



都市 幹道連鎖 時制設計之 研究與實例分析

陳麗雯／中國福建省閩江學院經濟與管理學院 副教授

胡大瀛／國立成功大學交通管理科學系 教授

號誌時制計畫的設計，對於路網車流的運行情況有重要的影響。目前在交通控制部分，有許多商用軟體已發展來協助產生時制計畫，每一個軟體內部設置不同的規劃目標，結合相關的求解演算方式，來產生號誌方案。本文以台南市交通繁忙延滯嚴重的東門路為例，介紹藉由實務單位—台南市虛擬交控中心所蒐集的資料，包含號誌現況以及流量、幾何特性等，分別應用 Synchro 與 TRANSYT-7F 兩種號誌最佳化軟體計算出最佳時制計畫，包含週期 (cycle lengths)、時比 (splits) 以及時差 (offsets)，為了客觀評析績效，本文進一步將兩號誌策略應用在 DynaTAIWAN 交通模擬軟體。結果顯示，在此交通情境下，兩軟體均可有效改善東門路交通現況，其中又以 TRANSYT-7F 最佳化後的結果較佳。此外，從這個實例可看到，適當地重整號誌計畫能夠提供用路人良好的交通續進情況，縮短旅行時間，帶來交通績效的改善。

前言

城市道路主要幹道在上下班的尖峰時刻常見重現性交通擁擠問題，使得道路的服務水準降低，交通管理單位應用了各種交通工程、交通管理的手段，來改善問題，提升行駛效率。號誌時制計畫便是其中一種直接影響道路車流運行的方式。路口的號誌時制計畫包含時相分配以及時間安排，例如週期長度、綠燈時比、黃燈長度、全紅時間等。透過號誌時制的管控，決定道路交通量在路口的運行績效。

號誌最佳化，顧名思義便是找出能夠提升路口運行績效的號誌設定方式。最佳化的想法，從單一路口、相鄰路口，到幹道連鎖、整體路網績效，是由點、線、到面的考量方式，使用哪一種方式，則有不同 trade-off。幹道連鎖是常見的一種管理策略。在幹道連鎖的號誌控制中，透過尋找連鎖路口中適當的週期長度與時差以及各時相的綠燈時比，以提供較長的綠燈帶寬，使得幹道上車輛可以保持續進，來減少因為

路口號誌所產生的延滯以防止堵塞的範圍持續擴大。簡言之，幹道連鎖時制計畫主要的目標是要達到幹道上整體最佳績效，讓車輛以最少的旅行時間以及最短延滯來提高道路的服務水準。國內外普遍使用的號誌時制軟體有 PASSER-V、Synchro、TRANSYT-7F 等，利用外部取得的各個路口流量、轉向比、簡單時相設計... 等資料，依據期望的目標指標，例如最小延滯或最小停止次數等，來設計出較佳的時制計畫。

台南市東門路是連接仁德交流道與市區的重要幹道，因此在上下班時刻經常會遇到擁擠情形產生，延滯情形嚴重，降低了道路的服務品質，因此本研究針對東門路幹道上的六個主要路口進行時制設計，利用號誌時制軟體 Synchro 與 TRANSYT-7F 找出最佳的時制設計，並與現有時制做比較，探討不同軟體下最佳化之結果以及改善的績效，希望提供相關交通管理單位策略參考以減少用路人延滯時間、提供更好的道路服務品質。

本文首先簡單介紹國內外關於時制設計的研究以及 Synchro 與 TRANSYT-7F 軟體的發展狀況，在此背景下進一步以台南市東門路的交通作為研究範圍進行號誌設計的應用分析。基於東門路的號誌與交通現況，透過兩種號誌時制軟體分別尋找各自的最佳化時制設計，並藉由交通模擬平台進行觀察評估，最後針對結果討論分析。

文獻回顧

本節介紹國內外相關的研究，主要分成三個部分，首先為幹道號誌連鎖與號誌時制設計的方法與研究，接著介紹針對號誌連鎖的研究方面較常使用的軟體或方法，並針對兩種比較成熟的號誌時制軟體 Synchro 與 TRANSYT-7F 介紹目前國內外使用的情形與成果。

幹道號誌連鎖與號誌時制設計的方法與研究

Liu 和 Chang^[1] 以一個最佳化模式來處理幹道的號誌時制設計問題，模式有兩個特點，第一是利用 lane-group 的概念說明 shared-lanes 對於排隊長度的影響；第二是考慮當需求很高時，排隊長度會溢流至下一個鄰近路口，因此必須考慮高需求量時有不同的時制計畫。所使用的數學模式為整數線性規劃，希望達到最大帶寬以及路口最小延滯的目標，模式分成路段和路口的車流理論，以及號誌控制的數學模式進行最佳化，最佳化目標為最小總花費時間以及最大的流出量，由於模式屬於非線性的數學化，故利用基因演算法來求解，並將所求得的结果與號誌最佳化軟體 TRANSYT-7F 作比較，實驗路網總長約 7 公里，共 4 個十字路口，考慮的情境分成低、中、高流量需求，實驗結果發現在低流量以及中流量情境中，每個路口需要的週期長度較短，且所建模式得到的結果績效比 TRANSYT-7F 佳；而在高流量情況下，由於所建模式可以動態反映出需求變化，因此求解效率與績效也較 TRANSYT-7F 來的好，由以上兩點結論得到，該研究所建立的非線性數學規劃模式在計算幹道號誌時制設計上有良好的表現。

Day 等人^[2] 針對幹道號誌連鎖提出兩種工具來討論。主要是找到幹道連鎖的最佳化時差 (offsets)，所提出的工具之一為 Purdue coordination diagram (PCD)。PCD 是透過繪出幹道上車輛到達圖，利用該圖來預估當時差改變之後對於交通的影響程度，且藉

此找到最佳的時差；第二個工具是 media access control (MAC)，即在車輛上裝設藍芽通訊以利估計旅行時間，該研究並以一條具備五個號誌路口的幹道作為研究對象，蒐集不同路口號誌時差並作調整，利用 PCD 做預測，以觀察時差調整前後的差異，並利用旅行時間做為績效指標。所得結論有以下三點：(1) 當幹道上車輛續進的程度不佳時，PCD 可用來預測時差調整後的影響，以尋找道路狀況不佳時的最佳時差；(2) 除了利用 PCD 找到最佳化設計外，也可利用旅行時間作為模式目標值，比較不同時差下的績效；(3) 利用藍芽通訊估計旅行時間的方式確實可以用來觀察預測時差對旅行時間的影響程度，進而比較不同策略的績效。Day 與 Tahsin^[3] 更進一步採用 TRANSYT 中的流量基礎模型，在模型中以各種交通場景進行測試，來確定週期長度共振對系統性能的影響。

Mulandi 等人^[4] 提出利用不同的時制軟體來比較號誌時制計畫的成效。號誌時制軟體分成兩大部分：巨觀與微觀。巨觀軟體主要著重在整體架構的討論，是目前最常被使用的軟體；而微觀號誌軟體由於存有隨機概念 (stochastic) 的車流特性，因此被認為成效較佳，但其演算法也較傳統軟體來的複雜，因此使用範圍仍有限。該研究分別在巨觀與微觀各選擇兩種時制軟體進行分析比較，巨觀軟體部分，選擇了 Synchro 和 TRANSYT-7F，微觀軟體部份，則選擇 VISSIM 與 CORSIM 兩種模擬軟體中個別發展出來的 VISGAOST 和 Direct CORSIM；所應用觀察的路網包含 12 個路口，蒐集的資料先經過修正與校估，確認號誌時制與研究所欲觀察的兩項指標 (旅行時間、飽和流率) 具有一定相關性，並在實驗前依據設定的參數 (包含週期設定、時差、號誌連鎖...) 的不同，分成兩種情境來觀察，所得到的結論為：(1) 針對不同的號誌時制軟體所得的結果發現有顯著的差異；(2) 比較四種號誌軟體的績效後，發現 Direct CORSIM 所得的結果較不如其他三種軟體佳，其中又以巨觀的 Synchro 和微觀的 VISGAOST 所設計出的時制表現最佳，且兩者的表現無顯著的差異。

胡大瀛等人^[5] 在 2010 年針對都市路網號誌連鎖的改進進行研究，首先利用路段演算法與路徑演算法尋找路網幹道範圍，再利用號誌連鎖模式製作幹道時制計畫，號誌連鎖模式以 Webster 計算週期，以及 PASSER II 的干擾綠帶演算法 (Brook's interference

theory) 求解得到最大綠燈帶寬，其模式目標式是求得路網延滯時間最小，在建立完模式後會與號誌時制軟體 PASSER II 做比較，實驗分成虛擬路網與實際路網，且根據不同需求流量分成低中高需求三種情境；在虛擬路網的部分，應用一個 15 節點的小路網以及 50 節點的中型路網來觀察號誌連鎖的結果，無論在哪個情境下，利用該研究的號制連鎖模式以及 PASSER II 求解後，號誌連鎖均可改善駕駛人的旅行時間，且兩種方法對於旅行時間的改善率沒有太大差異，表示兩者所得的效果類似；此外，在實際路網應用的部分，以台中市為例進行應用分析，研究並提到，實務上有許多資料蒐集不易，部分資料須透過資料假設或推估產生，由此可知模式在實務上的運用還需多加討論，且在幹道路徑的選取上，路徑演算法優於路段演算法，在所建立的模式與 PASSER II 軟體的比較上，無論流量的多寡，號誌連鎖確實可以在路網績效上獲得改善，因此在市區的號誌時制計畫上，號誌連鎖是必須連同其他控制參數一同考慮的。

TRANSYT-7F 發展與應用

TRANSYT-7F 為廣受應用的交通模擬與號誌最佳化軟體，其發展來源為 1967 年由 Dennis I. Robertson 博士發展的 TRANSYT 模式為初版，經由英國 Transport Research Laboratory (原 Transport and Road Research Laboratory) 逐漸改版與發展至今，其由美國公路總局 (Federal Highway Administration, FHWA) 於 1981 年以 TRANSYT/7 為核心進行改良發展為 TRANSYT-7F R1 應用於交通管理分析工作上，TRANSYT-7F R10 為 2004 年所發表之版本。

Leonard 和 Redegerdts^[6] 探討在不同評估指標下，所得到最佳化控制的差異，並利用號誌最佳化軟體 TRANSYT-7F 得到最佳時制設計。討論的指標包括：最小延滯 (minimize delay)、最少停等次數 (minimize stops)、最少能源消耗 (minimize fuel consumption)、最大續進 (maximize progression) 以及整體的路網績效 (base condition)，整體的路網績效即考慮多組最佳化的績效指標，在最大續進的的指標當中又細分成考慮續進機率、綠燈帶寬、路段上停等次數和延滯、以及結合另一號誌軟體 PASSER II，先計算週期、時比以及時差，再將結果應用到 TRANSYT-7F 求得結果，並

與其他指標比較，針對這九種不同的指標，該研究蒐集不同地區上下午尖峰時刻的資料進行實驗分析；被選取的每條道路都包含至少 10 個路口以便觀察車輛續進的情況，此外，還特別觀察在飽和流率下的時制計畫情況。所得結論為：當車流量較大時，會給予較長的號誌週期；不同的績效指標計算出來的週期大致相同，但並非全部，例如在最佳續進下，不同考慮的因素則利用軟體所計算出來的週期是有差異的；若針對手動機制而言，在週期的選擇上較時比與時差來的重要。另外，不同的號誌時制對於交通特性也有一定的影響，除了針對個別的績效指標下，其主要考慮的交通特性會有所不同之外，車速對於號誌時制的改變也具有較高的敏感度。最後，文章針對所使用的兩個號誌軟體結果進行比較，TRANSYT-7F 在運算的效率以及成效上都較 PASSER II 來的佳。

Park 等人^[7] 利用 TRANSYT-7F 配合 CORSIM 觀察針對不同績效指標的時制計畫與成效，該研究有兩個主要目：(1) 針對 TRANSYT-7F 尋找不同績效指標下的最佳號誌時制；(2) 觀察 TRANSYT-7F 在微觀軟體 CORSIM 中表現的成效。所選取的研究地點為芝加哥一個包含九個號誌化路口的小路網，並蒐集上下午尖峰的車流量，將情境分成擁擠和非擁擠兩部分，TRANSYT-7F 所能夠考慮的績效指標很多，在扣除掉具有高度相關的指標後，尚有 12 種之多，而 CORSIM 所能觀察到的指標包含了延滯、能源消耗、停等次數、排隊時間以及流出量共五種，研究首先利用 TRANSYT-7F 找到在不同指標下的最佳化週期、時差、時比等號誌控制參數，再將參數放進 CORSIM 比較各指標的績效優異，利用上述兩階段的方法所得結果以排序 (rank) 做比較，從觀察結果中發現，無論在擁擠或非擁擠的情況下，TRANSYT-7F 以最小延滯來做為績效指標，所得的成效最佳；此外，從 TRANSYT-7F 與 CORSIM 之間的關係觀察到，在車輛擁擠時兩者之間的關係不佳，從 TRANSYT-7F 中所得到的最佳化時制並無法在 CORSIM 裡有好的表現，推估主要原因是因為 CORSIM 為微觀軟體，但 TRANSYT-7F 是針對巨觀的車流關係做討論；號誌時制軟體可以考慮與路網實際資料進行比較，以減少因為不同績效指標的不一致，導致結果的誤差。

Synchro 發展與應用

Synchro 為目前最常用來做號誌時制最佳化的軟體之一，可以用來分析路口號誌績效，以及同時針對不同績效指標做路口時制最佳化，屬於巨觀的號誌軟體，通常被應用來討論都市路網號誌，Synchro 可以針對單一路口、幹道號誌連鎖、觸動化號誌、以及整體路網的號誌規劃做最佳的設計，觀察的績效指標也分成路網總延滯、排隊等候時間、路口服務水準...等，可以依據不同的需求來獲得號誌最佳化控制，此號誌軟體最大的特點在於可以與公路容量手冊 (HCM)、公路容量分析軟體 (HCS)、以及微觀的車流模擬軟體 SimTraffic 相互整合與進行資料轉換，針對目前國內外的研究而言，Synchro 針對時制計畫所產生的績效良好，因此受到學術界的重視，逐漸成為時常用來與其他研究方法做結合的號誌設置工具。

Ratrouf 和 Olba^[8] 針對沙烏地阿拉伯的一個幹道做號誌時制的設計，所使用的幹道長 2 公里，具有三個號誌化路口，採用 Synchro 和 TRANSYT-7F 進行最佳化時制設計，研究中指出，實施號誌時制計畫主要是在當車輛低於容量時，可以藉由適當的號誌控制以改善車流情形，該研究以排隊長度 (queue length) 作為績效指標來比較兩種號誌最佳化軟體的結果，並以 SimTraffic 模擬軟體針對績效指標或相關的流量等交通參數做修正，以防止所得結果與實際路網產生的誤差大，與修正的結果比較之後認為 TRANSYT-7F 有做修正的必要，因此進一步針對 Synchro 以及修正過後的 TRANSYT-7F 所得到的時制計畫進行比較與討論。在經過兩種時制計畫軟體所得的號誌時制並取得最佳化後的等候長度後發現一些結論：單獨對於左轉車流來說，TRANSYT-7F 所求解出來的號誌結果較佳，但在整體路網中，Synchro 很明顯的可以比 TRANSYT-7F 提供較好的服務水準。此外，TRANSYT-7F 可以提供比較多種的績效指標來做討論與時制設計，包括延滯 (delay)、停等次數 (stops) 以及能源消耗 (fuel consumption) 等等，但 Synchro 則主要依據延滯和停等次數做為目標式以進行運算。

Hunter 等人^[9] 指出，在號誌最佳化中，Synchro 可用於優化 DDI (diverging diamond interchange) 和 CDI (conventional diamond interchanges) 號誌計畫。DDI 模型使用預先設置的設置進行了優化，而 CDI 模型使用了在左轉車道上帶有環路檢測器的主動協調設置進行了優化。此外，至今仍有許多研究，例如 Khan 與 Anderson

^[10]，運用 Synchro 進行號誌最佳化，藉由各種流量交匯特性、車輛類型、道路幾何狀況等分析影響。

Raessler 和 Yang^[11] 在研究允許左轉時相與保護左轉時相策略運用的決策邊界時，運用了 Synchro 來取得左轉時相造成的延滯差異，並使用線性回歸來找出時相設置的決策邊界方程式。而 Adamson 等人^[12] 在評估允許與保護左轉時相在號誌路口的交互作用研究中，則是先透過 VISSIM 軟體建立 12 個模型，再使用 Synchro 定義號誌定時時制計畫，透過實驗模擬，分析交通衝突數據；透過模擬工具與統計工具觀察到交叉衝突數量隨著左轉和對向流量的增加而變化，進而為允許和保護允許相位、以及保護允許和保護的相位之間建立決策邊界。

依據上述文獻來看，一般產生號誌時制計畫的方法有兩類：利用啟發式演算法解決複雜的模式，或是利用號誌時制軟體求解取得時制結果。而在軟體求解部分，無論是獨立使用產生時制計畫，或是拿來與其他方法應用結合，TRANSYT-7F 與 Synchro 都是經常被使用的號誌軟體，兩軟體在研究上的應用成果說明具備一定的可行性與成效。

研究方法

本研究將兩號誌設計軟體應用到實際的道路，透過實驗操作，加以分析比較，來說明應用的方式以及結果。然而，由於不同軟體的所採用的交通模擬方式有差異，為了客觀比較成效，研究採用交通模擬軟體 -DynaTAIWAN 作為平台，將兩軟體各自產生的最佳號誌，透過 DynaTAIWAN 進行交通模擬，觀察車流運行績效。以下說明研究流程，並概述三個軟體的核心概念。

研究流程

研究流程如圖 1 所示，各步驟敘述如下：

1. 幹道連鎖：本研究針對幹道連鎖的號誌設計做研究與分析，利用號誌軟體找到最佳化的號誌設計，並評估重整化之後的績效。
2. 幹道選擇：針對所要研究的路網做幹道的選擇，找出適合做號誌連鎖的主要幹道以利用最佳化號誌設計做重整。
3. 資料蒐集與分析：針對上述所選取幹道蒐集相關資料，利用台南市虛擬交控中心，蒐集到幹道上的路段流量以及轉向比，還有目前現有的號誌時制設計，以比較改善前後之差異。

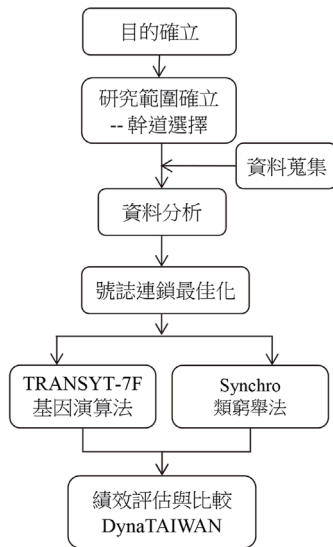


圖 1 研究流程圖

4. 連鎖最佳化：本研究利用以兩種不同的演算法為基準的號誌化軟體進行求解。
5. 基因演算法 (GA)：利用此演算法求解的軟體選定為 TRANSYT-7F，利用此軟體求解出最佳化的號誌設計。
6. 類窮舉法 (Quasi-Exhaustive search)：此演算法以 Synchro 為代表的號誌化軟體，因此被選定作為幹道號誌連鎖最佳化軟體之一。
7. 績效評估與比較：透過 DynaTAIWAN 交通模擬軟體作為平台，分別模擬得到原有道路情況以及兩組最佳化時制的道路績效，以進行兩組號誌策略結果的比較分析。

號誌時制軟體—TRANSYT-7F

TRANSYT-7F 主要功能號誌時制設計最佳化，透過給予的流量與轉向資料，以遺傳演算法 (Genetic Algorithm) 或爬山尋優法 (Hill-Climb Optimization) 由車輛延誤 (Delay) 及車輛停止 (Stops) 組成的最小化績效指標值作為目標函式，以最小負效用法考量時差 (Offsets)、時比 (Split)、重疊時相 (Overlap Phasing)、帶寬 (Bandwidth) 等，求解出最佳時制設計。

號誌時制軟體—Synchro

由於 Synchro 在針對幹道號誌連鎖的設計上，同時考慮到時差以及最大綠燈帶寬等概念，因此本研究選用此來當作號誌設計軟體之一。在利用 Synchro 進行最佳化的時制設計時，主要必須蒐集相關的資料包括以下幾項：(1) 基本道路幾何設計：車道數、車道轉向

設置、車道寬度、路段長度 … 等等；(2) 車流量：包含號誌路口的各個轉向流量；(3) 號誌時制：各路口的時相數與配置、每個時相的時比 (包含綠燈、黃燈、全紅)、週期長度、以及時差；(4) 基本交通特性參數：飽和流率、路段速度限制 … 等等。在蒐集完該軟體所需資料後，便可在 Synchro 介面上直接繪製路網圖，以及輸入相關所需的資料，接著進行最佳化的控制，在最佳化操作時給予允許週期長度的範圍，接著可以選取自動最佳化，則系統會以最小總延滯來給予最佳化的號誌設定，亦或是用手動方式選取，可針對欲考慮的績效指標，例如總延滯時間、停等次數、能源消耗等，獲得各路口最佳化的號誌設計，以達到整體路網的改善。在得到最佳化時制之後，Synchro 可以將資料轉換至車流模擬軟體 SimTraffic 或其他交通分析軟體使用，對號誌時制做進一步的討論與研究。

交通模擬系統介紹—DynaTAIWAN

DynaTAIWAN 系統的開發係為了解分析在 ITS 發展下路網車流的分布情形^[13,14]。整個系統分為模擬層與即時控制層。主要描述在個體行為的決策反應下的依時流量變化情形。模擬層中，主要針對車輛產生、車輛行進、交通背景資料以及行前旅運決策、途中旅運決策作相關之模擬運作^[15]。Liao 等人^[16]並透過北部國道實際流量資料進行模式的測試與校估，說明模式運作能力。

數值實驗分析

資料蒐集與分析

本研究以台南市之重要幹道—東門路路段作為實驗分析對象，該路段為主要連接仁德交流道與台南市市區，而號誌設置對車輛的續進有極大的影響，由於大量的道路使用者，東門路經常產生壅塞，產生延滯問題，特別是在上下午尖峰時段，情形更加嚴重。此外，因為東門路上各路口間相距的距離不大，所以當路口延滯過於嚴重時，也會造成車輛回堵到上個路口，使得整體路網嚴重阻塞。因此，本文以這個路段為對象，以六個主要號誌化路口進行號誌時制重整，並觀察改善的情況。

整個實驗路網如圖 2，共有 18 個節點、34 條節線與 6 個號誌化路口。設置的偵測器 (VD) 共有東、西向各三座。



圖 2 台南市東門路示意圖

相關的流量、VD 偵測量、轉向比與號誌現況資料來自台南市虛擬交控中心。台南市虛擬交控中心設置於國立成功大學交通管理科學系，主要為提供台南市交控中心資料庫中的相關資料，作為學術或相關研究之用。圖 3 說明東門路路網以及號誌化路口設置位置；數據資料透過資料庫查詢取得。

首先以平日週四（2011 年 1 月 24 日）全日交通資料來觀察平日交通流量的趨勢與特性，再進一步以上午尖峰 2 小時（8:00 至 10:00）交通資料為依據，配合 2006 年台南市交通特性調查資料的路口轉向比，做為基礎的模擬流量。建立的實驗東門路車流資料如圖 4 所示。此外，表 1 為上午尖峰時刻號誌時制設計的情況。

實驗說明與假設

在蒐集完基本流量與路口時制之後，由於有許多所需的資料不易獲得，因此必須針對操作軟體所需要的參數進行假設，其假設的資料下：

1. 假設所有車道寬為 3.6 公尺，且各車道的轉向配置依據實體道路所繪製的方向設置。
2. 除了編號 103 的路口往西方向的直行車道飽和流量為 2500 vphpl 之外，其餘道路飽和流量設置為 1900 vphpl。
3. 所有道路依據國內市區道路的速限設置 50 km/h。
4. 每個方向的路段長度為計算此路口到下一個號誌路口的長度（各路段長度如表 2）。

在經過基本資料假設後，將此資料利用 TRANSYT-7F 以及 Synchro 進行計算，計算結果於下節呈現。

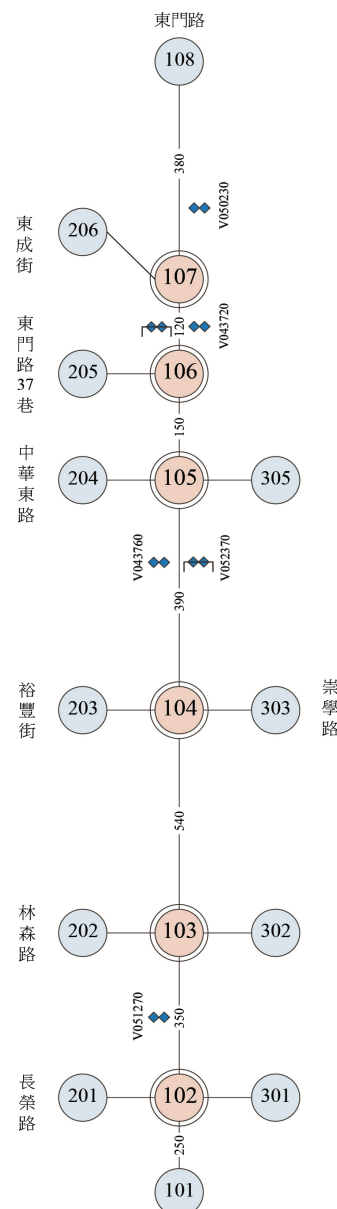


圖 3 實驗路網圖

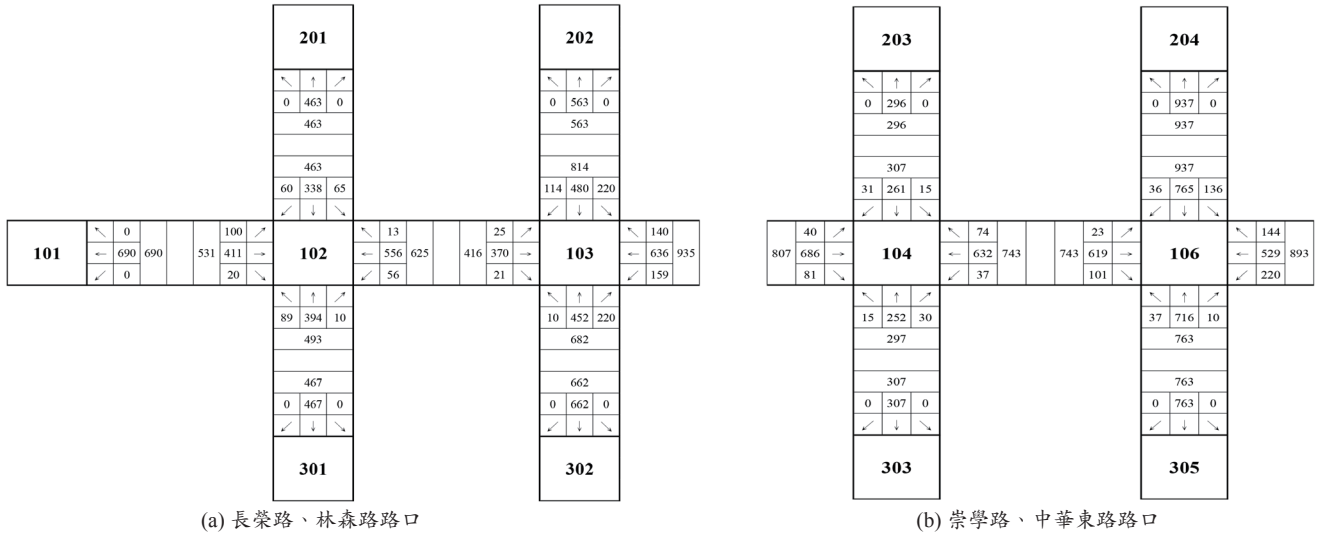


圖 4 各路口轉向流量

表 1 東門路號誌路口時制現況

路口 #	週期 (s)	Phase 1			Phase 2			Phase 3			Phase 4		
		綠燈	黃燈	全紅	綠燈	黃燈	全紅	綠燈	黃燈	全紅	綠燈	黃燈	全紅
102	120	62	3	3	46	3	3	/			/		
		↑	↓	↔	↔	↔							
103	120	27	3	2	8	3	2	55	3	2	10	3	2
		→	↑	↔	↑	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
104	120	48	4	4	12	4	4	36	4	4	/		
		↑	↓	↔	↔	↔	↔	↔	↔				
105	120	33	3	3	17	3	4	29	3	3	15	3	4
		↑	↓	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
106	120	85	3	2	25	3	2	/			/		
		↑	↓	↔	↔	↔							
107	120	75	4	2	33	4	2	/			/		
		↑	↓	↔	↔	↔							

表 2 路網中各路段長度 (單位：公尺)

路口 #	102	103	104	105	106	107
Eastbound	180	350	500	390	150	120
Westbound	350	500	390	150	120	380
Northbound	270	270	440	250		
Southbound	110	300	270	220	200	200

數值實驗

(1) TRANSYT-7F 實驗結果

在實際的時制設計方面，本研究蒐集東門路與中華東路路口為主要號誌（即編號 105 路口），其週期為 120 秒，而詳細各主要路口號誌時相設計與放行方向已列如前表 1。

將此實際實驗路網情況透過 TRANSYT-7F 的基本模擬功能，可獲得指定流量下，該時制設計的路網績效。此次模擬的總延滯為 298 veh-hr/hr、總停等車輛數為 11016 veh/hr，平均系統車速為 13.5 km/hr，圖 5 為預設號誌下的綠燈帶寬。

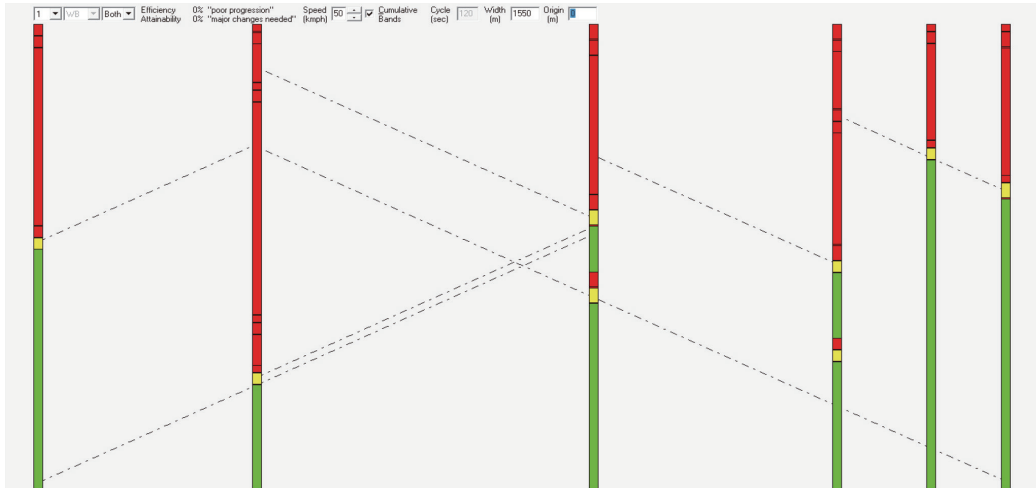


圖 5 東門路段現況時制之綠燈帶寬圖 (TRANSYT-7F)

透過 TRANSYT-7F 內的遺傳演算法將預設號誌進行最佳化，設定演算法允許搜尋改變其預設號誌設計的週期、時差、綠燈時間及各時相放行方向。演算結果，最佳化後的週期為 130 秒，且各主要路口號誌時相放行方向如表 3 所示。

在 TRANSYT-7F 中所顯示的路網績效結果為：總延滯時間 200 veh-hr/hr、總停等車輛數為 9465 veh/hr，平均系統車速為 17.9 km/hr，圖 6 顯示其最佳化後的號誌所產生的綠燈帶寬。

相較預設的號誌設定，TRANSYT-7F 最佳化後的號誌在總延遲時間部份改善了 32.89%、總停等車輛數降低了 14.08%，而平均系統車速則提高 32.59%，顯示其最佳化的號誌可以使東門路段整體車流更加順暢。

(2) Synchro 實驗結果

在觀察 Synchro 運行的實驗裡，首先將相同的表 2 預設號誌改由 Synchro 來運行模擬交通運行情況，得

表 3 TRANSYT-7F 最佳化路口號誌計畫

路口 #	週期 (s)	時差 (秒)	Phase 1			Phase 2			Phase 3			Phase 4		
			綠燈	黃燈	全紅	綠燈	黃燈	全紅	綠燈	黃燈	全紅	綠燈	黃燈	全紅
102	120	13	68	3	3	50	3	3						
			↑	↓		←	→	↔						
			→	←		↔	↑	↓						
			↓	↑		↔	←	→						
103	120	9	33	3	2	7	3	2	64	3	2	6	3	2
			→	←		↑			↔	↓	↔	↔	↓	↔
			↓	↑					↔	←	↔	↔	←	↔
104	120	0	63	4	4	12	4	4	31	4	4			
			↑	↓					↔	↓	↔			
			→	←					↔	←	↔			
			↓	↑					↔	↑	↔			
105	120	0	36	3	3	10	3	4	53	3	3	6	3	4
			↑	↓					↔	↓	↔	↔	↓	↔
			→	←					↔	←	↔	↔	←	↔
			↓	↑					↔	↑	↔			
106	120	4	79	3	2	41	3	2						
			↑	↓		↔		↔						
			→	←										
107	120	14	102	4	2	16	4	2						
			↑	↓		↔		↔						
			→	←										

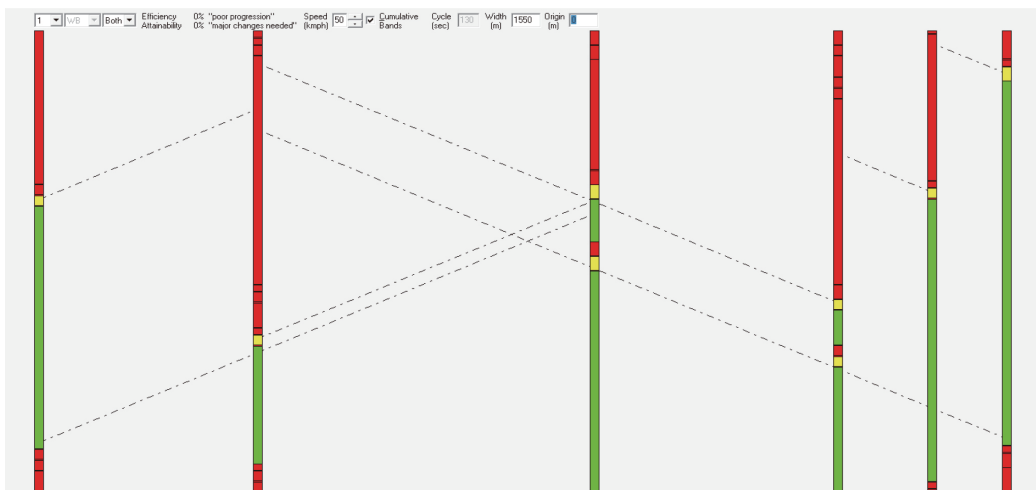


圖 6 最佳化東門路段之綠燈帶寬圖 (TRANSYT-7F)

到總路網延滯時間為 200 veh-hr/hr，總停等車輛數為 9591veh/hr，路段平均車速為 13 km/hr；圖 7 顯示東門路號誌現況的綠燈帶寬。

接著進行 Synchro 最佳化設計，以手動方式，將號誌週期設置在 80 至 150 之間，選取總延滯最小為目標，計算出最佳時制計畫，結果得到最佳化週期為 100 秒，時差與時比數據列如表 4。

表 4 Synchro 最佳化各路口號誌計畫

路口 #	週期 (s)	時差 (秒)	Phase 1			Phase 2			Phase 3			Phase 4		
			綠燈	黃燈	全紅	綠燈	黃燈	全紅	綠燈	黃燈	全紅	綠燈	黃燈	全紅
102	100	56	58	3	3	30	3	3						
			↑	↓	↔	↔	↔							
103	100	0	40	3	2	5	3	2	27	3	2	8	3	2
			→	←	↕	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
104	100	40	54	4	4	5	4	4	17	4	4			
			↑	↓	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔			
105	100	0	43	3	3	1	3	4	26	3	3	4	3	4
			↑	↓	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
106	100	46	66	3	2	24	3	2			↔	↔	↔	
			↑	↓	↔	↔	↔							
107	100	54	60	4	2	28	4	2						
			↑	↓	↔	↔	↔							

在 Synchro 中，根據最佳化的號誌結果，所模擬的道路績效為：總路網延滯時間為 94 veh-hr/hr，總停等車輛數為 8110 veh/hr，路段平均車速為 23 km/hr；圖 8 顯示運用 Synchro 進行號誌最佳化結果後的綠燈帶寬。

比較 Synchro 最佳化前後的道路績效可得到，透過 Synchro 最佳化設定之後，總延滯改善了 53%、總停等車輛次數降低了 15.44%，而平均系統車速則提高了 76.92%，表示號誌最佳化後可以提升道路的服務水準與品質。

結果分析與比較

號誌軟體最佳化的過程可藉由週期、時比以及時差的調整來得到該情境最佳的號誌時制計畫。由以上實驗可觀察到，東門路道路運行績效在兩組最佳化時制計畫中均能獲改善。然而兩者最佳化結果在週期方面的表現有明顯差異：比起原本設置的號誌數據，TRANSYT-7F 延長了週期時間供車輛運行，相反的 Synchro 則以減少號誌週期的方式，以求車輛延滯縮短。

然而，兩軟體在交通模擬的運作基礎方式是不一致的，為了客觀比較兩組最佳號誌的情況，本文進一步將各組號誌時制計畫（現況、TRANSYT-7F 最佳化號誌、Synchro 最佳化號誌）透過 DynaTAIWAN 平台，統一進行交通模擬，來觀察分析差異。經過實驗，

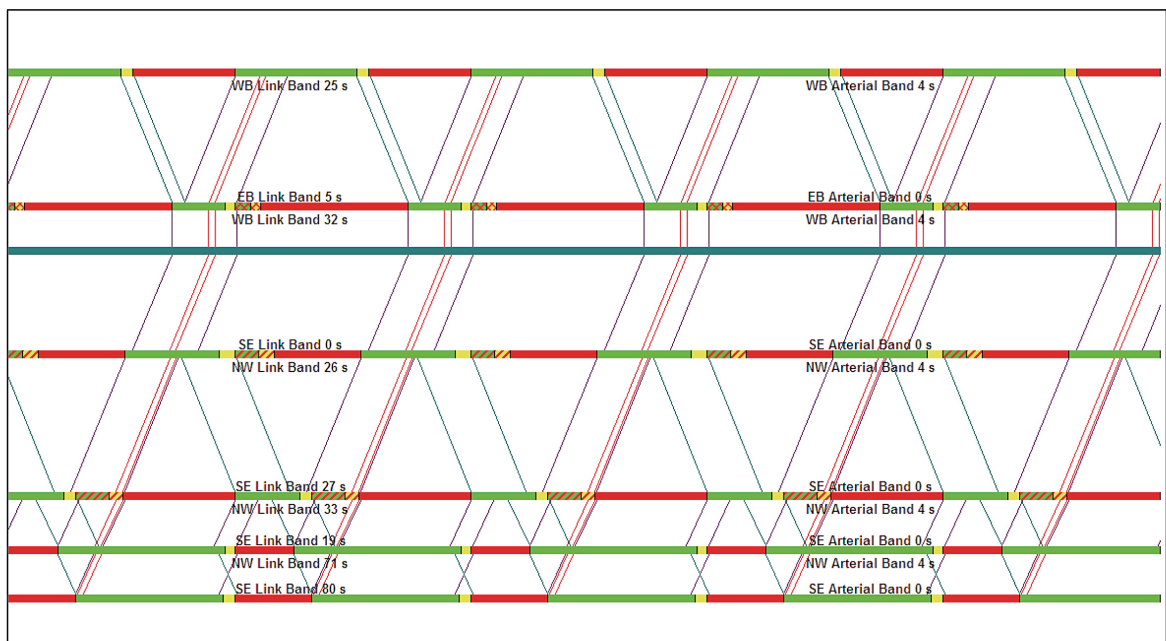


圖 7 東門路段現況時制之綠燈帶寬圖 (Synchro)

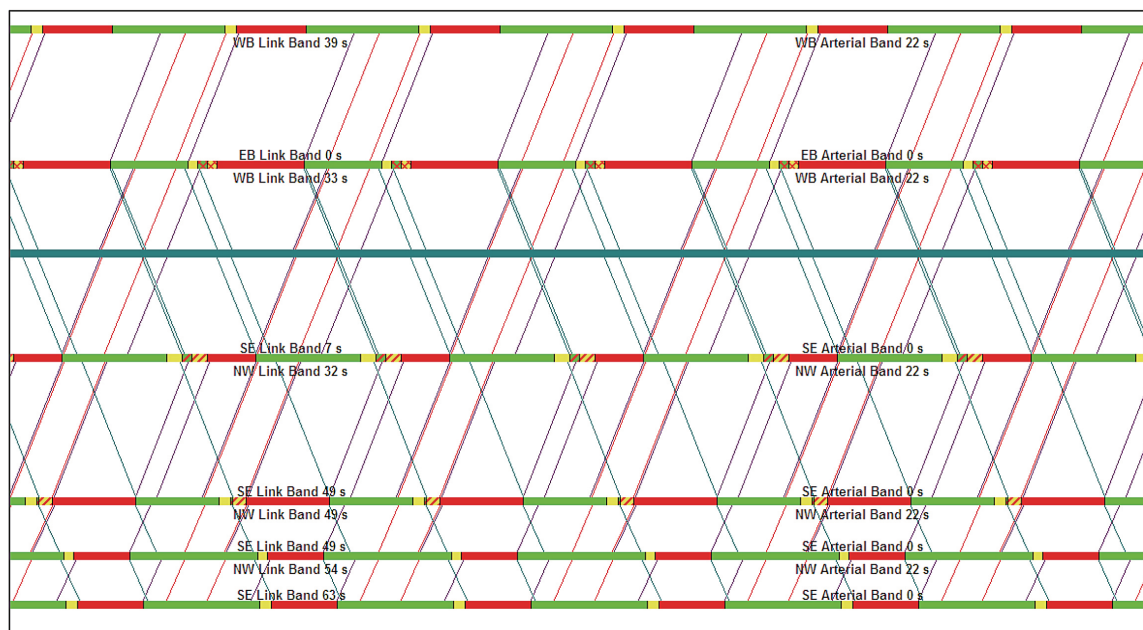


圖 8 最佳化東門路段之綠燈帶寬圖 (Synchro)

三種號誌情境的車流運行績效為：(1) 原本情況（需求為 6,400 部車）的週期為 120 秒、總旅行時間為 24,630 分鐘、總停等延滯為 15,951 分鐘；(2) TRANSYT-7F 最佳化時制計畫的週期為 130 秒、總旅行時間績效為 15,456 分鐘 / 車、總停等延滯為 10,156 分鐘；(3) Synchro 最佳化時制計畫的週期為 100 秒、總旅行時間績效為 23,879 分鐘 / 車、總停等延滯為 13,521 分鐘。相關的結果數據列如表 5。

在經過號誌軟體最佳化後，從不同績效都可觀察到對於台南市東門路幹道績效的改善，其中以 TRANSYT-7F 所改善的成果較 Synchro 為佳，其中又以平均車速的改善結果更為明顯。

表 5 現況與最佳化後績效比較

		週期 (sec)	總旅行時間 (min)
現況		120	24,630
TRANSYT-7F	最佳化	130	15,456
	改善率 (%)	-	37.25
Synchro	最佳化	100	23,879
	改善率 (%)	-	3.05
		總停等時間 (min)	平均車速 (km/hr)
現況		15,951	12.25
TRANSYT-7F	最佳化	10,156	19.52
	改善率 (%)	36.23	59.35
Synchro	最佳化	13,521	12.58
	改善率 (%)	15.23	2.69

結論與建議

本研究針對台南市東門路主要號誌路口做時誌重整，以改善現有交通的效率，提供用路人更好的服務水準與減少旅行時間。主要應用虛擬交控中心的 VD 流量資料，配合轉向比獲得各方向流量，作為號誌最佳化軟體進行連鎖設計的分析使用，並進一步透過交通模擬方式來觀察號誌控制策略的效果。經過兩號誌軟體所模擬的東門路現況，可觀察到原有路況行駛效率不佳，與實際現況一致，可作為進行號誌重整改善的比較基礎。透過號誌軟體的原理了解以及設計結果的比較，可以觀察到 TRANSYT-7F 與 Synchro 兩者號誌策略的差異。其中，對於號誌週期的最佳化處理有明顯差異，TRANSYT-7F 係將原有號誌週期延長，以供車輛運行；Synchro 則減少號誌週期，以求車輛延滯時間可以縮短。經過 TRANSYT-7F 與 Synchro 最佳化設計後，均可有效改善東門路路段之擁擠情形，且以 TRANSYT-7F 改善的效果最佳。

未來研究方面，建議可擴大幹道影響分析範圍，考慮觸動號誌之設置以及機車的延滯的差異影響。然而目前常用的商用號誌軟體對於機車延滯或國內混合車流對車輛續進影響的考慮仍有待加強，因此若欲將此結果運用至實務上，需進一步考慮國內特有的交通特性，以符合實際車流運行情況。

參考文獻

- Liu Y and Chang GL (2011), "An Arterial Signal Optimization Model for Intersections Experiencing Queue Spillback and Lane Blockage, Transportation Research Part C-Emerging Technologies, Vol. 19 (1), pp. 130-144.
- Day CM, Haseman R, Premachandra H, et al., (2010), "Evaluation of Arterial Signal Coordination Methodologies for Visualizing High-Resolution Event Data and Measuring Travel Time, Transportation Research Record, No. 2192 (1), pp. 37-49.
- Day CM and Emtenan AMT (2019), "Impact of Phase Sequence on Cycle Length Resonance, Transportation Research Record, Vol. 2673(11), pp. 398-408.
- Mulandi J, Stevanovic A, and Martin PT (2010), "Cross-Evaluation of Signal Timing Optimized by Various Traffic Simulation and Signal Optimization Tools, Transportation Research Record, No. 2192 (1), pp. 147-155.
- 胡大瀛、黃秀雲、許義宏、吳東祐 (2010), 都市路網號誌連鎖策略改進之研究, 運輸計劃季刊, 第 39 卷第 3 期, 第 323-358 頁。
- Leonard JD and Rodegerdts LA (1998), "Comparison of Alternate Signal Timing Policies." Journal of Transportation Engineering-ASCE, Vol. 124(6), pp. 510-520.
- Park BB, Roupail NM, Hochanadel JP, et al., (2001), "Evaluating Reliability of TRANSYT-7F Optimization Schemes." Journal of Transportation Engineering -ASCE, Vol. 127 (4), pp. 319-326.
- Ratrouf NT and Olba MAA (2009), "Adequacy of TRANSYT-7F and Synchro Models Along a Major Arterial in Saudi Arabia." Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 36(1), pp. 95-102.
- Hunter M, Guin A, Anderson J, and Park SJ (2019), "Operating Performance of Diverging Diamond Interchanges." Transportation Research Record, Vol. 2673(11), pp. 801-812.
- Khan T and Anderson M (2016), "Evaluating the Application of Diverging Diamond Interchange in Athens." Alabama, International Journal for Traffic & Transport Engineering, Vol. 6(1), pp. 38-50.
- Raessler A and Yang J (2017), "Derivation of Decision Boundaries for Left Turn Treatments at Signalized Intersections." Transportation Research Record, No. 2620(1), pp.1-9.
- Adamson M, Schultz GG, Saito M, and Stevens MD (2020), "Developing Decision Boundaries for Left-Turn Treatments." Transportation Research Record, No. 267(5), pp. 315-326.
- 胡大瀛、陳麗雯、陳一昌、蔣敏玲 (2004), 智慧型運輸系統下核心交通分析與預測系統 - DynaTAIWAN 系統之發展與建立, 中華民國運輸學會第十九屆論文研討會論文集, 長榮大學, 台南, 2004 年 11 月。
- 胡大瀛、陳麗雯 (2008), DynaTAIWAN 模式之發展與應用, 土木水利, 第 35 卷第 6 期, 第 94-103 頁。
- Hu TY, Tong CC, Liao TY, and Chen LW (2018), "Dynamic Route Choice Behaviour and Simulation-Based Dynamic Traffic Assignment Model for Mixed Traffic Flows." KSCE Journal of Civil Engineerin. Vol. 22, pp. 813-822.
- Liao TY, Hu TY, Chen LW, and Ho WM (2010), "Development and Empirical Study of Real-Time Simulation-based Dynamic Traffic Assignment Model." Journal of Transportation Engineering- ASCE, Vol. 136(11), pp. 1008-1020.
- 何志宏 (2004), SYNCHRO 時制分析軟體之教學與應用, 九十三年度交通工程人才培訓課程。

UG 聯合大地工程顧問股份有限公司 UNITED GEOTECH, INC.

台北市內湖區瑞光路583巷21號5樓
TEL : +886-2-27985198 · FAX : +886-2-26580958
E-Mail : services@mail.ugi.com.tw

• 大地工程之調查規劃設計與監造
Geotechnical Engineering

• 隧道設計、監造與檢測補強
Design · Construction Supervision &
Rehabilitation of Tunnels

• 工程地質與工址調查、地球物理探測
Engineering Geology · Site Investigation &
Geophysical Prospecting

• 水利水保工程之規劃設計與監造
Hydraulic Engineering · Soil & Water Conservation

• 土木運輸工程之規劃設計與監造
Transportation Engineering

• 專案管理
Project Management



中國土木水利工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

歡迎加入學會

一個凝聚產官學土木專業知識的團體
一個土木人務必加入的專業學術團體
一個國際土木組織最認同的代表團體
一個最具歷史且正轉型蛻變中的團體



http://www.ciche.org.tw
下載入會申請表

電話：(02) 2392-6325
傳真：(02) 2396-4260

e-mail: service@ciche.org.tw