠度過小而有析離現象的危險。故於拌合施工上，常將輕質骨材與部份拌合水先攪拌，隨後再與水泥等材料一起混合。

粒徑較大的輕質骨材，其強度較差，單位重也較小，進行混凝土拌合時，拌合時間不宜過

長，一般拌合機的攪拌時間最好不超過90秒，以防止造成顆粒破壞或水泥漿下沉的析離現象。

## 六、輕質骨材混凝土之振動夯實

輕質混凝土之異於普通混凝土者為粗骨材較輕，內部含有較多孔隙。由於輕質骨材質輕，於振動夯實過程中不易下沉填入大孔隙中，且內部振動之能量易於被振動棒周圍混凝土所吸收，振動波不能廣泛地傳播，導致效率明顯降低。因此，必須使用振頻高的振動器，比普通混凝土之振動間隔縮小，且稍加振動時間以充分夯實之。振動器使用頻率10,000r.p.m以上者，一般認為與普通混凝土一樣，在適當振動時間範圍內，可獲得良好之結果[9]。但振動時間過長時，輕質混凝土將易於引起粗骨材上浮，造成材料析離之不良現象。

根據ACI的建議，輕質混凝土由於骨材較輕，振動夯實效果較差，每層輕質混凝土的內部振動夯實度不宜超過400mm，振動時間大約10秒，若稠度較硬的輕質混凝土則需較長的夯實時間。一般內部振動的插入間隔大約是作用半徑的1.5倍或600mm以下較為恰當。台灣地區膨脹頁岩輕質骨材混凝土夯實時間與空隙含量、單位重、強度間之關係如圖5、6、7所示。較輕的大粒徑輕質骨材，在強烈的振動夯實或長時間的夯實作用後，將會浮上混凝土表層，形成混合不理想的析離現象；這種情形在稠度愈小的輕質混凝土愈容易發生。再者，輕質混凝土因其振動阻泥效應較大，而需較大的振動量以達成夯實效果。故於工地現場夯實施工上須適當處理之，建議正常條件下以1分鐘為上限。

## 七、結語

輕質骨材混凝土係由輕質骨材取代傳統骨材所製成之混凝土材料，具有質輕、可隔熱、耐火性強、耐震性佳且強度夠之優點；歐美先進國家於二十世紀初即開始生產輕質骨材，並使用於結構工程與非結構性用途上。近年來，北歐國家更引用高性能輕質骨材混凝土之概念將之應用於大跨度預力橋梁之興建，亦獲得良好之評價。位於地震帶上的台灣地區，近年來高樓及大型公共交通工程遽增，且因屬於亞熱帶，能源節約需求日益迫切，發展輕質混凝土取代傳統之混凝土建材，就整體經濟效率而言，具有十足之重要性與需求性。尤以歷年來政府推動公共工程建設，導致台灣地區骨材來源日益缺乏；另一方面又因重視水土保持而逐步禁止河川砂石之開採，在砂石取得日益困難的情況下，可供燒製輕質骨材的料源蘊藏豐富的台灣地區，今後開發輕質骨材應是可以預期的。

## 八、參考文獻

1. 陳豪吉，顏聰，"以水庫淤泥製造輕質骨材及輕質混凝土之研究（1/2）"，89年7月，國科會報告，NSC89-2211-E-005-027.
2. 陳豪吉，顏聰，"以水庫淤泥製造輕質骨材及輕質混凝土之研究（2/2）"，90年7月，國科

- 會報告，NSC89-2211-E-005-044.
3. 顏聰，陳豪吉，"混凝土輕質骨材技術發展及應用"，82年7月，內政部建研報告。
  4. H. J. Chen. Yen. "Determination of the dividing strength and its relation to the concrete strength in lightweight aggregate concrete.", 1999. The Journal of Cement & Concrete Composites Vol. 21, pp.29-37.
  5. 陳豪吉，顏聰，"以數值方法探討輕質骨材之彈性模數"，1998.12，中華民國第二十二屆全國力學會議，pp.327-334.
  6. 陳豪吉，林建國，"無細輕質骨材混凝土性質之研究"，2000.08，第五屆結構工程研討會"，pp.531-539.
  7. 顏聰，陳豪吉，"人造輕質骨材對輕質混凝土強度成長之影響"，83年1月，國科會報告，NSC82-0410-E-005-081.
  8. 顏聰，陳豪吉，"輕質混凝土配比設計及拌製技術之研究"，83年4日，內政部建研所報告.
  9. 陳豪吉，顏聰，"輕質骨材混凝土之最佳夯實"，88年5月，興大工程學刊第十卷第二期，pp.1-8.

表一 CNS及ASTM對輕質混凝土強度規定

(10.2kgf/cm<sup>2</sup>=1MPa)

規範		最大平均 單位重(kg/m <sup>3</sup> )	最小平均28天抗劈、 張力強度(kgf/cm <sup>2</sup> )	最小平均28天抗 壓強度(kgf/cm <sup>2</sup> )
CNS 3691 A2046		1840	20	280以上
		1760	20	210
		1680	20	175
ASTM C330	全 輕 質	1760	22.5	281
		1680	21.1	211
		1600	20.4	176
	砂 非 輕 質	1840	23.2	281
		1760	21.8	211
		1680	21.1	176

表二 輕質混凝土彈性模數與單位重、抗壓強度之關係

抗壓強度 N/mm <sup>2</sup> (MPa)	彈性模數(kN/mm <sup>2</sup> )		
	輕質混凝土		常重混凝土
	單位重(1400kg/m <sup>3</sup> )	單位重(1900kg/m <sup>3</sup> )	單位重(2300kg/m <sup>3</sup> )
30	11	19	28
40	12	21	31
50	13	23	34
60	14	25	36

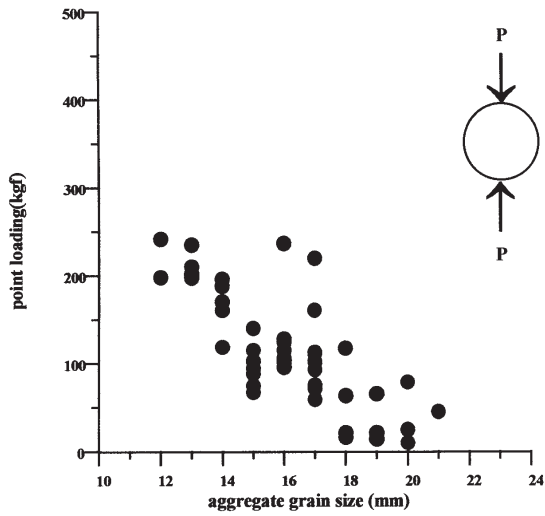


圖1 輕質骨材點壓試驗結果

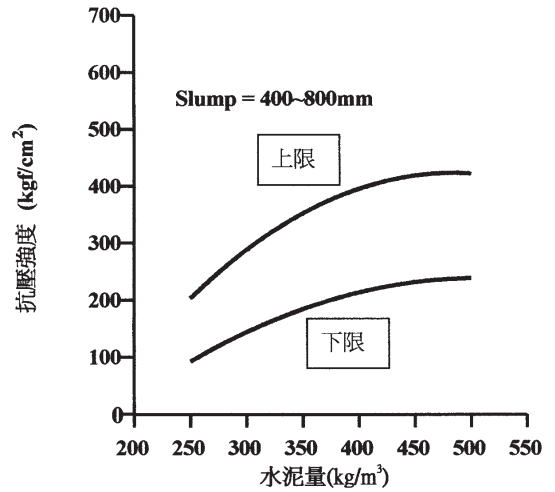


圖2 水泥用量與輕質混凝土抗壓強度關係

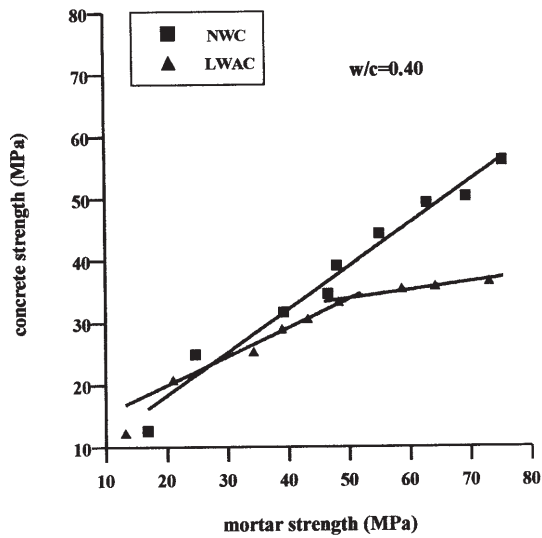


圖3 混凝土與水泥砂漿強度之關係圖

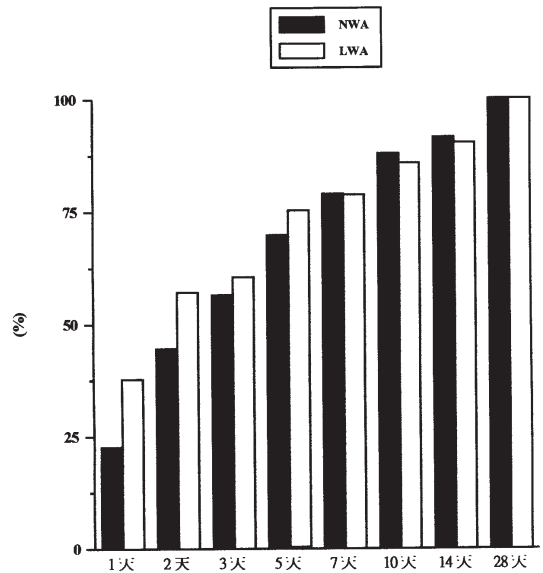


圖4 輕質、普通混凝土之強度成長比較圖

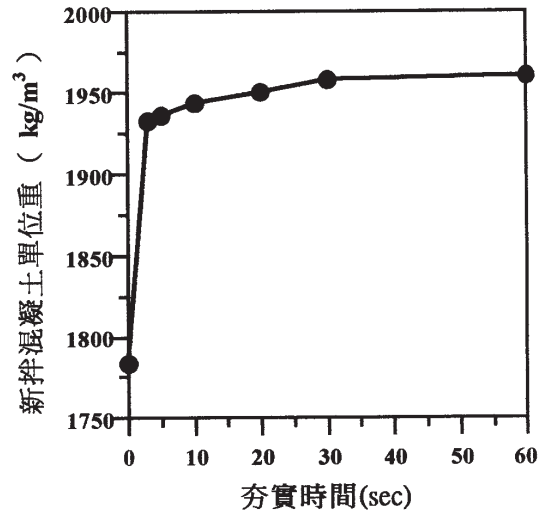
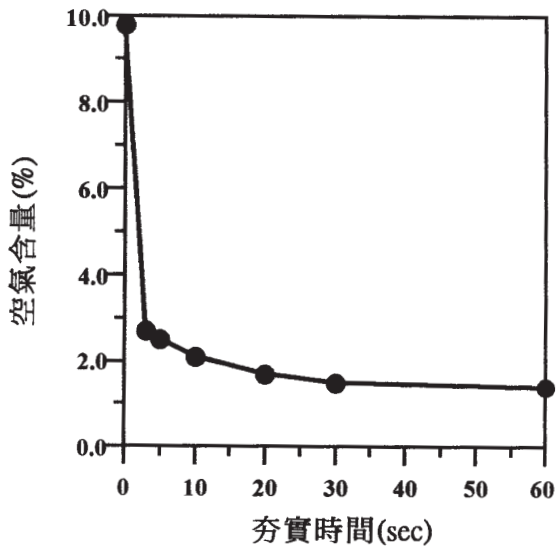


圖5 振動夯實時間與空氣含量之關係  
(振動棒BC25DS型, 試體100 φ × 200mm)

圖6 振動夯實時間與新拌混凝土單位重之關係  
(振動棒BC25DS型, 試體100 φ × 200mm)

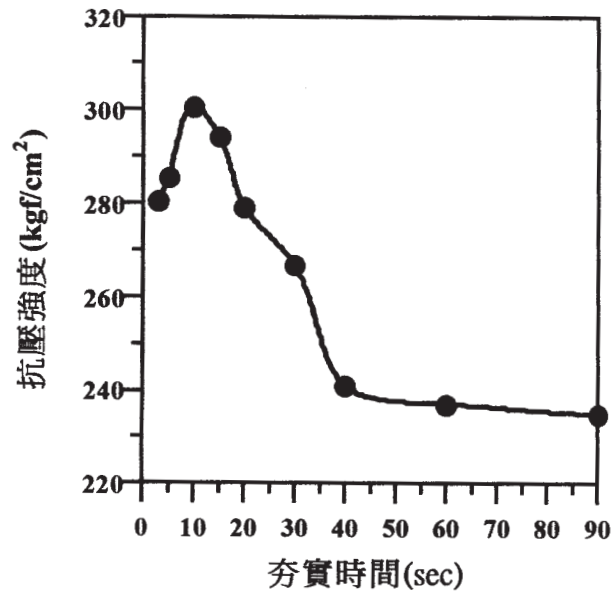


圖7 振動夯實時間與抗壓強度之關係  
(振動棒BC25DS型, 試體100 φ × 200mm)

## 鋪面平坦度之探討

林登峰\* 張孟孔\*\*

### 摘要

鋪面平坦度可分為三項要素即：橫向變量、縱向變量與水平變量，其中以縱向變量為影響行車舒適度最大因素。而量測平坦度又可分為施工檢驗與服務性檢驗，施工檢驗的儀器有直規或高低平坦儀(Hi-Lo Detector)，檢測標準以各單位相關施工規範為依據；服務性檢驗的儀器則有Profilometer、Roadmeter及Mays Meter等，並以現況服務能力指標(the Present Serviceability Index, PSI)、國際糙度指標(International Roughness Index, IRI)和梅氏糙度指標(Mays Index, MI)等指標作為評斷依據。目前國內施工規範對於鋪面平坦度檢驗多數以三公尺直規作為檢測儀器。此量測方法雖然簡易，但所測得之數據是僅限於局部路面平坦度檢驗，無法真正評估整體路段之平坦度，而真實反應出用路者對鋪面績效的感受程度；因此，雖然經完工驗收合格開放通車路段，用路者仍可能有車輛搖晃、路面不平的不舒適感覺。故本研究希望能利用三公尺直規、高低平坦儀與Walking Profiler三種檢測儀器對新鋪道路進行檢測，利用統計迴歸分析方法構建出施工檢驗與服務性檢驗間之轉換模式，利用PSI與標準差 $\sigma$ 間之轉換公式，可反推求得 $P_0$ 值所對應之起始標準差 $\sigma_0$ ，用 $\sigma_0$ 即可檢驗新鋪築完成之道路平坦度標準差 $\sigma$ 是否符合原設計時對於鋪面平坦度的要求。並可將平坦度真實施工水準回饋到鋪面設計中，以能滿足用路者對於行駛舒適度的要求及鋪面使用之設計年限。並可將交通量資料與平坦度資料合併分析，建立鋪面養護週期預測模式，回饋至鋪面設計中，以作為未來道路養護決策與設計的參考。

### 一、前言

鋪面糙度(Pavement Roughness)，又稱平坦度，是路表面的現象表徵，也是用路者對行駛鋪面之感覺。當道路在新建鋪築時，糙度主要受施工品質所控制，開放交通後，由於交通荷重、材料結構強度、環境因子及鋪面破壞等因素交互作用，鋪面表面不平坦的現象將逐漸嚴重。由於鋪面糙度是造成用路者不舒適之主因，故成為一般用路者評斷鋪面養護品質之主要依據；此外，鋪面糙度會造成車輛行駛時額外產生高達50%以上之動態荷重[1]，導致鋪面結構加速惡化，影響鋪面

\* 義守大學土木工程學系助理教授

\*\* 本局第三區養護工程處工務員

服務績效。

鋪面平坦度三要素為橫向、縱向與水平之變量，其中以縱向變量影響行車舒適度為最大。而其量測平坦度可分施工檢驗與服務性檢驗[3]，施工檢驗儀器有直規或高低平坦儀(Hi-Lo Detector)，檢測標準以各單位相關施工規範為依據[3-4]；服務性檢驗儀器有 Profilometer、Roadmeter 及 Mays Meter 等，並以現況服务能力指標(the Present Serviceability Index, PSI)、國際糙度指標(International Roughness Index, IRI)和梅氏糙度指標(Mays Index, MI)等指標作為評斷依據。

PSI 值由0至5的數值，PSI 值愈高表示鋪面服務績效愈佳，較能為用路者接受；PSI 值愈低表示鋪面服務績效愈差，較不能被用路者接受。故 AASHTO 鋪面設計中起始服务能力指標  $P_0$  值對柔性鋪面建議值為4.2，終止服务能力指標  $P_1$  值為2.5；但國內實際路面鋪設之  $P_0$  值是否能達到 AASHTO 鋪面設計建議值4.2，在驗收時並無法得知。

國際糙度指標(International Roughness Index, IRI)係將道路鋪面糙度量測值標準化後之指標，該指標可用來正確比較不同道路狀況的粗糙度值，單位為  $m/km$ 。一般而言，平坦道路之 IRI 值約為  $1m/km$ ；非常不平坦道路之 IRI 值則為  $8m/km$  或更高[5]。

目前國內施工規範對於鋪面平坦度檢驗多數以三公尺直規作為檢測儀器。此量測方法雖然簡易，但所測得之數據是僅限於局部路面平坦度檢驗，無法真正評估整體路段之平坦度，而真實反應出用路者對鋪面績效的感受程度；因此，雖然經完工驗收合格開放通車路段，用路者仍可能有車輛搖晃、路面不平的不舒適感覺。

因此，基於現場工程人員與施工或驗收檢測時的方便性，與道路鋪面平整性對用路者之真實感受，實有必要將施工檢驗指標與服務性檢驗指標相互整合，以使道路平坦度在工程施工與驗收時便能預期並反應出用路者對於鋪面平坦度之感受與要求。

故本研究希望能利用三公尺直規、高低平坦儀與 Walking Profiler 三種檢測儀器對新鋪道路進行檢測，利用統計迴歸分析方法構建出施工檢驗與服務性檢驗間之轉換模式，以利施工檢驗指標與服務性檢驗指標兩種指標間之轉換，並作為工程驗收單位對於平坦度驗收規範修訂時之參考依據。若再配合交通量資料，可將各指標值資料回饋到鋪面厚度設計內，以協助道路養護與設計工程司掌握鋪面現況與用路者感受，適切地在鋪面厚度設計中予以考慮與解決。

## 二、文獻回顧

鋪面糙度(Pavement Roughness)，又稱平坦度，是路表面的現象表徵，也是用路者對行駛鋪面之感覺。當道路在新建鋪築時，糙度主要受施工品質所控制，開放交通後由於交通荷重、材料結構強度、環境因子及鋪面破壞等因素交互作用，鋪面表面不平坦的現象將逐漸嚴重。關於鋪面糙度之定義各方說法皆不盡相同：Hudson[6]定義鋪面糙度為「路表面的波狀曲折，將額外的垂直加速度或力量傳至車輛或飛機駕駛人員，因而成為不安全、不經濟或不舒適的行駛因素」；而在 ASTM 中則定義糙度為「路表面非純粹平坦平面之偏差量，具有影響車輛動態狀況、行駛品質、動態鋪面荷重及鋪面排水之特徵尺度」[7]；美國 FHWA 公路手冊[8]則定義鋪面糙度為「影響駕駛舒適、安全及車輛維修成本之路表面不規則行為，可用路表面之縱、橫斷面變化之累積值表示，



其斷面起伏以(縱向起伏)/(橫向起伏)等於1/500為上限，故不包含公路整體幾何型態之大變化」。由於鋪面糙度是造成用路者不舒適之主因，故成為一般用路者評斷鋪面養護品質之主要依據；此外，鋪面糙度會造成車輛行駛時額外產生高達50%以上之動態荷重[1]，導致鋪面結構加速惡化，影響鋪面績效。

公路鋪面平坦度不僅影響用路人行車舒適度，亦與鋪面整體服務績效有關。鋪面平坦度有三種要素[2]為橫向、縱向與水平之變量，其中以縱向變量影響行車舒適度為最大因素。而量測平坦度有施工檢驗與服務性檢驗[3]；施工檢驗的儀器有直規或高低平坦儀(Hi-Lo Detector)，檢測標準以各單位相關施工規範為依據[3-4]；服務性檢驗的儀器有Profilometer、Roadmeter及Mays Meter等，並以現況服務能力指標(the Present Serviceability Index，PSI)、國際糙度指標(International Roughness Index，IRI)和梅氏糙度指標(Mays Index，MI)等指標作為評斷依據。

## 2.1 現況服務能力指標(the Present Serviceability Index，PSI)

服務績效(Serviceability Performance)的觀念最早是在1960年由AASHO Road Test中發展出來的，主要是根據用路者對於鋪面舒適性之主觀感受來評判鋪面的服務績效能力，並發展出可將使用者對於鋪面績效的主觀感受轉換為用於鋪面設計之客觀量化指標，即所謂現況服務能力指標(the Present Serviceability Index，PSI)。可量化指標的理論基礎在於用路者主觀感覺評等，事實上仍大多與鋪面之面層有關，而鋪面面層績效的評判可依據儀器設備等客觀地量測出來。基於上述事實，AASHO由AASHO Road Test中利用迴歸分析得到一量化公式如下：

$$PSI=5.03-1.91 \times \log(1+\overline{SV})-1.38 \times \overline{RD}^2-0.01 \times \sqrt{(C+P)} \dots\dots\dots(式1)$$

式中：

$\overline{SV}$ ：路面縱坡度平均變異數(Slope Variance， $10^{-6}$ rad)，為衡量鋪面平坦度之一種指標；

$\overline{RD}$ ：平均車轍深度值；

C：裂縫長度(ft/1000ft<sup>2</sup>)；

P：修補面面積(ft/1000ft<sup>2</sup>)；

現況服務能力指標(PSI)為0至5的數值，其值愈高表示鋪面服務績效愈佳，較能為用路者接受；PSI值愈低表示鋪面服務績效愈差，較不能被用路者接受。因此PSI指標可代表用路人對鋪面的感受，故AASHTO鋪面設計中起始服務能力指標 $P_0$ 值對柔性鋪面建議值為4.2，終止服務能力指標 $P_t$ 值為2.5；但國內實際路面鋪設之 $P_0$ 值是否能達到AASHTO鋪面設計建議值4.2，在驗收時並無法得知。Rios等人[9]提出鋪面的服務能力僅有5%是由鋪面破壞所造成，由此可知鋪面平坦度是影響用路者對於鋪面績效觀感的主要因素，亦為判定鋪面服務品質的依據[1,10]。

Nick[11]、Janoff[12,13]、Moore[14]、Hudson[15]、Fwa[16]、Grag[17]及Riverson[18]等曾利用Mays Meter、Roadmeter、Profilometer或Siometer等儀器針對PSI與不同糙度指標間之關係進行研究。

美國Minnesota州及Utha州則為配合平坦度檢測儀器而對於PSI模式加以修正[19]，交通部公路總局亦提出本土化之PSI指標公式[20]：

1. Minnesota 州

$$PSI=11.03-3.98 \times \log(\overline{RI})-1.38 \times \overline{RD}^2-0.01 \times \sqrt{(C+P)} \dots\dots\dots(式2)$$

2. Utha 州

$$PSI=4.18-0.007 \times PI-1.34 \times \overline{RD}^2-0.01 \times \sqrt{(C+P)} \dots\dots\dots(式3)$$

3. 交通部公路總局提出之本土化PSI 指標公式：

$$PSI=6.77-1.868 \times \log(1+PI_r)-0.01 \times \sqrt{(C+P)}-1.38 \times \overline{RD}^2 \dots\dots\dots(式4)$$

吳政隆君[20]利用梅氏糙度儀(Mays Ride Meter)對於國內本土化PSI 模式進行研究，而提出PSI 之建議公式如下：

$$PSI=5.12-0.11 \times (B1)-0.85 \times (B2)-0.04 \times (D1)-0.54 \times (D2)-0.79 \times (\ln MI_{80}) \dots\dots\dots(式5)$$

式5 中：

- B1(車轍)：調查路段鋪面之三點平均加權車轍深度(cm)；
- B2(隆起與凹陷)：隆起與凹陷所佔全路段面積之百分比(%)；
- D1(修補面破壞)：修補面破壞所佔全路段面積之百分比(%)；
- D2(薄層剝離)：薄層剝離所佔全路段面積之百分比(%)；
- MI<sub>80</sub>(梅氏指標)：梅氏糙度儀於80kph 時之糙度指標(m/km)。

周家蓓君曾對國道福德隧道柔性鋪面以高低平坦儀進行平坦度檢測，發現國道平坦度之起始服務能力指標P<sub>0</sub> 平均在4.2 以上，可知目前國道之平坦度施工已可達到國外規範要求之水準[21]。

2.2 國際糙度指標(International Roughness Index , IRI)

國際糙度指標(International Roughness Index , IRI)為世界銀行於1982 年在巴西進行大規模之國際道路糙度試驗(International Road Roughness Experiment , IRRE)[22-23]，為將道路鋪面糙度量測值標準化後之指標，該指標可用來正確比較不同道路狀況的粗糙度值，單位為m/km，其計算方式如下：

$$IRI = \frac{\text{避震系統累積移動量}}{\text{標準車時速80kph 所行駛之距離}} \dots\dots\dots(式6)$$

IRI 為一種參考指標，以四分車(Quarter-Car Simulation, 簡稱QCS)模擬在車輛參數不變、時速80 kph 時，車軸與車身位移之平均參考修正坡度(Reference Average Rectified Slope, 簡稱為RARS<sub>80</sub>)為指標定義，尺度由0 m/km 至20 m/km (即完全平順路面到相當差無鋪面道路，如碎石路)。

IRI 利用代表行進間車輛反應之RQCS(Reference Quarter-Car Simulation)數學模式所結合之鋪面剖面資料，作為剖面測儀之剖面數值及反應式糙度儀之校核標準，將實際量測所得之鋪面剖面資料經由RQCS 數學模式計算後可得到RARS<sub>80</sub>，即可求得此鋪面之IRI 值。通常需透過地形調查或機械剖面測儀量測，方可取得足夠資料以計算求得IRI。IRI 之資料蒐集及分析雖較繁複，但其

具備穩定性、重現性佳之優點，不僅可反應糙度現況，更能提供不同糙度量測方式轉換為共同之量化糙度指標[24]。一般而言，平坦道路之IRI值約為1m/km；非常不平坦道路之IRI值則為8m/km或更高[5]。

### 2.3 IRI與PSI之轉換

在IRI與現況服務能力指標(PSI)之比較上，Al-Omari等人進行PSR與IRI之模式分析指出鋪面現況服務能力評分與國際糙度指標有以下之關係[25]：

$$PSR=5 \times e^{(-0.0026 \times IRI)} \dots\dots\dots(式7)$$

Paterson[26]研究IRI與路面糙度量測之關係，提出IRI與PSI兩者間之轉換：

$$PSI=5 \times e^{-0.18 \times IRI} \dots\dots\dots(式8)$$

若依據台灣國道高速公路設計規範中，終止服務能力指標 $P_t = 2.5$ 之值代入式8中計算，可得相對應之IRI值為3.85m/km。故當鋪面量測所得之IRI高於此數值時，即表示此一路段鋪面已達需進行養護之地步。此外依據周家蓓君等研究顯示[27]：國人對行車舒適度之要求較國外用路者為低，換言之，即我國道路系統所採取之終止服務能力指標亦較國外相對為低，在國、省道系統 $P_t$ 約為2.1，市區道路 $P_t$ 則約為1.8；若利用轉換公式(式8)轉換為IRI則分別為4.8與5.7，亦可將其視為國內國、省道及市區道路IRI之臨界值。

劉明仁君等人[28]則使用梅氏糙度儀作為鋪面平坦度檢測儀器，先發展出PSI與梅氏指標MO(cm/km)以及IRI與MO間的關係後，再運用線性迴歸關係與指數迴歸關係提出PSI與IRI轉換模型：

#### 1. 線性迴歸關係

$$PSI=4.880008-0.88189 \times IRI \dots\dots\dots(式9)$$

Adj.R<sup>2</sup>=0.7367  
SEE=0.4424  
n=21

#### 2. 指數迴歸關係

$$PSI=5.9800923 \times e^{-0.349475 \times IRI} \dots\dots\dots(式10)$$

Adj.R<sup>2</sup>=0.82309  
SEE=0.46283  
n=21

綜合各研究中平坦度儀器與分析指標間的關係整理如表1。

表1 平坦度儀器與分析指標比較表[29,36,本研究整理]

指標	標準差 $\sigma$	剖面指數 PrI	縱坡度平均變異數 SV	粗糙度 TCR	粗糙度指數 RI	偏差值 D	梅氏指標 MI	現況服務能力指標 PSI	國際粗糙度指標 IRI
平坦儀									
三公尺直規	○	×	×	×	×	×	×	×	×
高低平坦儀	○	×	○	×	×	×	△	△	△
加州鋪面平坦儀	×	○	×	×	×	×	×	△	△
坡度平坦儀	×	×	○	×	×	×	△	△	△
喬恩平坦儀	×	×	○	×	×	×	△	△	△
通用汽車平坦儀	×	×	×	○	○	×	×	△	△
鋪面粗糙儀	×	×	×	○	○	×	×	△	△
路測儀	×	×	×	×	×	○	×	×	×
梅氏糙度儀	×	×	△	×	×	×	○	△	△

註：○：可直接計算得到。

△：可透過轉換公式計算獲得。

×：無法求得。

## 2.4 平坦度規範

### 1. 國外平坦度驗收規範(針對美國及日本)

#### (1) 美國規範

##### a. 美國聯邦公路局規範 [30]：

瀝青混凝土層滾壓完成後應做平坦度試驗，不良區域應予以改正，包括移除與重鋪費用應由承包商負擔。面層鋪面驗收需使用三公尺直規進行試驗，設備由承包商自備與操作，位置則由工程司選定。三公尺直規應檢核其縱向與橫向的平坦度，任兩點接觸地面，而路面距離直規之差距不可超過5mm。

##### b. Georgia 州規範[20]：

美國Georgia 州以梅氏糙度儀(Mays Meter)作為鋪面平坦度驗收，其相關驗收規範如表2。

表2 Georgia 州驗收規範

Mays Meter (all values are maximum allowable in mm/km)			
1986	AC	D-Mix	Other Mixes
	D-Mix New Construction	395	474
	D-Mix Interstate Resurfacing	395	474
	D-Mix All Other Resurfacing	474	553
	Other-Mixes -- Interst. Resurf.	474	553
	Other-Mixes -- New Constr.	474	553

	Other-Mixes -- All Other Resurf.	553	711
1993	PCC New New Construction(Rainhart Profilograph)		111
1994	PCC Surface Grinding		553

Note: D-Mix is an open-graded friction course.

c. Texas 州規範[31]：

美國Texas 州是使用加州平坦儀(California-Type Profilograph)作為鋪面平坦度驗收，其相關驗收規範如表3。

表3 Texas 州驗收規範

Profile Index	Pay Adjustment for Posted Speed	
	>72.5 km/hr	<72.5 km/hr
1.5 or less	+\$ 90	+\$ 90
1.6 ~ 2.0	+\$ 70	+\$ 70
2.1 ~ 3.0	+\$ 50	+\$ 50
3.1 ~ 4.0	+\$ 35	+\$ 35
4.1 ~ 6.0	\$ 0	+\$ 20
6.1 ~ 8.0	-\$ 35	\$ 0
8.1 ~ 9.0	-\$ 50	-\$ 20
9.1 ~ 10.0	-\$ 70	-\$ 50
10.1 ~ 11.0	-\$ 105	-\$ 105
11.1 ~ 12.0	-\$ 140	-\$ 140
Over 12.0	Corrective work required	

d. 美國瀝青學會規範[32]：

鋪面面層鋪築完成後應使用三公尺直規對於鋪面縱向與橫向進行平坦度試驗。平行於中心線者表面高低差不可超過3mm，垂直於中心線者表面高低差則不可超過6mm。

(2) 日本規範[33]：

表4 日本一般常用規範

道路種類	路面材料	檢驗基準值 mm	
		三公尺直規	高低平坦儀
高速公路	瀝青混凝土	< 1.15	< 1.50
	水泥混凝土	< 1.75	< 2.40
一般國道	瀝青混凝土	< 1.75	< 2.40
	水泥混凝土	< 2.60	< 3.70
省市道路	瀝青混凝土	< 2.60	< 3.70
	水泥混凝土	< 2.60	< 3.70

## 2. 國內平坦度驗收規範

(1) 交通部頒佈公路路面施工規範[34]規定：

完成後之路面應具平順、緊密及均勻之表面。以三公尺長之直規沿平行於或垂直於路中心線之方向檢測時，其任何一點之高低差，底層或結合層不得超過 $\pm 0.6$ 公分，一般公路之面層不得超過 $\pm 0.6$ 公分，高速公路之面層不得超過 $\pm 0.3$ 公分。所有高低差超過上述規定部分，應由承包商改善至合格為止。所有微小高凸處、接縫及蜂巢表面，均應以熱燙鈹燙平。上述一切檢查及修正費用，均應由承包商全部負擔。

(2) 交通部台灣區國道新建工程局技術規範[35]規定：

密級配或開放級配之路面經最終滾壓後，需用三公尺長之直規，平行放於與路面中心線以及與中心線呈直角之方向檢驗之。在三公尺長直規之下路面凹凸超過3公厘者，應立即予以整修，且於必要時，其整個周圍路面應重加滾壓，其整修不可以加熱刮除方式處理，處理方式需經工程司認可後為之。經壓實後之路面應平整，且路拱及坡度正確。多孔隙或蜂巢樣地點應予整修。在最後滾壓完成後所遺留下之凹陷及其他有缺點地區應依工程司指示予以修整，或移除補料並重新滾壓，費用由承包商負擔。

(3) 交通部公路總局之施工說明書[4]規定：

瀝青混凝土路面鋪設總厚度達10公分及以上者，應做平坦度檢驗。完成之瀝青路面，以約200公尺為一檢驗單位，用三公尺直規或高低平坦儀按本局公路工程材料手冊規定方法，就平行於路線方向檢驗其平坦度，平坦度標準差不得大於4公厘，超過規定之部分，應由承包商改善至合格為止。若有下列情況之一者，得免辦平坦度試驗：

- a. 不能封閉交通之雙車道或單車道工程。
- b. 不包括底層或原有路面整修之路面加封工程。
- c. 豎曲線或平曲線範圍內不適合作平坦度檢驗之路段。

### 3. 針對國內規範之檢討

鋪面績效既然與路面剛鋪築時之平坦度有關，顯而易見，若路面在鋪築時平坦度即不佳時，將會導致鋪面使用壽命降低、高昂的養護與整修成本，以及用路者之不滿。當路面在鋪築時，現場工程司也瞭解道路平坦度對於鋪面整體績效的重要性，故必須要即時檢測以確保鋪面之平整性。但是若平坦度檢測儀器太過複雜、精密或昂貴，或需要較專業的操作與維修技術，反而會增加工程人員自身的困擾而降低使用意願，如ARAN檢測儀器屬於精密儀器不太可能配發至各工務段(所)，故工地現場所使用之平坦度檢測儀器必須簡單且操作容易。三公尺直規具有輕便、操作簡單、容易攜帶及價格便宜等多項優點，故國內工程驗收單位或工程工務段(所)等幾乎多有此設備，且各基層工程司也都會操作與計算，對於承包商所鋪築之道路平坦度有疑義時可立刻進行檢測與計算，即時要求承包商改進。

由上述說明可知道目前國內施工規範對於鋪面平坦度檢驗均是以三公尺直規作為檢測儀器的原因。此量測方法雖然簡易，但所測得之數據是僅限於路面平坦度高程差檢驗[37]，無法真正評估整體路段之平坦度，而真實反應出用路者對鋪面績效的感受程度；也就是雖然經完工驗收合格開放通車路段，用路者仍可能有車輛搖晃、路面不平的不舒適感覺。

因此，基於現場工程人員與施工或驗收檢測時的方便性，與兼顧道路鋪面平整性對用路者之真實感受，實有必要將施工檢驗指標與服務性檢驗指標相互整合，以使道路平坦度在工程施工與驗收時便能預期並反應出用路者對於鋪面平坦度之感受與要求。故本研究計畫以三公尺直規、高低平坦儀與Walking Profiler 三種檢測儀器對新鋪道路進行檢測，將所測得之施工檢驗指標－標準差 $\sigma$ 與服務性檢驗指標PSI、IRI，利用統計迴歸分析方法構建出不同指標間之經驗關係式，以利各指標間之轉換，最後配合交通量資料，將調查資料回饋到鋪面設計裡，以協助道路養護與設計工程司掌握鋪面現況與用路者感受，適切地在設計中予以考慮與解決。

### 三、檢測方式

有鑑於南部地區不論是在氣候、環境與交通組成上皆迥異於北部地區，故本研究擬以本處所管轄之省縣道為主要研究對象，針對新鋪路面分別以本處自有之三公尺直規、高低平坦儀，與擬向中央大學商借之澳洲Walking Profiler 進行鋪面平坦度檢測。

以三公尺直規與高低平坦儀檢測路段鋪面平坦度時，是以該段鋪面每200公尺之平坦度標準差 $\sigma$ 作為一檢測或驗收單位；由文獻[6]中可知高低平坦儀與AASHO道路試驗所用之原理相似，其基準線之設計原理完全相同，故能得到相近似之測值。而高低平坦儀量測結果皆會被記錄於專用的記錄紙上，再以人工讀數之方式讀出實際路面每0.5公尺的高程差 $y$ (單位公厘)後，轉換為徑度計算SV。本研究中徑度之轉換公式為 $\tan^{-1}((y/1000)/0.5)$ (單位rad)。藉由高低平坦儀之量測結果，並透過徑度之轉換公式即可計算得到每200公尺道路鋪面所對應之路面縱坡度平均變異數(SV)，帶入AASHTO鋪面設計PSI公式以及IRI與PSI轉換式中便可分別得到此段鋪面所代表之PSI和IRI指標。最後再以澳洲Walking Profiler 進行鋪面平坦度檢測，可獲得該路段鋪面之IRI指標。綜合上述平坦度檢測儀器，及其所能求得之各項指標整理如表5。

表5 平坦度檢測儀器與各項指標之關係表

	標準差 $\sigma$	PSI	IRI
三公尺直規	○	×	×
高低平坦儀	○	△	△
Walking Profiler	x	△	○

註：○：可直接計算得到。

△：可透過轉換公式計算獲得。

×：無法求得。

由表5 中可清楚瞭解：Walking Profiler 可將鋪面平坦度現況即時地記錄與顯現，並以國際糙度指標(IRI)作為輸出表示；三公尺直規則以標準差 $\sigma$ 的形式作為輸出指標；高低平坦儀不但可求得如三公尺直規一樣的輸出指標－標準差 $\sigma$ ，亦可直接地利用徑度轉換公式計算出此路段所代表之PSI指標，並間接地由經驗公式反算出IRI指標，因此便可將三公尺直規與Walking Profiler 兩種儀器所表現之不同指標建立起關係性，而以數學函數方式表示為：

$$PSI = f(\sigma) \dots\dots\dots(式11)$$

$$IRI = f(\sigma) \dots\dots\dots(式12)$$

藉由數學關係式的建立，現場工程司或驗收人員便可由三公尺直規輸出指標－標準差 $\sigma$ 求算出反應用路者感受的現況服務能力指標PSI與平坦度現況之國際糙度指標IRI，瞭解並預知未來驗收通車後用路者對於鋪面平坦度之接受程度。

道路養護工程司則可藉由三公尺直規定期地對道路平坦度做檢測以掌握鋪面之PSI與IRI的變化情形，並配合該路段交通量資料，以及國內用路者對行車舒適度要求之終止服務能力指標 $P_t$ (國省道系統 $P_t$ 約為2.1，IRI則為4.8)，預測出該路段鋪面將會在何時必須進行大型整修或加封等養護措施，以利工程單位編列養護預算，掌控道路品質與服務績效。

依據台灣國道高速公路設計規範，將起始服務能力指標 $P_0$ 假設為4.2，若利用式11中PSI與標準差 $\sigma$ 間之轉換公式，則可反推求得 $P_0$ 值所對應之起始標準差 $\sigma_0$ ，由標準差 $\sigma_0$ 即可檢驗新鋪築完成之道路平坦度標準差 $\sigma$ 是否符合原設計時對於鋪面平坦度的要求。換言之，若新鋪築之道路平坦度標準差 $\sigma$ 無法滿足起始標準差 $\sigma_0$ 之標準，則標準差 $\sigma$ 所推算之 $P'_0$ 即會小於原鋪面設計假設之起始服務能力指標 $P_0$ ，因此式13中的 $\Delta PSI$ 將會小於2.7(4.2-1.5)；故當鋪面結構數SN已知時，由 $P'_0$ 所算得之累積標準軸重當量 $W'_{18}$ 將會低於原設計要求之累積標準軸重當量 $W_{18}$ 。換言之，較差的路面平坦度將會降低鋪面所能承受之累積標準軸重當量，並減少鋪面所能使用之壽年，而增加鋪面養護與整修的成本與用路者對路面不舒適程度，形成對鋪面績效的惡性循環。

$$\log_{10}W_{18}=Z_R \times S_0+9.36 \times \log_{10}(SN+1)-0.20+\frac{\log_{10}[\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}]}{0.4+\frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}}+2.32 \times \log_{10}M_R-8.07 \dots\dots\dots(式13)$$

但是不同之轉換公式所求算出之IRI值，究竟何者較與實際鋪面平坦度相近呢？則是本研究計畫下一階段所欲探究的課題。因此計畫向中央大學商借澳洲Walking Profile實地進行平坦度檢測，利用Walking Profiler進行鋪面平坦度檢測所計算出之IRI值與利用高低平坦儀所推算之IRI值相較，以瞭解究竟何種轉換公式較適用於台灣地區，以便進一步分析並提出本土化之標準差 $\sigma$ 與SV、PSI以及IRI函數式轉換模型，以做為公路機關在平坦度驗收規範與設計時的參考。

#### 四、結論

本研究預期成果為：

1. 建立起三公尺直規、高低平坦儀及Walking Profiler三種儀器輸出指標間的相互關係，並構建出轉換模式。
2. 利用PSI與標準差 $\sigma$ 間之轉換公式，可反推求得 $P_0$ 值所對應之起始標準差 $\sigma_0$ ，用 $\sigma_0$ 即可檢驗新鋪築完成之道路平坦度標準差 $\sigma$ 是否符合原設計時對於鋪面平坦度的要求。並可將道路平坦度真實施工水準回饋到鋪面設計中，以能滿足用路者對於行駛舒適度的要求及鋪面使用之設計年限。
3. 不論是「現有路面」或「新鋪路面」，都可利用各工務段(所)自有之三公尺直規進行平坦度檢測，以瞭解路面之現況服務能力指標PSI與國際糙度指標IRI，作為鋪面服務績效之參考。



## 六、相關參考資料

1. 張孟孔，「鋪面糙度與動態荷重互制模式之建立」，碩士論文，國立台灣大學土木工程學研究所，八十五年六月。
2. 黃世英，「鋪面破壞與糙度指標關係之建立」，碩士論文，國立台灣大學土木工程學研究所，八十三年六月。
3. 陳式毅，「路面平坦度檢驗之探討」，中華民國第六屆路面工程學術研討會論文集，pp403~409(1992)。
4. 公路工程施工說明書，台灣省交通處公路局編印，中華民國八十六年六月。
5. 鍾權淇編輯，「瀝青混凝土技術轉移訓練班研習講義」，交通部公路局，八十八年八月三十一日、九月一日。
6. 沈育仁，「AASHTO 剛性鋪面參數本土化之研究」，碩士論文，國立台灣大學土木工程學研究所，八十四年六月。
7. Standard Definition of Terms Relating to Traveled Surface Characteristics, ASTM E867, American Society for testing and Materials, Warrendale, Pa., 1982.
8. Highway Pavement Volume(I~III), NHI Course NO.13114, U.S. DOT, FHWA, MAY 1990.
9. Rios, B. C. and K. C. Sinha, "Optimal Pavement Management Approach Using Roughness Measurements," TRR 1048, 1985.
10. 周家蓓，賴義龍，「鋪面糙度之速度之校估模式構建研究」，中華民國第八屆鋪面工程研討會論文集，pp563~572(1995)。
11. Nick, J. B. and M. S. Janoff, "Evaluation of Panel Rating Methods for Assessing Pavement Ride Quality," TRR 946, 1983.
12. Janoff, M. S., "Methodology for Computing Pavement Ride Quality from Pavement Roughness Measurements," TRR 1084, 1986.
13. Janoff, M. S., "Pavement Roughness and Rideability Field Evaluation," NCHRP Report 308, TRB, July, 1988.
14. Moore, R. K., G. N. Clark, and G. N. Plumb, "Present Serviceability-Roughness Correlation Using Rating Panel Data," TRR 1117, 1987.
15. Nair, S. K. and W. R. Hudson, "Serviceability Prediction from User-Based Evaluations of Pavement Ride Quality," TRR 1084, 1986.
16. Fwa, T. F. and K. T. Gan, "Bus-Ride Panel Rating of Pavement Serviceability," ASCE Journal of Transportation Engineering, Vol 115, No.2, March 1989.
17. Garg, A., A. Horowitz, and F. Ross, "Establishing Relationships Between Pavement Roughness and Perceptions of Acceptability," TRR 1196, 1988.
18. Riverson, J. D. N., K. C. Sinha, C. F. Scholer, and V. L. Anderson, "Evaluation of Subjective Rating of Unpaved County Roads in Indiana," TRR 1128, 1987.

19. 陳式毅，「AASHTO 道路設計方法應用於台灣省道路試驗報告」，台灣省公路局，民國69年。
20. 吳政隆，「柔性鋪面現況服務能力指標之研究」，碩士論文，國立台灣大學土木工程學研究所，八十四年六月。
21. 「剛性鋪面糙度值之研究」，研究報告062，交通部台灣區國道新建工程局，八十四年十二月。
22. Sayers, M. W., T. D. Gillespie, and C. A. V. Queiroz, "The International Road Roughness Experiment : A Basis for Establishing a Standard Scale for Road Roughness Measurements," TRR 1084, 1986.
23. Sayers, M. W., T. D. Gillespie, and C. A. V. Queiroz, "The International Road Roughness Experiment : Establishing Correlation and a Calibration Standard for Measurements," World Bank Technical Paper No.45, The World Bank, Washington D.C., 1986.
24. 周家蓓、陳怡先，「基隆西岸高架橋改質瀝青鋪面糙度調查報告」，國立台灣大學土木工程學研究所交通工程組，中華民國八十七年二月。
25. Collins, R., Wouter Gulden and Dan R. Brown, "Twenty Five Years of Pavement Smoothness Specifications in Georgia," TRB Annual Meeting, 1996.
26. Paterson, W. D. O., "International Roughness Index : Relationship to Other Measures of Roughness and Riding Quality," TRR 1084, 1984.
27. 周家蓓、曾國鴻、吳政隆、牛文元、賴義隆，「公路鋪面績效及破壞預測模式構建之研究」，交通部運輸研究所，民國八十四年七月。
28. 劉明仁、江煌基，「高速公路本土化鋪面服務能力指標構建之研究」，第十屆鋪面工程學術研討會論文集，pp397~406，1999。
29. 吳學禮、房性中，「鋪面平坦度問題之探討」，第八屆鋪面工程學術研討會論文集，pp633~642，民國84年。
30. Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects, pp197~207, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.
31. Tracey Friggie, P.E., "Results of an Analysis of a Ride Quality Specification for Hot Mix Asphaltic Pavements and Portland Cement Concrete Pavements in Georgia," TRB 75th Annual Meeting, 1996.
32. Model Construction Specifications for Asphalt Concrete and Plant-Mix Types, pp17~25, The Asphalt Institute.
33. 林志棟，「台灣地區柔性路面工程檢測方法之研究」，國立中央大學土木工程學研究所，八十八年四月。
34. 公路工程施工規範，交通部，幼獅出版，中華民國七十八年。
35. 施工技术規範，交通部台灣區國道新建工程局，中華民國八十年。
36. 路面平坦度及核子工地密度研習會專輯，國立中央大學土木工程學研究所，八十四年五月。
37. Sameh Zaghoul, Nasser A. Saeed, Ali Al Jassim, and Ahmed M. Rafi, "End-Result Specifications for Warranted Asphalt Pavements," TRR 1632, 1998.

## 淺談XML於營建工程上之應用

郭建志\*

### 前言

全球資訊協會 (World Wide Web Consortium) 在 1996 年底提出了 XML (eXtensible Markup Language) 標準, XML 的出現彌補了 HTML (Hypertext Markup Language) 的不足, 同時去除了 SGML (Standard Generalized Markup Language) 中比較複雜及不常用的部份, 使讀者可以很容易地定義屬於自己的文件型態。文書處理及檔案管理之電腦化作業, 必須有共通規範 (機器和人類都可以辨識) 使開放環境中任何電腦平台 (包括電腦設備、作業系統、應用軟體等) 都知道如何處理這些文書、管理這些檔案。共同檔案格式要機器能夠辨識, 最有效的作法就是利用國際標準、國家標準、業界標準或各種協定作為定義的工具, XML 技術規範即參考比較各種標準而研訂。XML 在近幾年迅速地對網路和工商界造成了很大的震撼, 是網路上的科技人所必學的, 今後幾年內, 將會看到 XML 逐漸被大量應用在各式各樣的資料交換環境中。目前許多新版軟體, 例如: Navigator, Internet Explorer 及 RealPlayer, 都已經在軟體內部使用 XML 的技術。

### 營建工程為何需資訊管理

營建工程由於參與的單位相當的多, 使得營建工程資訊非常複雜, 在整個營建週期中, 不同單位所需之資訊皆不同, 不普遍的營建電子化, 將使廠商需要花費相當多的時間在資訊之重複建置上, 也使得工程的進行缺乏效率。以投領標而言廠商常須花相當多的時間在投領標上, 近來政府在採購電子化上投入了不少心力, 包括: 1. 建立政府採購資訊公告系統—統一招標資訊窗口, 公告政府採購有關資訊, 以達採購作業公開化、透明化; 2. 統一招標資訊窗口—建立統一之招標窗口, 可減少政府不同單位之採購窗口重複建置成本, 亦可統一不同採購單位間之採購資訊; 3. 公告政府採購有關資訊—利用網路公告招標採購之資訊, 使廠商可以經由網路來查詢工程相關資訊, 減少廠商取得資料之困難。營建工程從規劃、設計、施工到維護等各個階段介面相當多, 因此需要利用目前之電腦技術, 來減少因人工所造成的錯誤。

### 電子商務之應用—XML

介紹 XML 前先介紹標記語言 (Markup Language), 它早期常用於印表機之工作, 利用不同的標記來控制文章的排版, 隨著網際網路的進步, 標記語言有了新的應用範圍, 也就是 HTML, 透

---

\* 公路總局新工組設計科助理工務員

過 HTML 使用者可以控制網頁之排版。標記語言中的標籤主要是來包住所欲表現的文章 (tagged text)，不同的標籤使文章以不同的方式呈現，許多文字處理軟體 (如 Microsoft Word)，也是用這種技術，如 RTF (Rich Text Format) 格式，不過這些標記語言的語法並不統一，大多用於特殊的用途，所以這些標記語言應屬於特殊標記語言 (Specific Markup Language)。相較於特殊標記語言大多用於表現不同的排版，因而有了廣義標記語言 (Generalized Markup Language)，廣義標記語言有兩點不同於特殊標記語言：1. 廣義標記語言不僅用來控制文件排版，更應用來表現文件的架構；2. 廣義標記語言中之標籤可以依使用者自由定義。由於廣義標記語言中的標籤可依使用者自由定義，因此易使語法造成分歧，為解決此問題國際標準組織 (ISO)，於 ISO8879 訂定了 SGML (Standard Generalized Markup Language) 之標準，以避免廣義標記語言因過於彈性而造成之語法不統一。全球資訊網協會 (World Wide Web Consortium) 在 1996 年底提出了 XML。XML 是「可擴展標示語言」(eXtensible Markup Language) 的縮寫它是一套原則且完全支援中文，可讓各行各業自行定義如 HTML 般的標注語，方便資料存取、處理、交換，轉換等。它本身並不是一套訂死的標籤，而是所謂的超語言、形而上語言 (meta-language)。XML 有以下兩個特點，是廣義標記語言之一種及具有自我描述性 (Self-describing)。有無 XML 之差別如圖 1，在沒有資訊交換標準的世界中，公司內部的採購需透過文件資料、傳真機及電話等週邊設備，有了資訊交換標準設備，公司內部的採購可藉由電子化檔案直接進行資料交換，將紙張所儲存之資料轉換成電子型態儲存。

## XML 的文件結構與格式

XML 文件結構可分為兩部份，一為文件型別定義 (Document Type Definition，簡稱 DTD)，另一是文件內容 (Document Instance，簡稱 DI)。當一份文件其 DI 符合 DTD 之規定且符合 W3C 之 XML 規範之規定，則稱這份 XML 文件為有效 (Valid)，不過 XML 之有效化 (Validation) 必須要藉剖析器 (Parser) 之協助。XML 之規範並未規定一份 XML 必須 Valid，所以目前大部份的 Parser 都不會檢查 XML 文件是否有效。XML 文件中最小的單元為元素 (Element)，Element 是由起始標籤 (Start tag)、結束標籤 (End tag) 及所包含的內容 (Text) 組成，如 <TEST>TEST TEST</TEST> 就是一個完整的元素，一份 XML 文件規定必須 Well-formed 而不一定必須 Valid。Well-formed 是一個比較簡單的格式，只要確定文件中所有的標示都有開始與結尾即可。如果要使用一個空的元素，則要確定在空的元素放一個 “/” 符號，來讓 parser (解譯器) 驗證。另一種格式是 Valid，這種格式的 XML 除了符合 well-formed 之外，還必須包含 DTD，DTD 是用來定義 XML 之樹狀結構，DI 必須符合 DTD 之定義。DTD 可以分為內部 DTD (Internal DTD) 及外部 DTD (External DTD)，內部 DTD 顧名思義就是 DTD 包含在 XML 之文件中，而外部 DTD 是別外用一個副檔名為「DTD」的文件來定義文件的結構，若是使用外部 DTD，必須在 XML 文件中加入關鍵字 <!DOCTYPE test SYSTEM “test.dtd” >。當我們要處理 XML 文件時，需要有一個 XML 處理器 (Processor)，它除了要能閱讀 XML 文件之外，還要能夠把資料傳給應用程式，有關如何讀取以及應傳遞哪些要件的各項資料已經涵蓋在 XML 規格當中。

就結構而言，XML 文件包含邏輯以及實質的結構。就實質結構而言，XML 文件是以實體

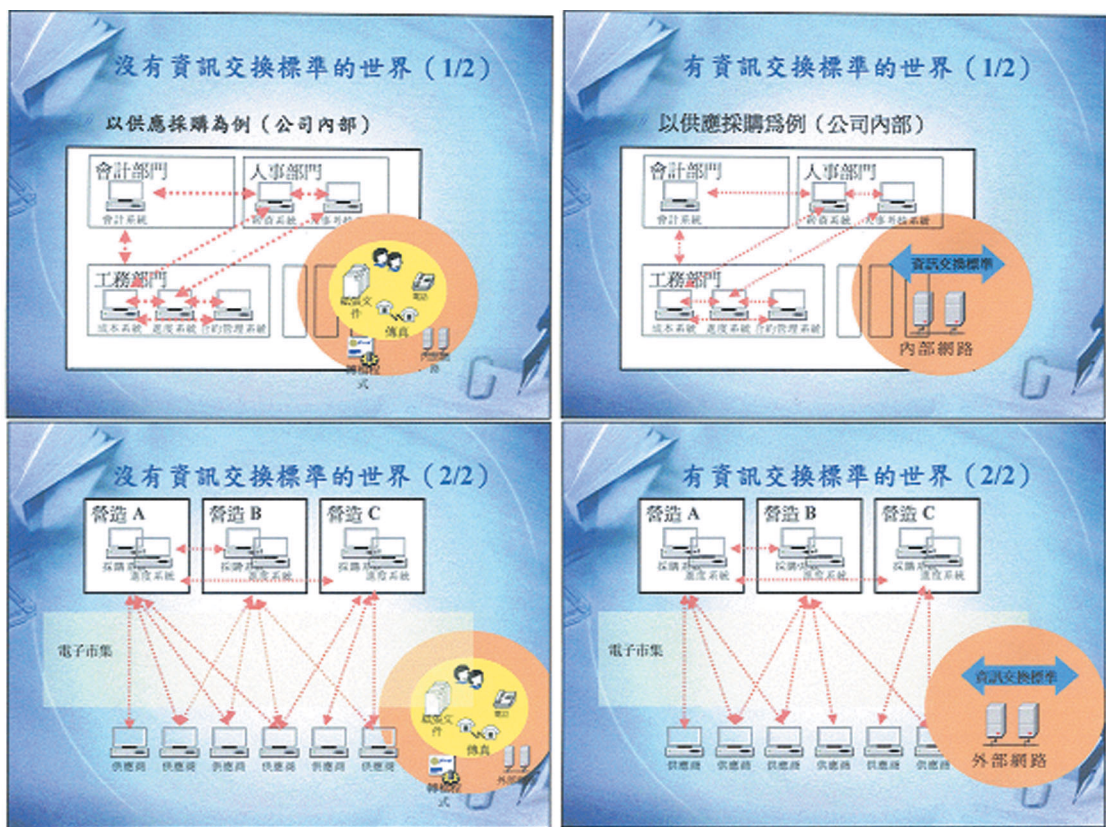


圖1 有無XML之差異性

(entity) 組合而成的，它以一個根結點做為啟始，指向其他的結點實體 (entity)；而邏輯結構則包含宣告 (declaration)、元素 (element)、標籤 (tag)、註解 (comment)、字元參考 (character references)、以及執行指令 (processing instructions)。這些都會在文件裡以嚴格的標記標示出來。邏輯結構和實質結構是同步發生的，標籤和元素必須都在相同的實體裡面開始並結束，不過它們都可以在內部參照到其他實體，註解、執行指令、字元參考以及實體參考都必須包含在一個單一的實體之中。

在XML中，把每份文件以及每個元素都視為物件，文件的邏輯結構可以利用DTD（文件格式定義）來將之正規化，所以程式便能確認這些結構。不過XML文件不見得需要DTD，你可以指定使用某個特定的標籤集而不用DTD。使用DTD將可以使我們定義標籤集的文法，讓應用程式可以辨別正確標籤集的使用並使其有效 (Validate)。在DTD中，你可以定義元素的集合以及屬性，並可以指定要使用的標籤名字，以及文件中的各個元素與其他元素的關係，你也可以限制有一些元素一定要在某些元素的巢狀結構。

就資料的角度來看，XML文件是由實體組成，文件中包括了text以及binary型態。Text是以字元組成，並且分為標記 (Markup) 和字元資料 (Character data)。文件中的binary實體則應該有它的表示方法 (notation)。就字元 (Character) 來說，必須考量它是否是以Unicode, ISO10646來

定義。此外，XML 還預先定義了明確的類別，如空白（White-spaces）、字母（Letter）、數字（Digit），以及事先定義的樣本，如Name、Nametoken、Nmtokens、Literal、QuotedCDATA，這些樣本在沒有聲明的狀況下，並不區分大小寫。

## aecXML 簡介

aecXML 是一個以 XML 技術為基礎，提供營建、建築工程產業（AEC，Architecture-Engineering- Construction）電子資料交換之架構。aecXML 是由賓特利公司（Bentley Systems, Incorporated）在 1999 年首先提出，並訂定其基本架構。目前 aecXML 的制訂已移轉至 IAI（International Alliance for Interoperability）進行運作。2001 年 7 月 24 日 - 賓特利已經以 XML 語言來重新編排美國鋼鐵建築協會（[American Institute of Steel Construction, AISC](#)）的資料，並以 XML 這種與網際網路的整合度更高的資料格式來提供廣泛的 flanges、angles、channels、tees 與其他類型的資料。這種資料格式與書本及活頁簿資料格式不同的是，它可以在工程設計模型上加入更有用的設計資料，以及提供一個標準的及可延伸的方法來於整個專案的執行過程中分享資料。

以鋼鐵製造業而言，XML 資料格式除了更能夠在不同的桌面應用軟體上有意義的溝通之外，它也可以讓圓形鋼鐵模型（rolled steel shapes）能夠以可自訂的檢視方式在網頁上顯示出來，或是下載到 PDA 或行動電話中。舉例來說，鋼鐵製造廠（steel mills）可以透過網際網路來連結到這個 XML 資料模型，並即時提供最新的產量或時程表的詳細資訊。這樣一來，工程設計師們便可以在他們需要這些資料時使用這些資訊。

aecXML 的主要目的有下列四點：(1) 促進營建資料電子化，利用電子資料交換以取代傳統書面資料交換（以往即使文件本身已電子化，但仍無法直接針對文件內容進行資料交換）；(2) 將紙張所儲存之資料轉換成電子型態儲存；(3) 提供文件的線上查詢及較佳效率的查詢方式；(4) 提供較多的資訊給管理人員，以便管理工程更有效率。為達成前述目標，AecXML 考量營建產業體系的複雜性，特別針對營建產業的資訊介面整合提出規劃方案，期望藉由文件轉換、應用軟體介面整合與資料庫介面整合三管齊下之方式，將營建產業本身介面難以整合之影響降至最低，以充分發揮 AecXML 之功能，降低營建業之開發成本，目前 AecXML 已朝相關下游廠商整合之目標逐步邁進。

## AecXML 之介面整合

營建產業的介面相當多且複雜，所以 aecXML 在設計之初，就已經考慮從三個方向來解決介面整合的問題：

### (1) 文件傳遞（document file transfer）格式之整合

在傳統以檔案為主（file-based）之作業的流程中，不同的文件格式，往往造成資料之重置（data - reentry），同時也降低文件交換之速度，或資料重置時所造成之錯誤，因此在文件傳遞之格式上，aecXML 訂定了統一之格式。

### (2) 軟體介面（Application Programming Interface）之整合

軟體介面在交換資訊時，常將資訊轉換成其他互通格式，以方便資料轉換，如此常常造成軟

體和資料轉換格式高度相依 (tight coupling)，即使是同一個軟體也會因為版本之不同，而使得資料無法互通，所以aecXML 規定統一的軟體資料交換介面，以增加軟體的互通性。

### (3)資料庫介面之整合

資料經電子化儲存製作成軟體時，會預設一特定之資料庫，當軟體升級時，或是軟體增加新功能時，必須沿用以往之資料庫，否則難以相容，所以在資料庫之介面也必須整合。

接著來談談aecXML 之 schema 分析，營建產業之工程資訊相當的複雜，而aecXML 正是用於營建產業之資料交換標準，因此不難想像aecXML 文件結構之複雜性。以下為aecXML 之簡單分析。<aecXML/> 是一份 aecXML 文件之根元素，用來包裝整個aecXML 文件，其下重要包含兩個元素，分別為<communication/> 及<project/>。<communication/> 元素下包含子元素<To/>（用來儲存該份 AecXML 文件是哪個應用程式所送出）及<From/>（用來儲存該份 AecXML 文件是要至哪個應用程式）。<project/> 元素是用來儲存工程資訊最重要的部分，其下包含相當多的子元素。在此僅將一些較重要的子元素列出如下：

<name/> 元素：工程名稱。

<owner/>：業主之資訊。

<participant/>：參與廠商之資料。

<BuildingComponent/>：工程所需之材料，如混凝土等，同時尚有相當多的子元素，來描述材料之性質，如<density/><color/> 等等，其中又可以分為四大項，<DesignationData/>、<DesignData/>、<EstimationData/>、<ScheduleData/>，分別是用來存放材料性質（如密度）、設計資訊（如強度）、估價資訊（如材料數量）及排程資訊（如工作項目），其文件結構樹狀圖如圖 2。

## 營建業在 XML 之應用研究

由於 XML 已正式成為新一代網路及文件標準，故國內各學術機構在營建領域均有 XML 應用的相關研究，其中以台大、交大土木所及 NII（經濟部國家資訊基本建設產業發展協進會）之研究為主。而在應用實例方面，目前國內營建相關產業牽涉到 XML 技術推廣與應用之案例，多為經濟部主導之計畫，以著眼於營建產業自動化或電子化之發展為前提。與 XML 技術雖無直接關聯，但可間接將 XML 技術導入營建產業。主要應用可分為以下三大方向：

### (1)營建資訊電子化、標準化及資訊共享

營建設施完工後所留下的資訊種類繁雜、數量龐大，各項設備的相關訊息往往分散於不同種類資訊間，使得蒐集資訊有其困難。加上以紙本作為資訊傳播媒介且格式不一的情況，使得資訊在更新維護與再利用上有其不便之處，造成資訊版本不一，資訊重複建置等情況。利用 XML 建立標準化的電子化資訊，輔以共享資料庫及網際網路傳遞，將可解決資訊更新不易、版本衝突的情況，提升營運與維護作業之效率。

### (2)電子招標、投標、備標系統

營造廠傳統上於分包採購作業過程中，常因資訊封閉而造成諸多弊端。導入電子招標系統將可有效改進傳統發包時間過短、不確定性高、不易擇優、範圍限制等缺失。利用 XML 建立文件溝通、傳遞標準，作為營建工程分包招標資訊之產生與管理依據，正是電子招標系統中重要的核心技術，目前公共工程委員會網站已提供中央機關各項勞務、財務及工程領投標作業。

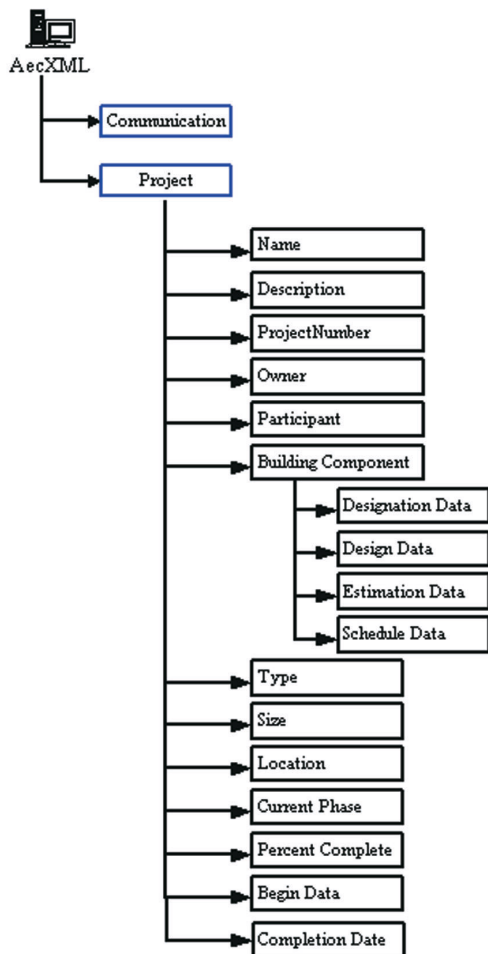


圖2 AecXML 文件結構樹狀圖

### (3)營建電子型錄

引入電子市集之觀念，以XML技術建立電子型錄系統，解決營建業採購作業中繁瑣的產品資料查詢與詢議價機制之效率無法提升的問題。目前國內由中鋼集團及遠東集團所合資之網際優勢（<http://www.uxb2b.com>）正在進行相關市集的建立，其中「鋼鐵優勢」網站（<http://steel.uxb2b.com/>）已上線運作。

### 結論

網際網路資料標準XML的出現將網際網路的發展帶入另一個新紀元，它將全球資訊網由資訊分享的網路轉變成全球知識庫及整體計算平台。傳統的採購相關資料是以紙張做為傳輸介面，隨著採購單位的不同，標單契約等相關資料格式也不同，彼此間的資訊交換不易，利用最新的XML之技術，資料的儲存及呈現可以分開，它使得文件具有自我描述的能力，而讓程式能夠自動讀取網頁，並廣泛地運用於B2B電子商務中的各種資訊交換。營建業的工程採購類型相當多，不同的類型其工程資訊也不同，因此工程採購資訊需有相當大的彈性。

營建業從工程規劃、設計、施工、營運及維護管理等應由專業化、標準化、電子化、自動化、來提昇產能，利用現有資源提昇品質與效率，往後營建業發展需結合機械、電機、自動控制等領域專業，利用研

發成果提昇技術共同創造自動化的營建業以迎接WTO的挑戰。

### 參考文獻

1. Brian E. Travis, "XML and SOAP Programming for BizTalk Servers", Microsoft。
2. 陳長念、陳勤意, "XML & ASP 網頁程式設計", 知城, 2000年12月。
3. 胡正亨, "以XML為基礎之工程招標系統", 台大土木所, 2000年6月。
4. 曹文光, "營建電子型錄與詢價系統研究", 台大土木所, 2000年6月。
5. 周世雄等, "XML知識管理速成班", 喬篷科技。
6. 張錦堂譯, "XML簡介", 1999年6月。
7. 曾惠斌, "營建業電子化推動架構及日韓等國推動之現況", 台大土木所, 2002年4月。
8. 曾仁杰, "營建產業資訊交換標準aecXML推廣計畫", 交大土木系, 2002年三月。
9. 營建研究院, "營建業電子化白皮書"。