



IRF 2015 Global Road Achievement Awards (GRAA)
全球道路成就獎「設計類」唯一獲獎

CECI／高公局（前國工局） 五楊拓寬高架工程

陳宏仁／交通部高速公路局 副局長

蔡宗描／交通部高速公路局規劃組 組長

蔣啟恆／台灣世曦工程顧問股份有限公司土建事業群 副總經理

吳嘉文／台灣世曦工程顧問股份有限公司運輸土木部 資深協理

陳光輝／台灣世曦工程顧問股份有限公司管理部 協理

楊偉良*／台灣世曦工程顧問股份有限公司運輸土木部 技術經理

吳劭威／台灣世曦工程顧問股份有限公司運輸土木部 計畫經理

國道五股楊梅段拓寬高架工程由民國 102 年完工通車，迄今已逾十年，所有用路人早已習以為常這項道路工程所帶來的便利性；但回想本工程由規劃設計到施工完成，面臨了諸多不同以往的困難與挑戰，但參與的工程師們將各種挑戰當成試鍊，帶來了各項工程成就，包括了各式橋梁自動化工法應用、不同工法材料廣泛納入充分發揮國內營造能量；工程執行過程中亦重視環境生態的永續共存，包括設計避開了林口敏感地質、施工初期大規模的樹木移植、大量構台施作避免地表破壞；工程完成後大幅改善了北部壅塞交通，節省了行車時間、燃油成本、空氣污染等各項效益。

綜上各項實績使本工程各標別屢屢獲得國內各項獎項肯定，包括公共金質獎特優（C904A、C909）、中國工程師學會工程優良獎（C901、C903、C909）等；其時蘇育民教授身為國際道路協會（IRF）委員，感於此一卓越工程不應僅限於國內獎項，建議應更積極爭取國際相關獎項，讓台灣的卓越工程在國際上發光發熱。本工程遂在國內無前例的狀況、蘇教授的指導下，於民國 104 年申請國際道路協會（IRF）辦理之全球道路成就獎（GRAA），並獲得設計類獎項唯一殊榮。此一得獎首例印證了台灣工程的品質與實力，亦鼓勵了後續優秀工程的參選與接續獲獎。謹以本計畫相關特色及參選經驗再次分享。

關鍵詞：五楊拓寬、五楊高架、單側雙層橋、旋轉工法、生態設計、設定地上權、全球道路成就獎（GRAA）

計畫背景

台灣於 90 年代經濟突飛猛進，尤其是北部包括台北、桃園到新竹不論是產業發展、生活圈串連，帶動了

北部區域的交通量快速成長，也造成了當時中山高速公路北部各路段之常時壅塞，如何紓解此交通動脈困境為重要課題；經各單位針對本路段壅塞主因檢討包括：交流道過密、聯絡道容量不足、短程跨區混流、替代性道路缺乏等狀況，研擬採沿既有國道兩側高架拓寬，並以服務中長程交通旅次為主（計畫平面示意如圖 1）。

* 通訊作者，yjoyce@ceci.com.tw



圖 1 五楊拓寬路段及斷面示意

計畫挑戰

時程緊迫、工區施工性困難

全線拓寬路段位於全台交通最繁忙區段，其時每日達 25 萬車次，如何安排各項作業包括設計與工法配置、用地取得、廠商進場、施工協調等，各環節緊密相扣推動，以達如期完工之目標。

另工程緊鄰有國道路段之兩側，狹長工址沿線可及性差，且施工中仍須維持正常通車，施工不容一絲閃失；故於設計階段即須考量各式橋梁上構自動工法，加速施作及減少支撐；且高架施工須嚴格避免掉落物，甚至部分施工須於夜間非交通尖峰時施作；又其時收費尚為主線收費方式，故於泰山收費站區段之施工交維為夜間施工，以為日間正常通車。

工區自然度高、工程避免環境影響

既有國道路段於民國 63 年通車，兩側諸多路堤路塹之邊坡，歷經 30 餘年已形成綠意盎然之自然生態；兩側施工避免環境破壞為設計施工之共同課題。



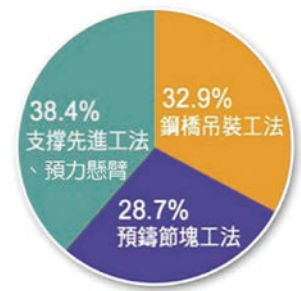
包括於施工前期即展開全線樹種調查及大規模樹木移植，以保存既有植生；另在工程上採高架橋配置、橋梁上構自動化工法外，為抵達各橋墩施築下部結構，預先施作大量構台，避免施工道路破壞植被。

工程規模大、引入國內營造能量

本案 40 公里路段長之兩側高架橋工程，又有限期完工之壓力，須考量國內各式營造能量是否充足；故於設計階段即先行調查國內鋼構與混凝土產能、各式橋梁自動化機具之可用數量，如懸臂工作車、支撐先進工作車等特殊設備。

再依工址條件採鋼橋吊裝、預力支撐先進、預力懸臂、預鑄節塊等不同橋型工法。

均勻分配龐大施工量如期完工，達成原計畫擴大內需、提昇經濟景氣之上位目標。



創新策略與工法 / 技術

本計畫在前述各項嚴苛條件下，不論在計畫推動、工程技術及環境關照上，均在執行期間有諸多創新策略與工法 / 技術的採用。

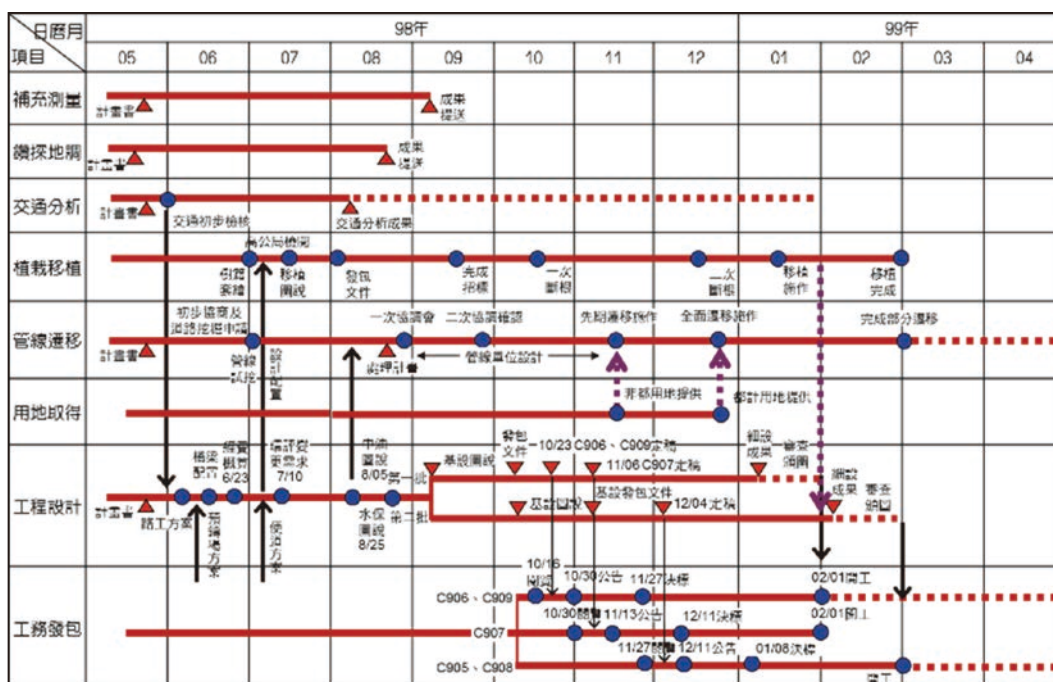
設計進度與品質管控

整體計畫之急迫亦將設計時程有所壓縮，包括中壢楊梅段（後稱南段）約 12 公里路段優先設計與施工，另在北段、中段各 14 公里路段則採基本設計發包，而在設計進度與品質有所要求與達成。

工程現場之順利關鍵亦取決於設計階段是否已奠定良好基礎。

本計畫於五股林口段（後稱北段）／林口中壢段（後稱中段）採基本設計發包先行動工，針對橋梁上構如配筋等細節則於施工期間再行頒圖。並搭配各項關聯作業包括測量、地調、植栽移植、管線遷移、用地取得等工作訂定整體作業流程如表 1，顯見設計作業時程極為緊迫。為能如期如質完成設計發包，作業亦設置專案組織，以期達成上下游零時差、零誤差之協同作業，減少反覆工作與縮減作業時程；並組成設計品質管控小組進行成果審查，達成確保品質目標。

表 1 設計階段關聯作業整體進度管控



因應與既有國道區隔短程與中長程旅次，相關車道數、進出交流道設置示意如圖 2。

橋梁設計與工法之創新與進階

拓寬計畫之主要工項在橋梁工程，為計畫順遂之關鍵之一；本案由於工進要求、施工可及性、跨越各式地物（含國道既有交流道匝道）、兩次斜交跨越國道主線以避免環境敏感區等各式條件，為順利符合各項限制，研擬諸多創新設計與進階作法如后說明。

橋梁上構自動化工法研析及選用

本計畫橋梁型式與工法為設計重點，而為工進推動及環境保護等因素，橋梁上構大幅採用自動化工法為必然方向。其中中壢楊梅段已優先設計及施作採預鑄節塊工法執行，該工法於預鑄場製作後現場吊裝，不受天候影響，品質與進度管控佳。

接續之北段與中段設計亦以預鑄節塊工法先行研議其可行性研究，經研析重點如下：



圖 2 各路段車道配置及進出示意

1. 適合之預鑄場用地不易尋得，偶有適當公有用地或廢棄之廠房用地與工址起吊點相距較遠，節塊運送代價大；
2. 北段部分與中段全段為三車道路段，橋面寬度 16 公尺較南段二車道為寬，節塊拖運不便；
3. 二路段有頗高比例屬丘陵地形，不若南段之平原地形；節塊起吊點難覓，甚或無適當道路可運抵；又節塊運送路徑部分經較寧靜之郊野鄉道，運送時之交通管制及噪音預期將遭遇頗高地方阻力。

故依主觀配置及客觀環境而言，北段與中段橋梁不適宜採行預鑄節塊工法，並研議其他因地制宜之工法，經檢討北段以鋼橋吊裝為主，中段則以預力橋為主，其中支撐先進工法又為施作之大宗為主。有關橋梁工法調整作業如圖 3 所示。

特殊橋型與工法說明

各橋梁大宗路段如前述搭配工法採行等斷面或變斷面配置；惟亦有配合特殊條件之特殊橋型，包括原兩側高架配置，於林口段北側為避開地質敏感區採單邊配置，且須兩次斜交大跨徑跨越國道主線，平面示意如圖 4；相關之創新設計及工法說明如下：

1. 長約 2.9 公里於單側採雙向上下層之雙層橋型

該工址狹長、施工條件嚴苛，為不影響既有車流及縮減原地表破壞，採雙向上下層之雙層橋型，在考量減少地震力與下構尺寸，採鋼箱型梁上構，並以工作車逐跨架設工法，有施工快速、起吊點少、用地及地表擾動小等優點（林口雙層高架橋施工及完工照片如圖 5）。

又因應本項雙層橋高度及不對稱橋型斷面，下部橋墩亦有不同於以往之分析與設計，包括不對稱 RC 單柱，高



圖 3 橋梁上部結構工法研析作業



圖 4 林口段避開北側地質敏感區之橋梁配置



圖 5 林口段雙層橋配置及上構鋼梁吊裝

強度混凝土 $f'_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ ，柱內設置 H400 型鋼，墩柱及帽梁均施加預力（墩柱最多束 19T-15.2 mm ϕ 、帽梁最多 18 束 19T-15.2 mm ϕ ，設計及施工照片示意如圖 6）。

2. 跨越既有國道採大跨徑不落墩設計及施工

兩處跨越既有國道之橋梁，考量平面線形需求而採小角度斜交跨越；為避免於中央分隔帶落墩，採三跨連續之鋼床板變斷面鋼箱型梁橋（135 + 216 + 135 = 486 m），並在不影響既有交通之前提下，林口段跨越橋採行獨創之旋轉工法施作；其施作步驟如下（示意如圖 7）：

- (1) 設置軌道梁（假設工程，完工後拆除）。
- (2) 將旋轉段鋼梁安裝於國道兩側之橋墩及軌道梁上。
- (3) 分邊旋轉：北側端旋轉 15° ，橫移 23 m，約 7 hr；
南側端旋轉 23° ，橫移 42 m，約 7 hr。
- (4) 推進及主跨閉合：前推 2.3 m，作業時間約 7 hr。
- (5) 邊跨安裝及閉合。

因應現地環境之橋梁細節

除前述特殊橋梁工法外，由於橋梁緊鄰大量交通車道旁，為用路人常時觀賞之行車景象，故亦有相關細節

之考量，如跨越國 2 之主線橋梁因既有機場系統交流道皆為預力箱型梁橋，為景觀一致性由諸多橋型中仍選擇採變斷面預力箱型梁橋，惟下構墩柱則研討採 V 型橋柱，以為進出機場展翼與迎賓之意象。又針對不同上構型式如鋼橋與預力混凝土橋交接面，包括梁深、梁寬等不同尺寸，予以漸變銜接（示意如圖 8）。

全方位關照之環境友善工程

本工程工址主要位於通車 30 餘年之邊坡區域，丘陵地形自然度高；然高架工程又緊鄰既有車道或交流道旁，不論橋梁景觀或施工干擾，均對大量用路人有所影響；又部分區段相鄰住宅、廠房、工業區等建物，用地取得亦有必然衝擊。以上各類環境狀況均於當初設計及施工階段有充分的關照，可謂當時國道的典範工程，亦為先進橋梁技術之外，參選 GRAA 獎項之重要表達事項。就各分類環境之友善作為擇要說明如后。

環境生態友善工程

針對工址所在區域長年未干擾之自然邊坡，各項友善作為包括現地樹木保護、施工中生態保育及景觀維護、生態廊道串連與補償、生態友善設計度等項目（如圖 9）。

1. 現地樹木保護作為

劃設施工非擾動區，避免施工人員進入，降低環境干擾；採施工棧橋取代整地便道，加速生態復原；盡量保留臨既有國道第一排路樹，維持原有植生（如圖 10）。

針對相鄰之珍貴樹種，如機場系統交流道南側之開南大學校園內高聳之檸檬桉，經協調校方另提供用地作為施工道路後，保留工區內檸檬桉，避免移除（如圖 11）。

另針對擾動區樹木進行全面調查評估，擬定移植計畫，於施工前先行移植至經協調之合適地點（如圖 12）。

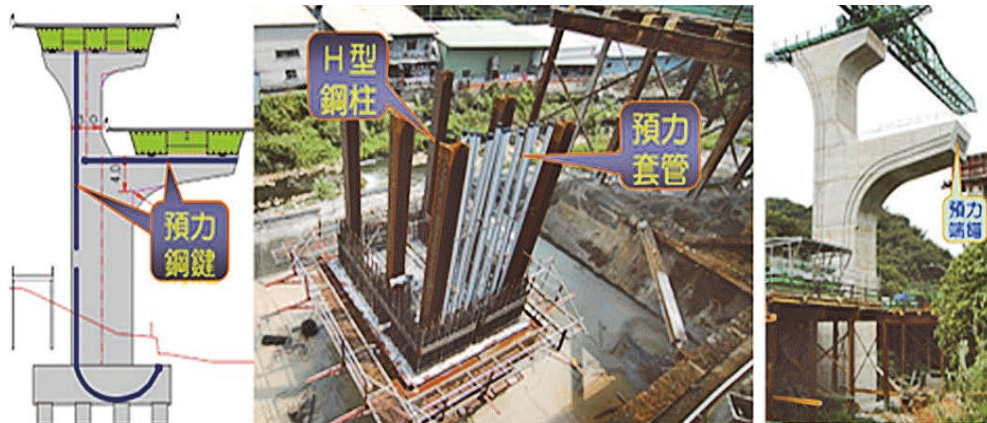
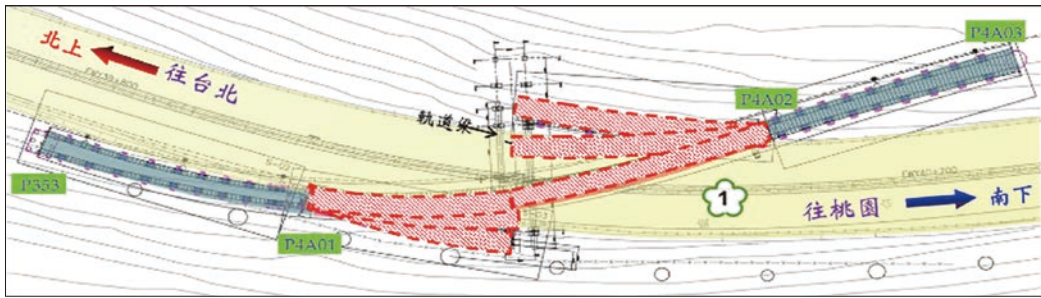
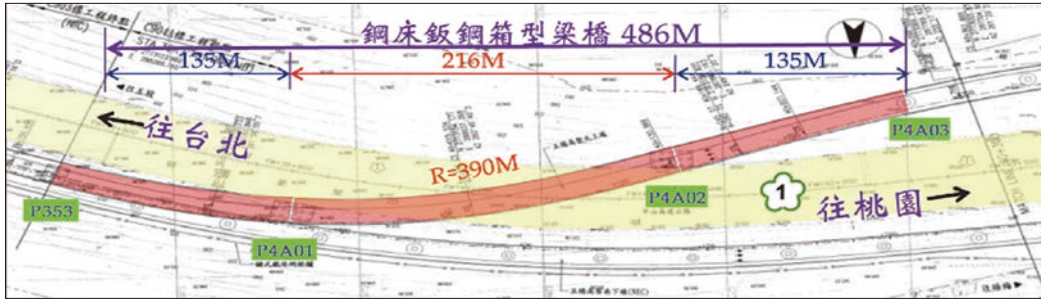


圖 6 雙層橋下構創新設計及施作



主梁組裝完成置於永久橋墩及軌道梁上，尚未旋轉



兩側主梁均旋轉後，尚未推進閉合(間距2.3m)



圖 7 林口段跨越橋配置及旋轉工法施作

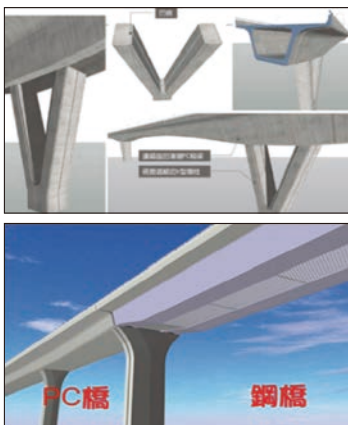


圖 8 因應環境結構細節 (機場系統 V 型橋及橋型銜接)

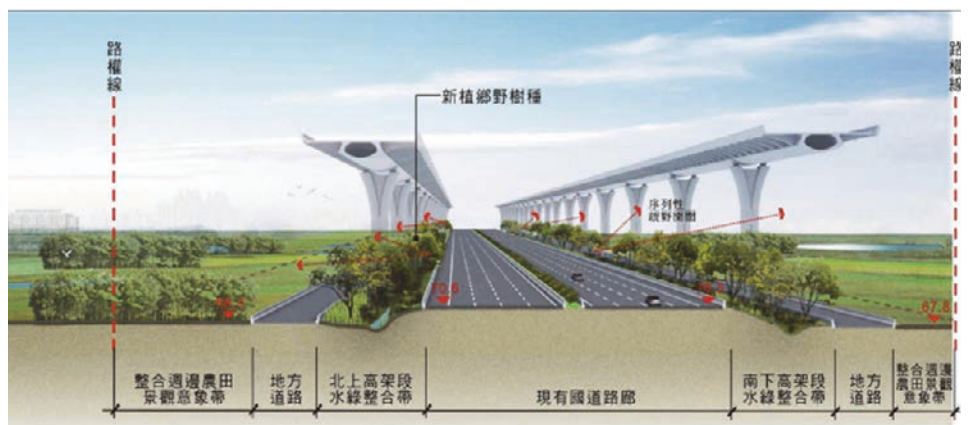


圖 9 兩側高架融合既有景觀之整體植生構想



圖 10 工址施工減少植生影響以維自然生態



圖 11 開南大學珍貴樹種經協調保存



圖 12 全區樹木移植作業與成果

2. 自然生態豐富區域之補償與串連

工址鄰近部分區域包括溪流、埤塘等自然生態豐富等區域，除降低影響外，影響部分則予以補償，並予以串連鄰近環境，形成更完整之生態空間。

如右圖為大窠坑溪半月彎生態廊道串連與補償示意。

另於機場系統匝環道形成之封閉區域，亦已考量生態跳島方式予以串連周邊既埤塘，營造不同水深及多樣水生緩衝植物(如圖 13)。

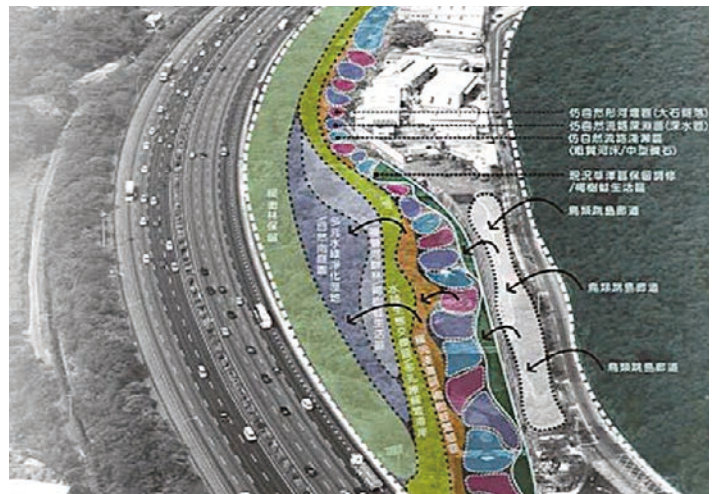


圖 13 機場系統交流道以生態跳島串連周邊環境

3. 生態友善設計

除工址施工影響之環境友善作為外，亦由工程面依環境條件主動進行相關生態友善設計，以提高更有效之生態作為，包括動物逃生通道、橋柱蝙蝠巢箱、雨生淨化池、種子庫表土保存；期待工程可對環境生態帶來更正面的價值，各項友善設計示意如圖 14。

人居環境影響之友善措施

工址所在空間除前述自然環境外，部分區段鄰近廠房（如中壢工業區污水處理廠、區內國瑞汽車、統一麵包、張國周製藥、資生堂公司等國內知名大廠）、住宅（如泰山香草部落格）等，如按一般用取得及拆遷，將造成產業及人居影響，必然衍生抗爭及工程障礙。故於本案突破以往國道用地取得作法，針對橋梁用地引入設定地上權方

式，減少拆遷與影響；當然與各地主切身有關之新作法，於執行階段與每一用戶個別及多次說明及協調，最終獲致共贏之局面，甚或部分用戶對工程人員之努力多所感謝（統一麵包與香草部落格分示意如圖 15 及圖 16）。

執行成果

五楊拓寬工程無論在計畫規模、工程技術及環境關照上，均為當時極具代表性的重大工程，自推動之初即為社會關注之焦點；在前述各項努力下，亦在各方面均有實質的豐碩成果。舉其大者包括：

1. 工程面的成本與工期

整體計畫之橋梁型式由規劃階段之鋼橋為主，迄設計階段考量國內各類工程資源，調整為鋼橋與預力混凝土橋並重，有效降低整體工程成本，將原核定



圖 14 大坑溪各項生態友善設計

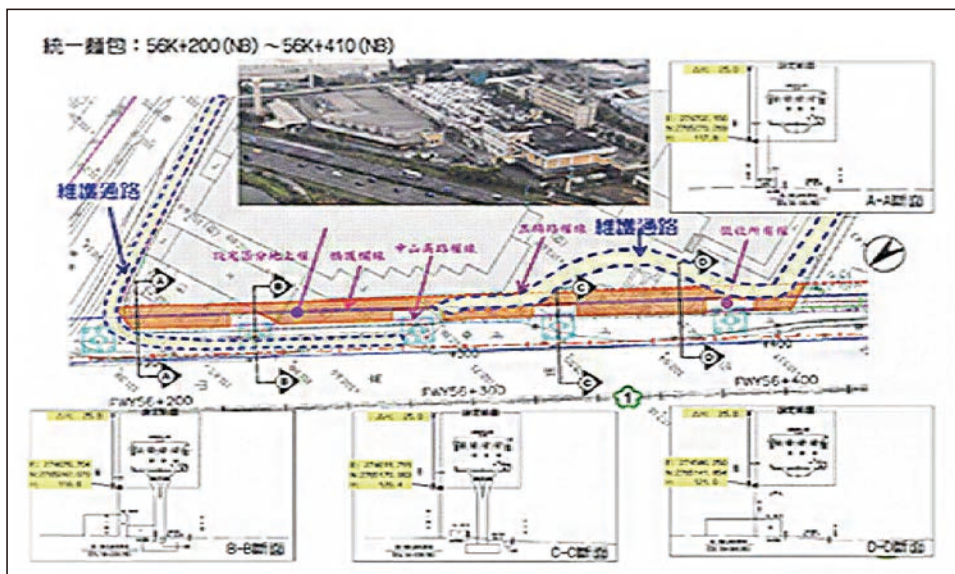
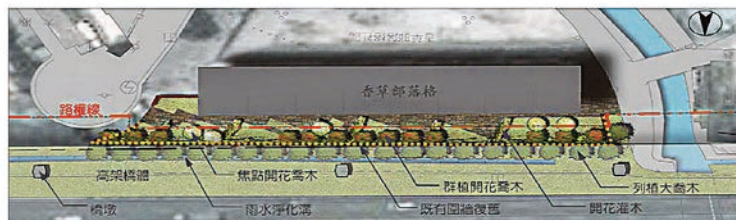


圖 15 設定地上權（統一麵包）減少用地阻力

❖ 香草部落格環境補償與加值

- 居民使用空間的回復 - 路權至圍牆範圍仍為居民庭園使用空間
- 原有視覺景觀意象的回復與強化
- 國道與圍牆空間綠化處理



▪ 國道與圍牆空間綠化處理

- 清爽空間氛圍營造
 - 列植大喬木 - 高架量體視覺緩衝綠帶
 - 草生緩坡 - 順勢既有地形環境綠化整理

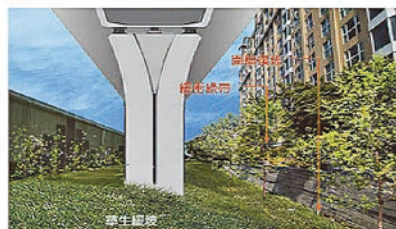


圖 16 泰山段高架橋緊鄰香草部落格採設定地上權及各項友善措施

預算 883 億元降低為 587 億元，節省了約三分之一 的預算。另在工期上有賴各項完善之前置作業及所有參與團隊的無縫協調原規劃為 6 年，最終縮短為 4 年 2 個月，提前約 22 個月完工，及早紓解了國道北部交通動脈之壅塞狀況。此一執行成效在大型公共工程是相當少見的典範。

2. 工程技術提昇及帶動國內營造工程動能

本案不論在道路、橋梁、基礎、景觀等各項均有不同於以往之進展及應用，且不同工法充分應用各類自動化機具設備，充分發揮與帶動國內營造產業之能量。

3. 綠色內涵辦理成果

本工程在各項環境面的努力，在當時以綠色內涵量化檢視如圖 17：

4. 整體經濟效益

如前述本工程完工通車紓解了既有國道之交通壅塞，帶來的實質效益如下：

(1) 提升國道路段服務水準

原中山高尖峰壅塞路段行駛速率約 40 KPH，五楊通車後已提升至 70 KPH 以上，五

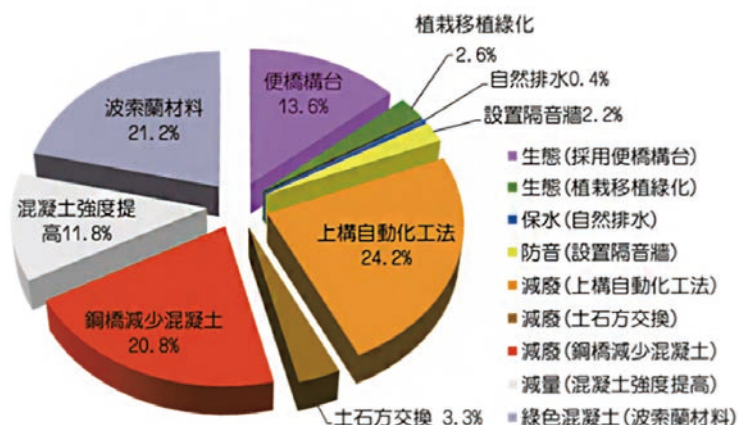
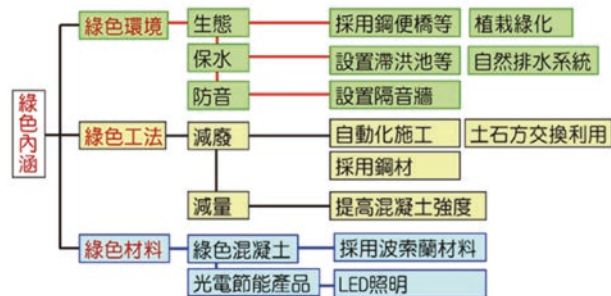


圖 17 整體計畫辦理綠色內涵成果

楊高架則在 90 KPH 以上；整體縮短行駛時間達 40%。

(2) 節省旅行時間成本

全年時間節省效益將達 23.8 億元。

(3) 節省燃油消耗環境成本

全年節省燃油消耗環境成本，效益達 5.48 億元。

(4) 減少路段空氣污染

有效減少溫室效應氣體排放 (CO2 減少 89T/日)。

5. 國內外各類獎項肯定

五楊工程之卓越成果也獲致了各類獎項肯定。

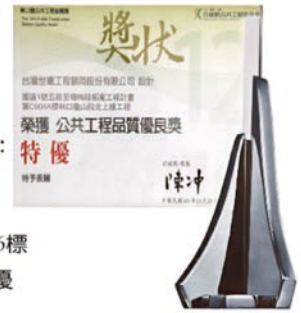
未來展望

五楊拓寬工程在所有參與團隊努力下，獲致了卓越成果與肯定。也記得當時施工階段的勉勵標語就是「日以繼夜 全力以赴」，相信所有人員均會以曾參與本計畫為榮。也有幸獲蘇教授指導與推薦，為國內首次參選全球道路成就獎 (GRAA) 之競逐，並獲得殊榮，印證了台灣工程的品質與實力，亦鼓勵了後續優秀工程的參選與接續獲獎。

五楊拓寬工程完工已超過十年，近年國內工程不論在工程技術或環境關照上都有了更長足的進展；也

◆ 國內工程界難得之普遍獎勵：

- 公共工程金質獎：
第12屆C904A標特優
第13屆C909標特優
- 中國工程師學會工程優良獎：
102年度C903標
103年度C901標、C909標
- 交通部金路獎：103年度C906標
- 農委會中央紅火蟻防治—特優



◆ 除國內獎項外，並獲得國際肯定：

- 於2015年國內首次申請國際道路協會 (IRF) 辦理之全球道路成就獎 (GRAA)，獲得設計類獎項唯一殊榮
- 於2016年申請獲亞洲土木工程聯盟 (ACECC) 所頒發傑出工程獎



相信按五楊拓寬工程的執著經驗、工程師務實精進的態度，各項工程不斷再創卓越成均是必然發生的。

得獎照片 (攝於土耳其伊斯坦堡 2019) – 高應大土木系蘇育民老師提供



臺灣代表團與國際道協執行長與副總會面

IRF 執行長 Mr. Patrick Sankey (居中) 及副總 Mr. Magid Elabyad (照片左)、臺灣代表團成員包含：交通部政務次長曾大仁、交通部國工局張純青副局長、橋梁科羅財怡科長、交通部高公局陳煜熏主任、台灣世曦李建中董事長、王炤烈副總、李元唐副總、劉念平資深協理 (IRF Fellow)、林曜滄協理、楊世琛協理、華光工程顧問管長青董事長、以及高應大土木系蘇育民老師 (IRF Fellow)



交通部曾大仁政務次長 (左三) 與台灣世曦李建中董事長 (左二) 上台與各國代表合照