

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 營建時程延遲分析方法之評估與建立(I) 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 95-2221-E-216-048-  
執行期間：95年08月01日至96年07月31日  
執行單位：中華大學營建管理研究所

計畫主持人：楊智斌

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理：高志魁  
碩士班研究生-兼任助理：李怡瑤、楊奇政

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96年10月01日



# 營建時程延遲分析方法之評估與建立(I)

## 摘要

時程延遲經常在營建工程專案中出現，而致使有關延遲的履約爭議日益增加。在解決延遲的履約爭議時，經常無法獲得使契約雙方滿意的結果，究其原因，除了延遲的責任歸屬不易確認外，另外一主要原因乃是延遲分析之計算結果無法令雙方滿意。國外學者已有提出數種時程延遲分析的計算模式，但多數僅止於分析的流程，並沒有可搭配於現有排程軟體的工具可供使用，在國內應用時更經常因部分施工紀錄資訊無法取得而不能使用，若能建構國內適用的分析方法，進而開發可搭配使用的工具，將可協助解決國內營建專案面臨時程延遲分析所遭遇的問題。因此本研究針對目前國、內外已發表之遲延計算方法，分析其方法之執行流程、計算邏輯與所需基本資料等內容，並透過建立一可適用於國內之時程遲延計算方法及建構延遲分析輔助系統，以供營建專案時程延遲分析時使用。

本研究主要以 But-for 崩塌竣工時程分析技術為基礎進行理論推導，確認此延遲分析技術計算邏輯之問題與完整性，之後提出修正之計算邏輯，使 But-for 延遲分析技術更為完整。另外，本研究以改良之後退式 But-for 崩塌竣工時程分析技術為基礎，運用 DFD 及 IDEF0 等系統分析的方法，分析並設計延遲分析輔助系統之系統流程，同時使用排程軟體 Microsoft Project 結合 VBA (Visual Basic for Application) 視窗程式開發工具，建立一套延遲分析輔助系統。此延遲分析輔助系統主要係針對時程人員所開發，設計簡易操作介面，主要功能為計算專案延遲天數雙方應負責之天數，其計算所得之結果可提供使用者在發生延遲糾紛時作為判斷之參考。

## 一、前言

隨著國內、外大型工程建設專案計畫的推動，工程時程規劃、控制及管理日常工作日益重要。但在重大工程建設中，則經常因為營建工程專案的特性(包括：施工時間冗長、工程施工條件迥異等等)，而導致工期發生延遲的狀況屢見不鮮。由於國內時程延遲分析技術尚不普遍，同時國內實務界鮮少對於發生時程延遲之原因、實際責任歸屬及影響工程延遲天數進行有系統之分析，並進而成為制式之作法，因此在延遲責任歸屬判定常導致各方單位發生爭執。國外的學術研究以及仲裁庭均已使用延遲分析技術來進行時程延遲計算，但是這些理論模式複雜且不易理解，同時在計算流程上步驟繁瑣，經常需要借重專業之時程人員並耗費許多時間才得以解決，以致於時程延遲分析技術的應用受到限縮。

目前國內工程若發生時程延遲爭議時，多以工程調解、仲裁或訴訟之方式處理，然對於延遲效果的實質認定方式則仍未有制式可被接受的處理方法，一般處理的原則多半以超出契約期限之延遲天數為基準，給予補償或依據逾期天數計算逾期罰款等相關措施，其效果經常受到爭議雙方之質疑，且需要耗費相當多的人力、物力進行分析計算。因此，若能建置一延遲資訊系統，在發生工程延遲爭議時，便能提供快速、客觀且準確之延遲責任分析結果，同時減少計算時間及省去繁雜的計算流程，將有助於國內時程延遲分析技術應用之提升。

## 二、計畫目的

本計畫針對營建工程之延遲計算方法進行詳盡之分析，期望協助解決國內時程延遲分析所遭遇的困難，主要目的可歸納為下列數點：

- (一) 分析、彙整國、內外各種延遲計算方法之優、缺點
- (二) 建立或提出國內適用之延遲計算方法
- (三) 開發適用於國內之延遲分析輔助系統
- (四) 透過實際個案之操作，驗證延遲分析輔助系統之可用性，並做為其他個案使用時之參考

### 三、文獻回顧

#### (一) 國內外相關研究

##### 1. 國內相關研究

國內對於延遲分析的研究與國外相對而言較為少見，在官方較具參考、使用價值者以行政院公共工程委員會所發行之「公有建築物作業手冊」[1]為主，而在其「工期展延認定」的內容中指出：目前時程展延之計算方法眾多且「各種方法或浮時擁有權認定於實務應用上仍有些許困難」，僅建議應採用如圖 1 之處理流程及部分處理原則，但對於多變的時程延遲狀況然有不足之處，因此如何確立可被接受之方法並為其建立詳細之步驟，對於學術及實務皆有深入研究之必要性。

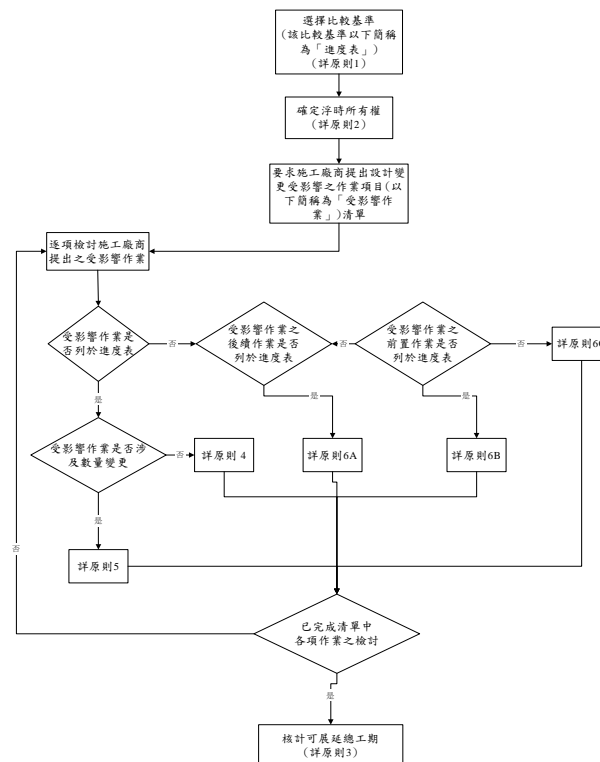


圖 1、辦理工期展延認定流程圖[1]

在學術研究中，則有鄭明龍[2]以法律的觀點探討國內工程之工程延遲浮時所有權、與共同延遲外，並對各種時程的分析方法亦逐一探討，提出一簡略的程序供工程界相關人員瞭解分析法的本意與利用，並建議「結合分析方法的優點」及「利用資訊技術」，此即為本研究之研究核心與重點。另外，楊智斌與尹碧娟[3,4] 針對國外各式的時程延遲分析技術，分析常見五種時程延遲分析技術之作業概念及應用程序(如圖 2 所示)，尹碧娟[5]更進一步以 MS-Project 說明各式分析方法之操作程序，此亦為本研究擬執行的模式：應用時程延遲分析技術結合專案時程管理之工具，輔以實際案例之驗證，來大幅提升延遲分析技術之應用成效。

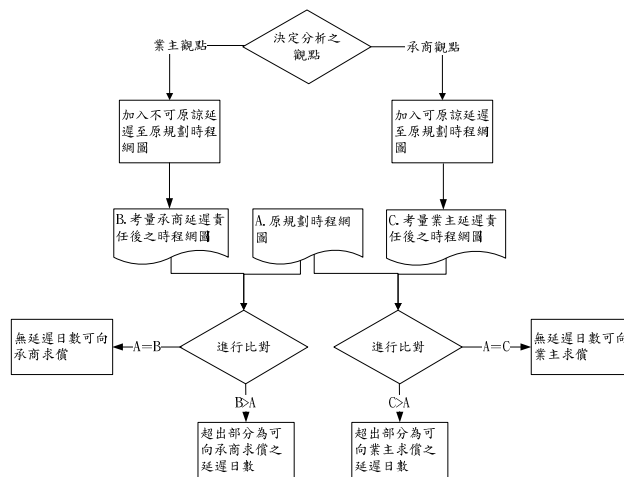


圖 2、原規劃時程擴展分析技術分析流程圖[5]

## 2. 國外相關研究

在國外有關時程延遲分析的研究中，Reams(1989)、Zafar(1996)以及 Bordoli(1998)等學者先後針對時程延遲分析的步驟，提出其看法，整理如表 1 所示：

表 1、時程延遲分析步驟整理表[6,7,8]

學者	時程延遲分析步驟
Reams(1989)	Step 1: isolate in time when each alleged delay, impact, or acceleration directive occurred Step 2: select the earliest occurring delay Step 3: determine how previous delays and impacts have affected the delay under analysis Step 4: determine the type of the alleged delay Step 5: perform a schedule analysis Step 6: interpret the results Step 7: if warranted from Step 6, allocate time and sum adjustments Step 8: update the schedule Step 9: repeat Step3 through 8 for each alleged delay or acceleration directive
Zafar(1996)	Step 1: review the bid documents and base-line schedule Step 2: analyze the scheduling updated Step 3: make a site visit Step 4: review correspondence, memos to file, and photographs Step 5: review the request for information (RFI) file Step 6: review the change order files Step 7: review the project progress meeting minutes Step 8: review the superintendent's daily report and quality control report Step 9: interview field personnel Step 10: review the pay request/pay report Step 11: prepare an as-built schedule
Bordoli(1998)	Step 1: prepare as-planned network and classification of delays Step 2: identify first delaying event Step 3: identify progress at delay data Step 4: update the network Step 5: simulate the first relevant event Step 6: consider mitigating action Step 7: consider subsequent relevant events Step 8: consider the effect of omissions Step 9: make a conclusion and reassess if necessary Step 10: collate and present results

此外，其他學者如 Alkass et al.[9], Alkass et al.[10] 及 Shi[11]等則提出如 Global impact technique、Net impact technique、Adjusted as-built CPM technique、As-planned expanded or What-if technique、As-built collapsing or But-for technique、Snapshot technique、Time impact technique、Modified as-built method、Windows technique、Isolated delay type 等方法。

### 3. 小結

綜合前面之初步分析後發現，國外對於延遲分析方法及執行方式已建立相當不錯之基礎，但國內對於延遲分析方法的探討則略顯不足，尤其是延遲分析方法的適用性探討，是否所有的分析方法皆可適用，甚或哪一種方法才是目前國內工程現況最合適之方法，實有進一步研究之必要。根據本研究先前的分析指出，國內並無一套制式可接受的方法，實務上大多數利用大家熟知的要徑法(CPM)，輔以有經驗者的經驗法則，逐事件慢慢解析。此外，目前大多數的研究大多僅於流程及程序之描述，少有資訊系統之輔助，因此建構實用之輔助資訊系統，除可輔助決定真正適用之方法外，更可使真正需要使用者易於使用並計算出正確、合理及可接受的結果。

#### (二) 工程時程延遲分析技術

本研究以尹碧娟[5]所分析之總體影響技術(Global Impact Technique)、淨影響技術(Net Impact Technique)、原規劃時程擴展分析技術(As-Planned Expanded Technique)、崩塌竣工時程分析技術(Collapsed As-Built Analysis)、快照分析技術(Snapshot Analysis Technique)、視窗分析技術(Window Analysis Technique)及獨立延遲形式技術(Isolated Delay Type)等七種國外常用之延遲分析技術為基礎以及之後提出之獨立式崩塌竣工延遲分析技術(Isolated Collapsed As-Built Delay Analysis)，共八種延遲分析技術，分析其分析方法之概念與優缺點，整理如表 2 所示[2,5,10,12]。

表 2、延遲分析方法比較表

技術名稱	基本概念	優點	缺點
總體影響技術	以桿狀圖呈現時程資訊，以原規劃時程為基礎，比較原規劃與竣工時程，找出每一個延遲事件的開始及結束時間點及其延遲工期；再將這些個別延遲工期加總為總延遲工期。	簡易計算	1.無法區別延遲事件的責任歸屬。 2.未考慮共同延遲。 3.計算過於簡化，無法區別延遲類型。 4.無法反映真實及即時修正進度之變化。 5.不被工程爭議的仲裁法庭所接受。
淨影響技術	將所有延遲、銜接時間、變更設計及停工指示都標記在竣工時程表之上，遇有作業發生延遲重疊時間，只計算一次，避免延遲時間重複計算，以計算出所有延遲的淨影響結果。	與總體影響技術分析相較，此方法以淨延遲時間解釋延遲對於專案整體工期之影響，對雙方而言較為合理。	1.雖考量共同延遲之影響，但只做到了不重複計算時間，並無真正將共同延遲責任多寡作為區分。 2.過於簡化，無法細察延遲類型及責任區別。 3.無法完全反映工程過程之真實性及即時修正進度變化。 4.不被仲裁法庭所接受。
原規劃時程擴展分析技術	以原規劃時程網圖為基礎，並考慮雙方觀點，將對方延遲責任加入後所形成的工期與原規劃完工工期進行比對，而比對後所計算出的工期差異即為對方應負責之延遲工期。	區別延遲責任，對於雙方的解釋效果較簡單，能夠輕易且重點式的提出對方責任延遲。	1.若原規劃進度基線排程有邏輯上缺點，在分析操作上會較複雜。 2.無法分析共同延遲及釐清作業連續及累計性延遲。
崩塌竣工時程分析技術	由於實際竣工時程可透過施工日報表、會議記錄及雙方往來文件中建立，因此分析實際竣工時程遠比分析原規劃時程或重建後授權用時程容易印證其真實性。此一分析方法是以前述竣工時程為分析基礎，故在國外最常被為仲裁工程爭議法庭採用。且崩塌竣工時程分析技術分析結果易於讓雙方辨識、接受，因此普遍成了索賠的工具[13]。	大幅降低雙方對時程準確性之疑慮	1.無法分析共同延遲及釐清作業連續與累計性延遲。 2.需要業主與承包商詳細記錄發生原因與影響工期之因素，並於建立排程前需共同認定歸咎延遲原因與計算方式以作為排定後比對之依據。 3.必須確認網圖中所有的作業其邏輯前後關係是正確的，如雙方認定邏輯前後關係不一致，則會有爭議產生。 4.無法於施工過程中作為選擇要徑及資源分配之參考工具。
快照分析技術	片段實際發生工期紀錄所造成之延遲，依雙方責任比例分擔，直至分析到實際竣工時程，雙方依責任所累計之延遲日數即為對方求償日數。	此分析技術為一系統化且客觀性的方法，可分析出片段時間發生之共同延遲、連續性延遲及累積性延遲對專案整體工期之影響。	1.準確度因使用快照數目而定，若簡化快照次數則爭議相對較大。 2.分析前需確認可原諒不可補償之歸責計算方式，依據比例計算延遲責任分擔之結果是否等同於主要影響階段性之延遲結果，還待商榷。

技術名稱	基本概念	優點	缺點
視窗分析技術	視窗分析技術類似於快照分析技術，相似處在於將專案分成數個片段以不同時間點檢視延遲或延遲事件之影響效果；但快照分析技術分析焦點在延遲或延遲事件所「涵蓋的時期」，而本視窗分析技術將分析焦點專注於延遲或延遲事件之「本身」。其作業概念為：「個別重大延遲事件其造成專案延遲之影響日數，依雙方責任比例分擔，直至分析到實際竣工時程，雙方依責任所累計之延遲日數即為對方求償日數。」	1. 可於施工過程中任何時間點作分析，在分析過程中可分析出連續性、累積性延遲。 2. 可檢視後續施工作業之進度及邏輯關係，以此判定後續作業如何追趕先前已發生之延遲，為非常客觀及機動性的方法。	1. 無法衡量「共同延遲」之後續影響。 2. 方法過程相當耗時且需要投入大量人力作延遲分析導致分析成本昂貴。 3. 分析前雙方必須需確認可原諒不可補償之歸責計算方式。 4. 需要經常性的更新專案進度，於人力資源上必須有專門的排程人力資源，以便隨時加入變更工項工期，而原規劃要徑移轉，需考量其他的作業影響及資源配合，使其影響專案完成時間遞延結果一併列明，因此作業程序相當繁複。
獨立延遲形式技術	是同時掌控延遲發生的分類、共同延遲以及即時要徑分析這三項時程管控延遲的重點，其作業概念為「以雙方責任區分，將對方之責任延遲事件分段分析出對總體工程之影響，直至分析到實際竣工時程，雙方依責任所累計之延遲日數即為對方求償日數。」	1. 此分析技術掌控延遲發生的分類、共同延遲以及即時要徑分析這三項時程管控延遲的重點 2. 在任一時段分析延遲，並考量因作業變動產生浮時可由雙方共用。	1. 方法花費時間、人力及成本僅次於視窗分析技術，但如果因想減少作業量而將簡化分析分段，則本技術的準確度相對降低。 2. 責任比例分攤必須依據進行分析前細分延遲類型，延遲類型中可原諒不可補償之延遲分擔責任之爭議較大，故必須於分析前雙方需確認可原諒不可補償之歸責計算方式。 3. 經常性的更新專案進度，於人力資源上必須有專攻排程人力資源，隨時加入變更工項工期，易使原規劃要徑移轉，需考量其他的作業影響及資源配合，使其影響完工時間遞延結果一併列明，但作業程序相當繁複。
獨立式崩塌竣工延遲分析技術	此延遲分析技術作業概念為：「以雙方責任區分，將對方之責任延遲事件分段還原出對總體工程之影響，直至還原到原規劃時程完工時間，雙方依分段責任所累計之延遲日數即為對方求償日數。」	1. 以雙方觀點作分析，釐清該階段時間雙方發生延遲，個別對整體專案工期之影響。 2. 分段分析，可分析出連續性、累積性及共同延遲之影響。 3. 此分析技術使用實際竣工時程做為分析基礎，可避免原規劃時程作業漏項、無法與竣工時程比對分析之困擾。 4. 考量因作業變動產生浮時可由雙方共用。	1. 無法做為即時性分析工具。 2. 訂定比較基準時間過程複雜，需由專業時程排程技術人員操作。 3. 計算過程方法耗時，但分析時間較視窗分析技術縮短，重建基礎分析排程較獨立形式延遲分析技術容易。

### (三) 資料流程分析方法

為正確、清楚且詳盡的描述時程延遲資訊的資料流以及系統的輸入、輸出、限制以及參與或執行者等資訊，本研究採用系統化的分析工具，以提高分析結果之正確可信度。

#### 1. 資料流程圖(Data Flow Diagram)

資料流程圖為描述傳遞的資料，利用箭線進行連接，用以表示資料流動的方向。一個資料流程圖可清楚說明資料流程、外部實體來源和終點，以及資料庫中間過程的邏輯關係，因此程式開發者可藉由資料流程圖了解資料的流動方向與變化情形[14,15]。主要包含四個部份[14]：

- 1). 外部實體(External Entities)：係指外面的系統，供應資料到系統中或使用系統的輸出資料。
- 2). 程序(Processes)：顯示系統運作。每個過程均有一個或多個資料輸入和產生一個或多個資料輸出。
- 3). 資料庫(Data Stores)：係指資料的儲存，包含資料在系統中被保存。程序可以把資料輸入一個資料庫中或從資料庫取回資料。
- 4). 資料流(Data Flow)：為系統中的資料流動模型。流動資料透過箭線與系統組件表現出來。流動在系統中的資料可以發生於：

A. 在兩個過程間；

- B. 一個資料庫到一個程序；
- C. 一個程序到一個資料庫；
- D. 一個來源到一個過程；
- E. 一個過程到一個儲存區。

一般在資料流程圖繪製中，常用的圖形符號如圖 3 所示：

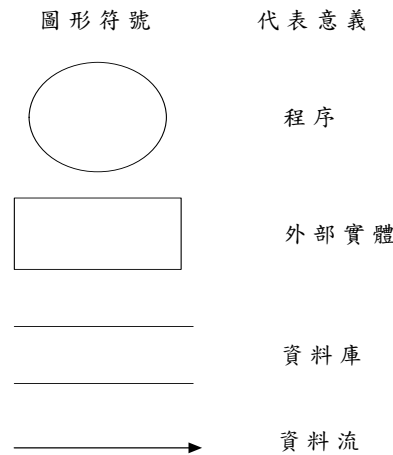


圖 3、資料流程圖圖形符號圖

## 2. IDEFØ (Integration DEFinition language Ø)系統分析方法

IDEFICAM Definition)方法是在 1970 年時，由美國空軍所研究之 Integrated Computer Aided Manufacturing (ICAM)發展而成，為一種系統分析與設計之方法。IDEF 發展至今，已被廣泛應用於各種工商產業流程的描述與分析，同時已有多種針對各種功能開發完成。IDEF 方法族群如表 3 所示[14,16]：

表 3、IDEF 族群表

方法	功能	介紹
IDEFØ	Function Model	企業各項作業之輸入功能目標控制及運用與描述。為功能性模組
IDEF1	Information Model	企業各項作業資訊之描述分析與設計。為資訊性模組
IDEF1X	Data Modeling	企業各項作業資訊之描述分析與設計。為資料性模組
IDEF2	Dynamics Model	企業各項作業之模擬分析。為模擬性模組
IDEF3	Process Description Capture	企業各項作業之流程描述。為流程描述模組
IDEF4	Object-oriented Design	物件導向分析之設計模組
IDEF5	Ontology Capture Method	實體描述模組
IDEF6	Design Rationale Capture	設計關聯性建立之模組
IDEF7	Information System Audit Method	資訊系統審核之模組
IDEF8	User Information Modeling	使用者介面之模組
IDEF9	Scenario-driven Information Design Spec	劇本導向資訊系統設計之模組
IDEF10	Implementation Architecture Modeling	執行階層之模組
IDEF11	Information Artifact Modeling	資訊人工化之模組
IDEF12	Organization Modeling	組織之模組
IDEF13	Three Schema Mapping Design	樹狀概念圖之設計模組
IDEF14	Network Design	網路設計之模組

資料來源：[14,16]

IDEFØ 由 Douglas T. Ross and SofTech, Inc 所開發，為 IDEF 系列之一。以新系統而言，IDEFØ 可以先定義要求和功能，然後完成符合設計要求和能夠執行作用的功能。藉由圖形的表達方式，清楚完整的呈現系統的輸入、輸出、執行限制、執行者等資訊，且在圖形中以文字輔助說明需求。因此 IDEFØ 目前已成為國際間表示流程之通用規格，可用於描述各



式企業流程[16]。

IDEF0 透過結構化的圖形表達方式，清楚的表達系統複雜流程中的物件與資訊，使用方框表示該執行功能，在方框上下左右分別使用箭線與文字表達執行限制(Control)、機制執行者角色(Mechanism)、輸入(Input)及輸出(Output)，其 IDEF0 圖形繪製方式如圖 4 IDEF0 示意說明圖。

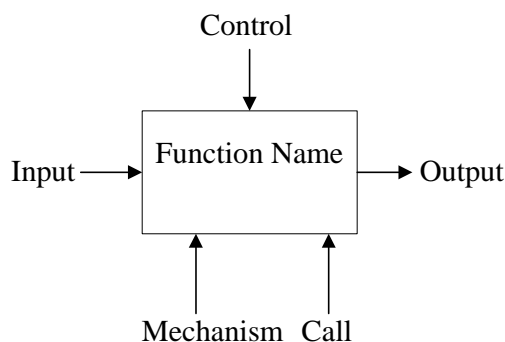


圖 4、IDEF0 示意說明圖

#### 四、延遲分析技術試算與模式建立

崩塌竣工時程分析技術是以實際竣工時程為分析基礎，在國外最常為仲裁工程爭議法庭採用，同時崩塌竣工時程分析技術分析結果易於讓雙方辨識、接受，因此本研究以崩塌竣工時程分析技術作為本研究之系統實作基礎並進行案例計算。

##### (一) 崩塌竣工時程分析技術

崩塌竣工時程分析技術在國內、外的相關文獻中亦被稱為“*But-for Technique*”或是“*Collapsing Technique*”，並有兩種不同的計算流程。第一種，本研究將之定義為「後退式崩塌竣工時程分析技術」，其基本計算流程，首先先判別發生之延遲是否可原諒，之後以業主觀點並以實際竣工時程網圖為基礎，移除不可原諒延遲，得到不包含承包商時程延遲之新網圖，將此網圖與實際竣工時程網圖進行比對，超出實際竣工時程網圖之日數則可向承包商進行求償；反之，以承包商觀點並以實際竣工時程網圖為基礎，移除可原諒延遲，得到不包含業主時程延遲之新網圖，將此網圖與實際竣工時程網圖進行比對，超出實際竣工時程網圖之日數則可向業主進行求償。如圖 5 所表示：

第二種分析流程為「前進式崩塌竣工時程分析技術」是由 Alkass[10]提出，主要是以業主觀點並以原規劃時程網圖為基礎，加入可原諒延遲(ED)到不包含承包商時程延遲之新網圖，將此網圖與實際竣工時程網圖進行比對，超出實際竣工時程網圖之日數則可向承包商進行求償；反之，以承包商觀點並以原規劃時程網圖為基礎，加入不可原諒延遲(NE)，得到不包含業主時程延遲之新網圖，將此網圖與實際竣工時程網圖進行比對，超出實際竣工時程網圖之日數則可向業主進行求償。如圖 6 所示：

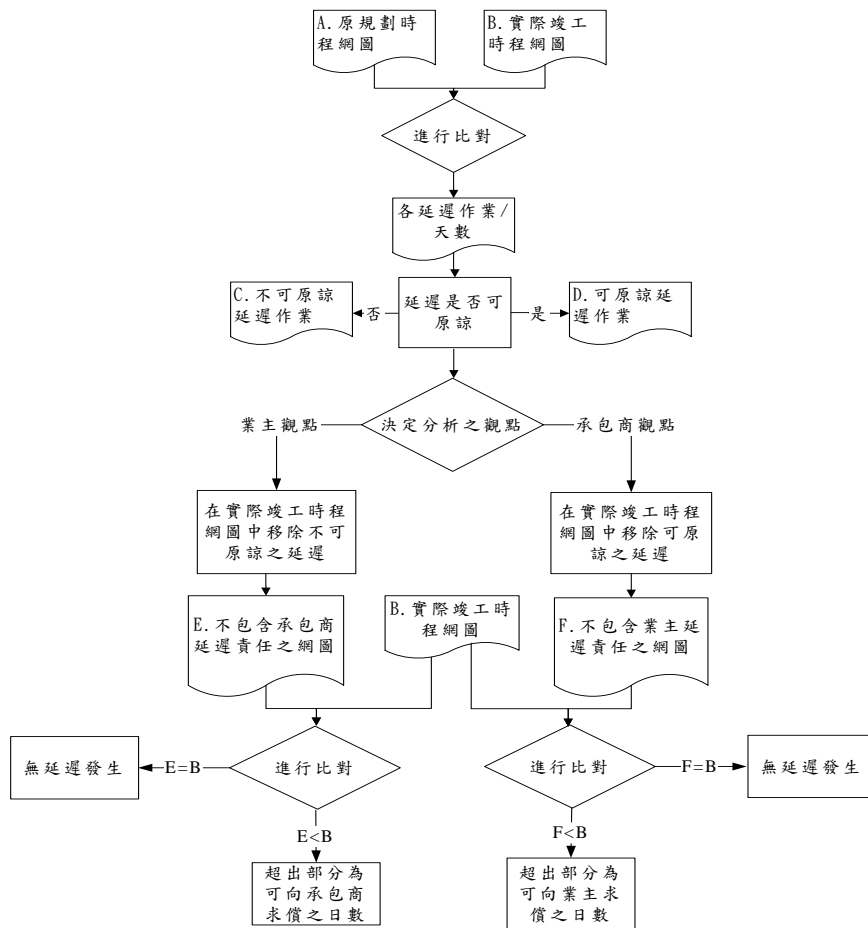


圖 5、後退式崩塌竣工時程分析技術流程圖

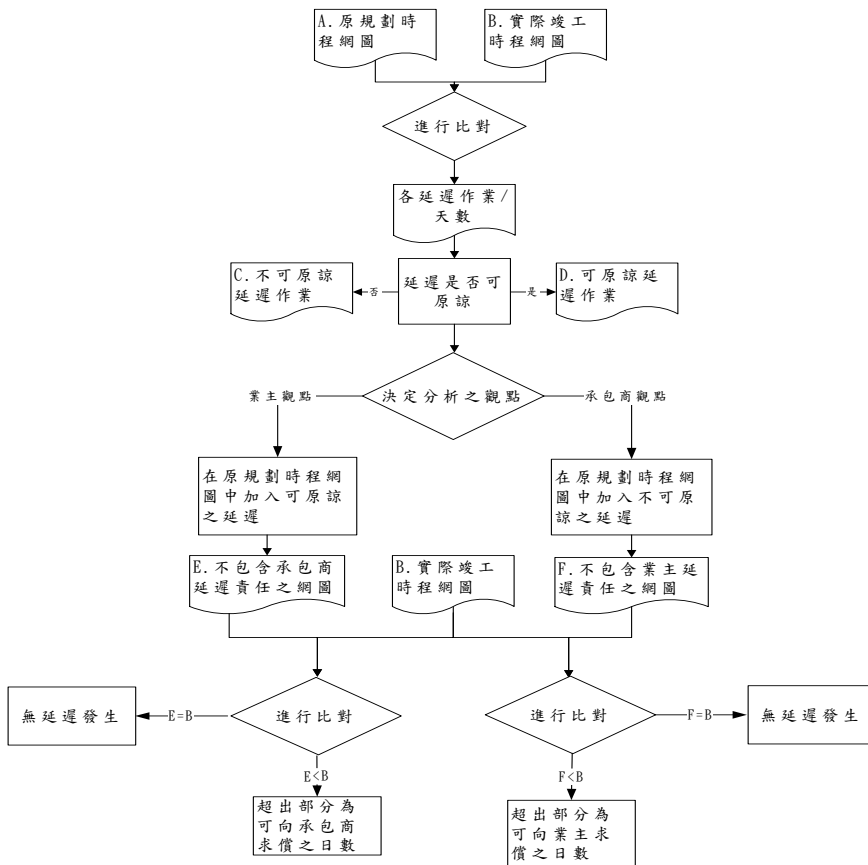


圖 6、前進式崩塌竣工時程分析技術流程圖

## (二) 改良後退式 But-for 延遲分析技術

在原始 But-for 崩塌竣工時程分析技術中，對於可原諒延遲內所包含的可補償延遲與不可補償延遲為合併計算，並無分開單獨計算。但可原諒不可補償這類延遲被視為既不是業主也不是承包商需負責任的，在原 But-for 崩塌竣工時程分析技術中卻只歸為業主必須為此類延遲負責。為提高延遲計算精確度，本研究將可原諒但不可補償延遲與可原諒可補償延遲分開計算，業主與承包商可依據彼此之間合約內之內容，依照比例分配雙方對於此類延遲需要負責之天數，改良後退式 But-For 計算流程如圖 7 所示。

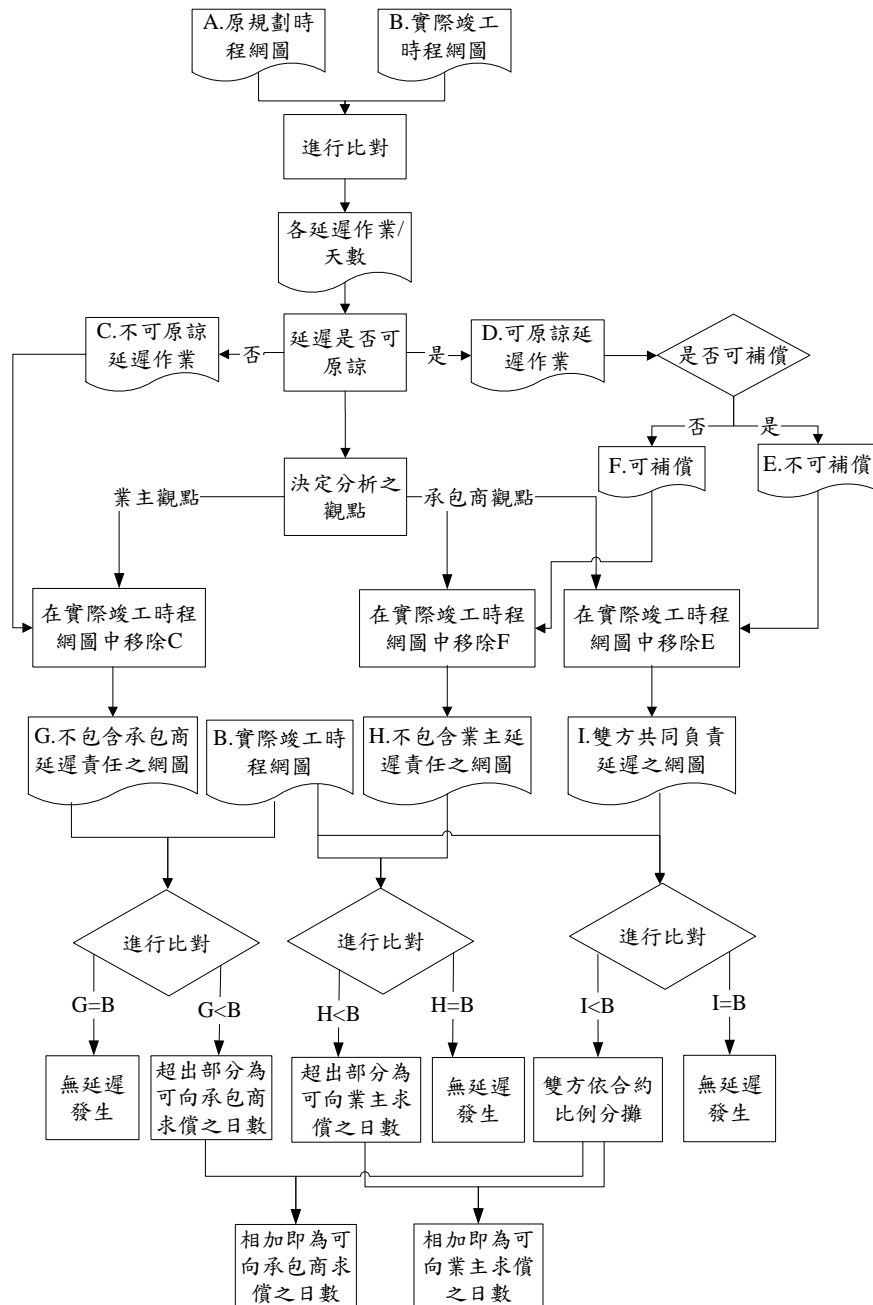


圖 7、改良後退式 But-for 分析技術分析流程圖

## (三) 延遲模式計算公式

經本研究計算驗證之後，確立 But-for 崩塌竣工時程分析技術的計算模式，計算邏輯如公式 1~9 所示：

### 1. 以業主觀點進行分析：

- 1). 進行移除不可原諒延遲天數後之網圖工期計算  
 $OS = B - \sum D_n^{NE}$  .....(公式 1)

$OS$  : 移除不可原諒延遲天數後之工期

$B$  : 實際竣工工期

$D_n^{NE}$  : 不可原諒延遲日數

- 2). 比對竣工工期與移除不可原諒延遲天數後之網圖工期計算  
 $CR = B - OS$  .....(公式 2)

$CR$  : 向承包商提出求償日數

2. 以承包商觀點進行分析：

- 1). 進行移除可原諒延遲天數後之網圖工期計算  
 $CS_1 = B - \sum D_n^{EN}$  .....(公式 3)

$CS_2 = B - \sum D_n^{EC}$  .....(公式 4)

$CS_1$  : 移除 EN 延遲天數後之工期

$CS_2$  : 移除 EC 延遲天數後之工期

$D_n^{EN}$  : 可原諒不可補償延遲日數

$D_n^{EC}$  : 可原諒可補償延遲日數

- 2). 比對竣工工期可原諒延遲天數後之網圖工期計算  
 $OR = B - CS_1$  .....(公式 5)

$SR = B - CS_2$  .....(公式 6)

$OR$  : 向業主提出求償日數

$SR$  : 雙方依據比例分攤日數

3. 雙方分攤 EN 作業之計算邏輯

$SR \times I\% + CR = CRA$  .....(公式 7)

$SR \times T\% + OR = ORA$  .....(公式 8)

$I\% + T\% = 100\%$  .....(公式 9)

$I\%$  : 承包商負責百分比

$T\%$  : 業主負責百分比

$CRA$  : 向承包商求償總日數

$ORA$  : 向業主求償總日數

五、系統開發與實證

(一) 開發工具與環境

1. 系統開發工具

本系統利用 MS- Project 內建之 Visual Basic for Application(以下簡稱 VBA)視窗程式開發工具建立一套延遲分析輔助系統之模型，VBA 是以微軟的 Microsoft Visual Basic 程式語言為基礎，提供在應用程式環境中進行應用程式開發的能力，而 VBA 巨集語言的發明，主要是為了自訂應用程式中功能及加強應用程式間的互動而設計，雖 VB(Visual Basic)與 VBA 都屬於物件導向的語言，但最大的不同之處是 VB 可以獨立製作為一個執行檔，VBA

則是必須附加在 Office 應用程式中才能執行，但 VBA 的程式語言會因為彼此間的物件差異，而導致撰寫同樣動作的程式碼時有些許的不同[17,18]。

## 2. 系統開發環境

在系統開發環境方面，考慮目前作業環境之普遍性及便利性，本研究採用視窗作業環境系統 Microsoft Windows XP(以下簡稱 XP)作為本系統之開發環境。

### (二) 系統目標

本延遲分析輔助系統，主要功能為針對延遲作業對於專案影響之計算，釐清業主、承包商雙方對於產生之延遲作業之責任歸屬。依據所取得的專案原始規劃網圖、實際竣工網圖及延遲作業類型之後，經本系統依據改良後退式 But-for 延遲分析技術之分析原則所建立之規則，進行延遲計算，便可自動產生專案延遲結果及業主及承包商兩造各須對發生延遲作業負責之天數，同時此結果可以提供發生延遲糾紛時作為判斷之依據。

本系統所界定之主要使用者為時程管理人員、時程工程師，對使用者而言，若原始基本資料之輸入介面過於繁雜，則會降低使用者在使用之意願。因此，本系統利用匯入專案資料功能，略去必須逐步輸入專案原始資料之步驟，藉由本延遲分析輔助系統，有效的縮短時程管理人員、時程工程師計算專案延遲之需時，協助其分析、計算專案延遲天數及發生延遲之責任歸屬。

### (三) 系統設計

#### 1. 系統架構

本系統運用 MS-Project 內建之 VBA 視窗程式開發之延遲資訊系統。本延遲分析輔助系統使用對象為單一使用者，主要由時程延遲比較模組、時程延遲計算模組組合而成，配合使用者輸入的延遲作業之責任歸屬資料，進而計算出業主、承包商負責延遲天數之報表至使用者，其計算所得之結果，可提供使用者在發生延遲糾紛時作為判斷之依據，圖 8 為本系統之架構圖。

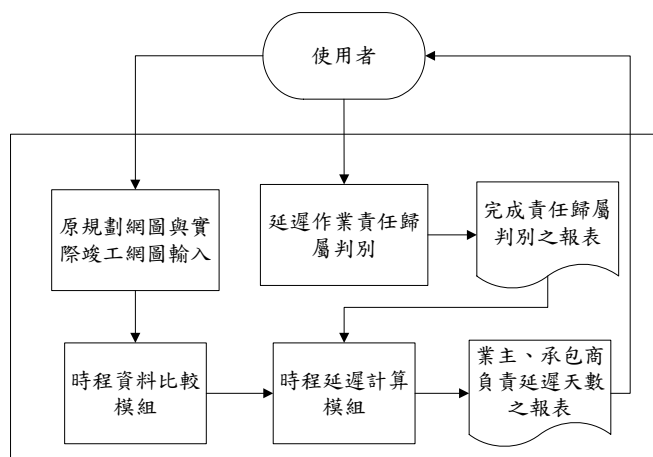


圖 8、系統架構圖

#### 2. 資料流程

為清楚瞭解資料處理流程，本研究使用資料流程圖了解系統資料流流動的情形，詳細說明資料的處理流程及操作程序。時程工程師與管理人員將規劃時程網圖與竣工時程網圖匯入系統後，系統經由此兩個網圖得到各作業項目規劃工期、開始、結束、邏輯關係與實際開始、結束時間資料，針對各作業項目之工期進行計算，若實際工期大於規劃工期，則判定該作業項目發生延遲，需要進行延遲責任歸屬之計算，時程工程師與管理人員根據合約內對於延遲責任判定為基礎，針對發生延遲之作業項目判別延遲是否可原諒、及其天數

輸入系統，並經確認後進行延遲計算，最終得到作業延遲天數報表與延遲責任歸屬報表。詳細系統資料流程圖如圖 9 所示。

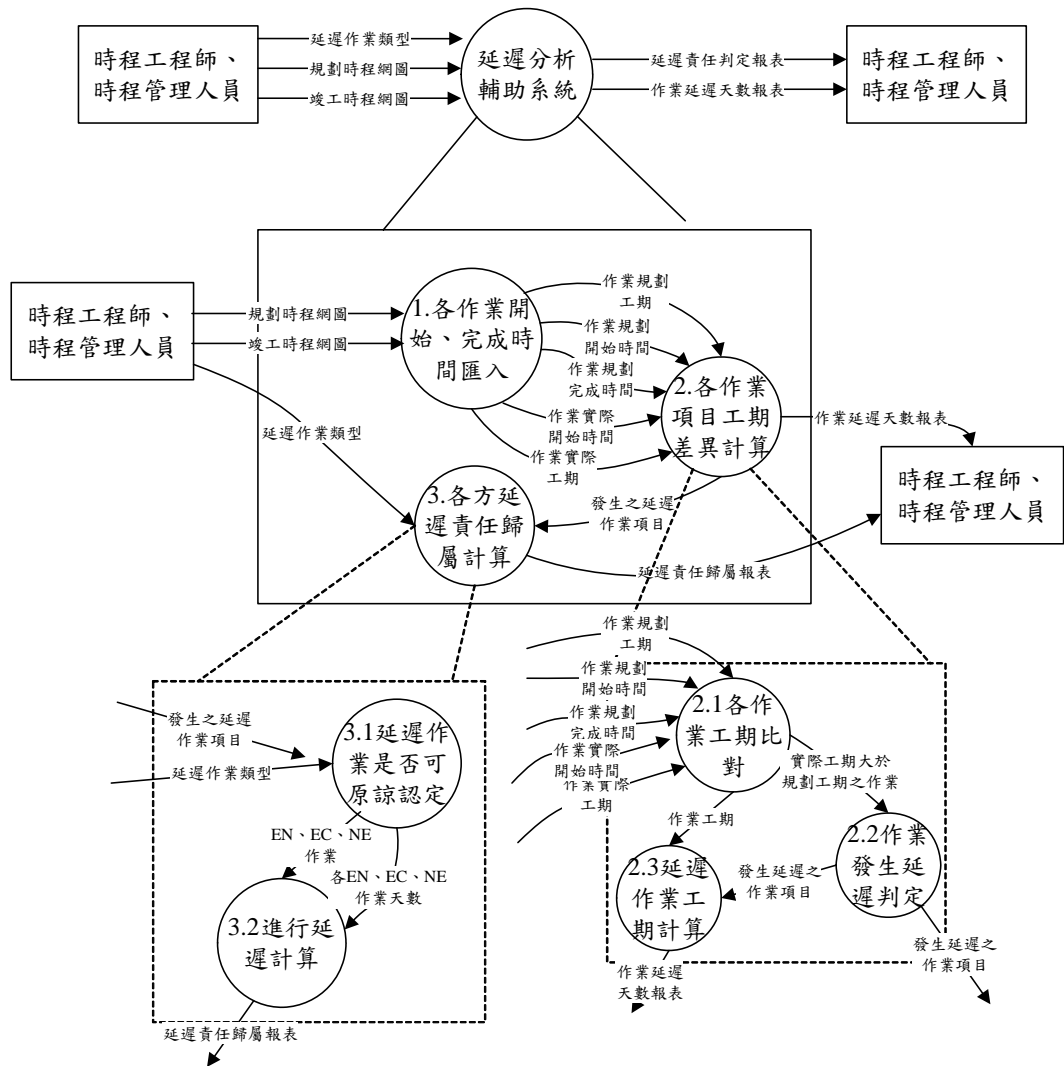


圖 9、系統資料流程圖

### 3. IDEF0

本研究使用 IDEF0 流程系統化分析模式分析本延遲分析輔助系統，以清楚描述本系統在執行中的使用者、輸入、輸出與限制等資訊。圖 10 所描述之內容為一概念式模式，系統主要使用者為時程工程師、時程管理人員，輸入為原始規劃時程網圖與實際竣工時程網圖，輸出為延遲責任判定報表與作業延遲天數報表，限制有合約、延遲作業類型及實際工期是否大於規劃工期。

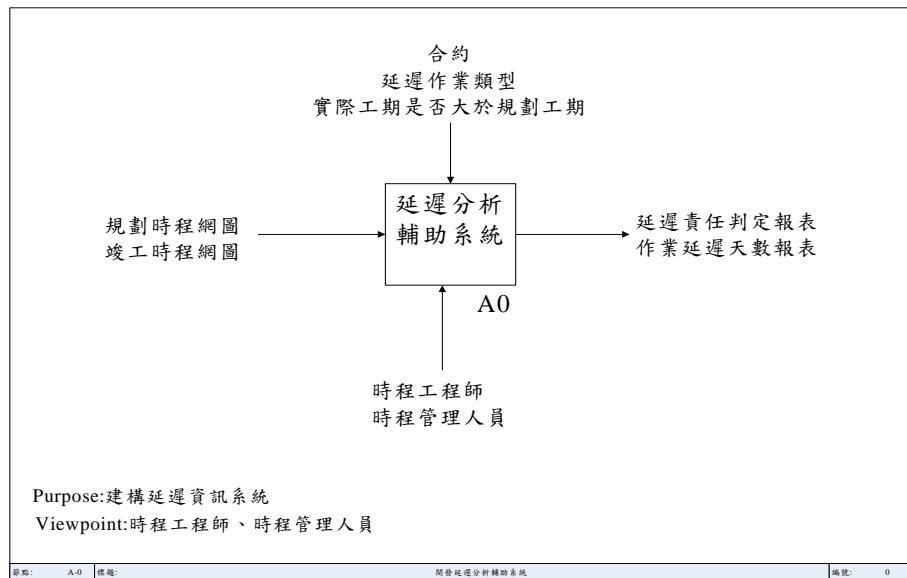


圖 10、IDEF0 圖(I)

進行時程延遲分析計算主要可拆解成五大步驟，包括匯入時程網圖、計算作業工期差異、判別延遲是否可原諒，輸入 EN 雙方負責比例、延遲責任歸屬計算。主要流程及各項步驟輸入、輸出、限制及使用者如圖 11 所示。

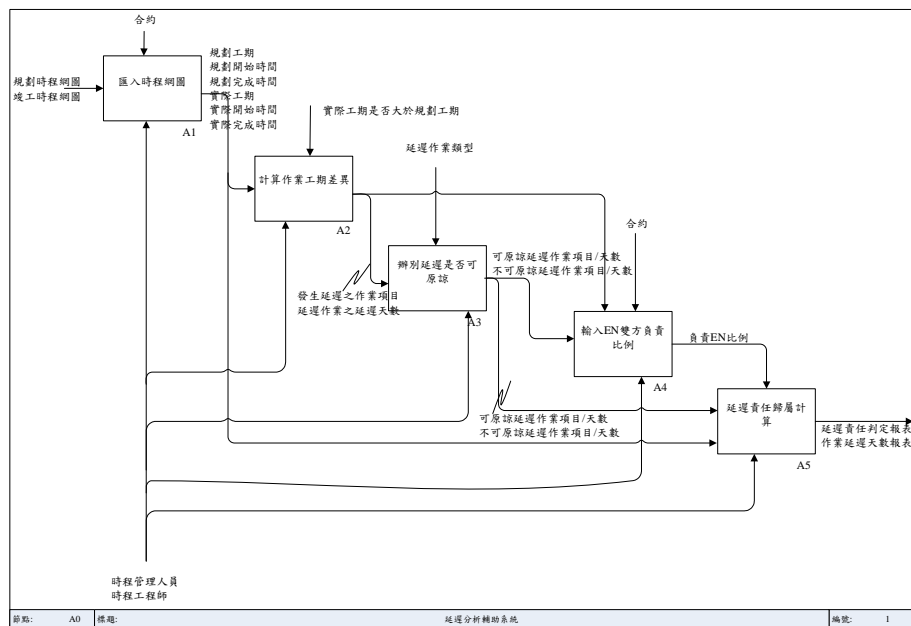


圖 11、IDEF0 圖(II)

#### 4. 實例驗證

##### 1). 案例基本資訊與假設

本研究所取得之實際案例為國道高速公路某路段之拓寬工程，工程進行中每日均為工作日，無假日停工之考量。本研究取得之網圖資料為原始核定網圖與監造單位審核後網圖(本工程之竣工時間與監造單位審核後網圖完成時間相同)，以監造單位審核後網圖視為竣工網圖。同時本研究將原始核定網圖與監造單位審核後網圖進行比對，若作業工期有改變，則視為延遲作業，並依據承包商申請展延原因書面資料進行延遲責任歸屬判別。

此案例共計 40 項一般作業及 4 項彙整作業(1、2、20、34)，各項作業原始規劃時程之工期、作業邏輯關係、開始與完成時間與實際竣工時程之工期、開始、完成時間，如表 4

所示。

表 4、原規劃與實際竣工時程之工期資訊表

No.	作業名稱	原始規劃時程					實際竣工時程		
		作業需時 (天)	前置作業	預計 開工日	預計 完工日	要徑	實際工期 (天)	實際 開工日	實際 完工日
1	某橋樑拆除重作	488d	—	88/3/1	89/6/30	是	766d	88/3/1	90/4/4
2	第一階段	217d	—	88/3/1	88/10/3	否	339d	88/3/1	89/2/2
3	台電臨時管線遷移	15d	—	88/6/1	88/6/15	是	15d	88/6/1	88/6/15
4	準備工作	30d	—	88/3/1	88/3/30	否	30d	88/3/1	88/3/30
5	預力樑施作	60d	4	88/3/31	88/5/29	否	60d	88/3/31	88/5/29
6	擋土設施施工	16d		88/5/16	88/5/31	是	98d	88/5/16	88/8/21
7	預力地錨施工	11d	6	88/6/1	88/6/11	是	38d	88/8/22	88/9/28
8	開挖整地及PC打底	7d	7	88/6/12	88/6/18	是	7d	88/9/29	88/10/5
9	橋台紮筋及模版作業(分三次)	21d	8	88/6/19	88/7/9	是	34d	88/10/6	88/11/8
10	輸水管線遷移	8d	—	88/5/22	88/5/29	是	8d	88/5/22	88/5/29
11	人工挖掘基樁施作	36d	10	88/5/30	88/7/4	否	36d	88/5/30	88/7/4
12	橋墩基礎施工	22d	10FS+7d	88/6/6	88/6/27	是	22d	88/6/6	88/6/27
13	墩柱施工(含養護)	18d	12	88/6/28	88/7/15	是	18d	88/6/28	88/7/15
14	橋台回填夯實(鋼筋對鎖)	52d	9	88/7/10	88/8/30	否	52d	88/11/9	88/12/30
15	鑽掘樁鑿除	14d	14	88/8/31	88/9/13	否	14d	88/12/31	89/1/13
16	吊樑及橋面板(含養護)	49d	9FS+6d,13	88/7/16	88/9/2	是	49d	88/11/15	89/1/2
17	鋪設級配及AC	16d	16	88/9/3	88/9/18	是	16d	89/1/3	89/1/18
18	橋面伸縮縫施工	10d	17	88/9/19	88/9/28	是	10d	89/1/19	89/1/28
19	繪製標線及改道	5d	18	88/9/29	88/10/3	是	5d	89/1/29	89/2/2
20	第二階段	142d	—	88/10/4	89/2/22	是	268d	89/2/3	89/10/27
21	擋土設施施工	11d	19	88/10/4	88/10/14	是	85d	89/2/3	89/4/27
22	預力樑施作	50d	21	88/10/15	88/12/3	否	50d	89/4/28	89/6/16
23	預力地錨施工	11d	21	88/10/15	88/10/25	是	38d	89/4/28	89/6/4
24	開挖整地及PC打底	7d	23	88/10/26	88/11/1	否	7d	89/6/5	89/6/11
25	橋台紮筋及模版作業(分三次)	21d	24	88/11/2	88/11/22	否	21d	89/6/12	89/7/2
26	舊橋拆除	20d	23	88/10/26	88/11/14	是	40d	89/6/5	89/7/14
27	墩柱施工(含養護)	20d	26	88/11/15	88/12/4	是	20d	89/7/15	89/8/3
28	橋台回填夯實(鋼筋對鎖)	52d	25	88/11/23	89/1/13	否	52d	89/7/3	89/8/23
29	鋼軌樁拔除	9d	28	89/1/14	89/1/22	否	9d	89/8/24	89/9/1
30	吊樑及橋面板(含養護)	49d	27	88/12/5	89/1/22	是	49d	89/8/4	89/9/21
31	鋪設級配及AC	16d	30	89/1/23	89/2/7	是	21d	89/9/22	89/10/12
32	橋面伸縮縫施工	10d	31	89/2/8	89/2/17	是	10d	89/10/13	89/10/22
33	繪製標線及改道	5d	32	89/2/18	89/2/22	是	5d	89/10/23	89/10/27
34	第三階段	129d	—	89/2/23	89/6/30	是	159d	89/10/28	90/4/4
35	開挖整地及PC打底	7d	33	89/2/23	89/2/29	是	7d	89/10/28	89/11/3
36	橋台紮筋及模版作業(分三次)	21d	35	89/3/1	89/3/21	否	21d	89/11/4	89/11/24
37	舊橋拆除	15d	35	89/3/1	89/3/15	是	45d	89/11/4	89/12/18
38	墩柱施工(含養護)	20d	37	89/3/16	89/4/4	是	20d	89/12/19	90/1/7
39	橋台回填夯實	52d	36	89/3/22	89/5/12	否	52d	89/11/25	90/1/15
40	吊樑及橋面板(含養護)	49d	38	89/4/5	89/5/23	是	49d	90/1/8	90/2/25
41	鋪設級配及AC	16d	40	89/5/24	89/6/8	是	16d	90/2/26	90/3/13
42	橋面伸縮縫施工	10d	41	89/6/9	89/6/18	是	10d	90/3/14	90/3/23
43	繪製標線及改道	5d	42	89/6/19	89/6/23	是	5d	90/3/24	90/3/28
44	工地清理	7d	43	89/6/24	89/6/30	是	7d	90/3/29	90/4/4

## 2). 系統實測

### A. 匯入原始規劃網圖與實際竣工網圖

將前述之原始規劃網圖與實際竣工網圖匯入本系統並進行個別作業延遲天數計算後，此案例共有八項作業項目發生延遲，標示之延遲作業與匯入後之網圖。

### B. 輸入各項延遲作業責任歸屬

透過往返之文件及相關書面資料得知此八項作業項目發生延遲原因。本研究依照延遲原因，將此八項延遲作業項目及原因整理成表，以「橋台紮筋及模版作業(分三次)」此作業為例，此作業發生延遲 13 天，延遲原因為「因 921 大地震奉業主核定追加 13 天」，延遲責任類型屬於 EC，其餘各項延遲作業如表 5 所示，同時依據表 5 逐一輸入



延遲作業之延遲責任類型。

表 5、延遲作業表

No.	作業名稱	延遲天數	延遲原因	延遲責任類型	要徑
6	擋土設施施工	82	現場地質狀況與圖面不符	EN	是
7	預力地錨施工	27	現場地質狀況與圖面不符	EN	是
9	橋台紮筋及模版作業(分三次)	13	因921大地震奉業主核定，追加13天	EC	是
21	擋土設施施工	74	現場地質狀況與圖面不符	EN	是
23	預力地錨施工	27	現場地質狀況與圖面不符	EN	是
26	舊橋拆除	20	車流預估錯誤	NE	是
31	鋪設級配及 AC	5	配合春節交通疏導計畫	EN	是
37	舊橋拆除	30	車流預估錯誤	NE	是

C. 輸入雙方負責 EN 之比例

由於實際案例內並無對此延遲明確說明雙方應負責之比例，因此本研究將 EN 雙方應負責延遲之比例假設為業主應負責 50%，承包商應負責 50%(此比例可因不同個案輸入不同之比例)。輸入畫面如圖 12 所示。

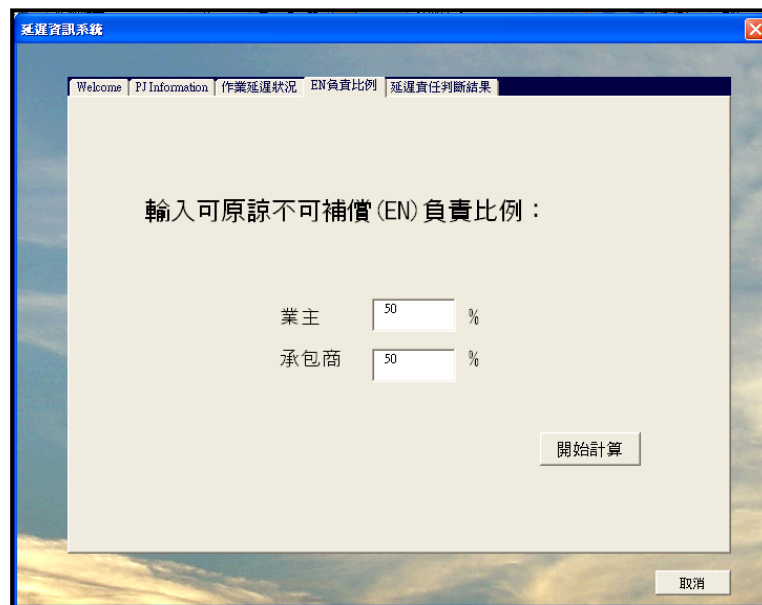


圖 12、輸入 EN 負責比例

D. 計算結果

本研究將改良過後之新式 But-for 延遲分析技術導入延遲資訊系統並經計算過後，計算結果如圖 13 所示，業主應負責延遲天數為 120.5 日，承包商應負責延遲天數為 157.5 日。

	A	B	C	D	E
1	總延遲天數	278			
2	業主負責延遲天數	120.5			
3	承包商負責延遲天數	157.5			
4	EN總延遲天數	215			
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					

圖 13、延遲責任計算結果

本研究使用改良後退式 But-for 時程延遲分析技術實測結果業主應負責 120.5 天延遲，承包商應負責 157.5 天延遲，與使用原始 But-for 時程延遲分析技術業主應負責 228 天延遲，承包商應負責 50 天延遲相較，業主應負責延遲天數減少 107.5 天，承包商應負責延遲天數則增加 107.5 天。主要原因為此實例屬於 EN 之延遲作業類型(作業 4、5、18、20、28)延遲天數共 215 天，在原始 But-for 中此類延遲作業完全歸責業主，而本研究改良後退式 But-for 則是雙方分攤此類延遲作業比例均為 50%，進而減少業主負責延遲日數。由於 EN 負責比例可因不同個案有所調整，業主、承包商在進行延遲責任判別時，可針對個案特性不同增減對於 EN 負責比例，雙方可對於此類型延遲討論負擔比例，同時增加延遲判斷結果之合理性，同時提高兩方對於延遲判斷結果之接受度。

### 3). 系統限制

本研究假設在進入本延遲分析輔助系統計算時，已經具備以下資料：原始規劃網圖(其中包含作業名稱、工期、開始時間、結束時間與作業邏輯關係此五項欄位)、實際竣工網圖(包含作業名稱、工期、開始時間、結束時間此四項欄位)以及各項延遲作業延遲原因、延遲責任類型。同時在將網圖匯入系統時，應確認各項作業資料之正確性，避免資料缺漏或錯誤而影響延遲責任歸屬判定。

使用本研究之延遲分析輔助系統有以下之限制：

- A. 本研究延遲分析輔助系統是以 But-for 延遲分析技術做為建立之基礎，受限於 But-for 原本之計算概念及流程，本系統無法計算承包商之趕工天數，且無法分析共同延遲部分。
- B. 受限於作業延遲計算之基準，本延遲分析輔助系統規劃網圖與竣工網圖必須使用同一種工作日曆。
- C. 由於 But-for 延遲分析技術未能考量要徑變化之影響，因此本分析輔助系統不適合使用於雙重或多重要徑之網圖。
- D. 受限於作業延遲計算之基準，規劃網圖與竣工網圖中各作業名稱須相同，同時邏輯關係需要一致，避免無法匯入系統。

## 六、結論與建議

## (一) 結論

- 1). 本研究分析彙整國、內外各種延遲計算方法之優、缺點(如表 2)後，選擇國外最常為工程爭議仲裁庭採用，同時分析結果易於讓雙方辨識、接受之 But-for 崩塌竣工時程分析技術，加以改良及修正，而在使用改良後退式崩塌竣工時程分析技術進行延遲責任歸屬計算之後，計算結果與原始 But-for 崩塌竣工時程分析技術相比，時程工程師與時程管理人員可更準確的得到業主、承包商雙方負責延遲日數，提高時程延遲分析方法的合理性及公平性。
- 2). 本研究以 But-for 崩塌竣工時程分析技術為基礎之改良後新式崩塌竣工時程分析技術進行國內某工程之實際資訊進行分析，計算後，本研究發現 But-for 崩塌竣工時程分析技術之計算邏輯與國內現有實務面處理方法相似，But-for 分析技術所需要的資料為規劃網圖、竣工網圖與各項延遲作業延遲原因，以目前國內工期爭議實務狀況而言，這些資料除了竣工網圖外，是可獲得的。同時 But-for 分析技術計算複雜度較低、計算次數較少，應用於國內工期展延爭議處理時，接受度會較佳，因此 But-for 運用在國內案例適用性應屬可行。
- 3). 本研究之延遲分析輔助系統導入改良後退式 But-for 崩塌竣工時程分析技術之概念，並利用目前工程界普遍使用的排程軟體 MS-Project 利用 VBA 撰寫延遲資訊系統，使用者可將 MS-Project 之專案排程資訊直接匯入本研究之延遲資訊系統中，進行延遲計算，同時也由於藉由電腦系統之運算，減低人工計算所可能造成的錯誤。

## (二) 建議

- 1). 本研究所建置之延遲分析輔助系統中僅限制某些狀況下之專案，如：規劃網圖與竣工網圖必須使用同一種工作日曆，而實際上，某些專案規劃網圖與竣工網圖的工作日曆是有所差異，因此若後續研究中可解決工作日曆之問題，可使延遲資訊系統更加完善。
- 2). 本研究延遲分析輔助系統僅針對延遲作業進行責任歸屬計算，並不考慮計算過後之相關罰責，如展延工期或罰款等相關措施，因此未來可針對計算過後依照延遲原因進行處置之罰責建議，做更完整的延遲資訊系統，使時程管理人員可依此作為專案延遲爭議處理的參考。
- 3). 本研究在進行案例計算時，發現使用 But-for 延遲分析技術在計算承包商與業主負責延遲日數總和與案例總延遲日數有日數不相同之情況。本研究深入探討並經與其他延遲分析方法(Windows Analysis)相互比對後，發現造成此現象原因為 But-for 在進行延遲責任計算時並無考慮要徑改變所造成的影響。後續研究可針對未考量要徑改變之影響程度為何進行探討。
- 4). 專案進行中，應妥善保存公文與書面資料，並於施工日報表上詳加紀錄各項作業項目實際開始之時間，若作業發生延遲情況應詳實記錄並就發生延遲原因進行檢討，而此動作利於日後進行延遲責任歸屬判別上之準確性與公平性。

## 參考文獻

1. 行政院公共工程委員會，「公有建築物作業手冊」，2002。
2. 鄭明龍，「營建工程延遲分析」，碩士論文，高雄第一科技大學營建工程系，高雄，2003。
3. 楊智斌、尹碧娟，「國外工程時程延遲分析技術之比較(上)」，營建知訊，第 281 期，第 59-64 頁，2006。
4. 楊智斌、尹碧娟，「國外工程時程延遲分析技術之比較(下)」，營建知訊，第 283 期，第 49-59 頁，2006。
5. 尹碧娟，「工程時程延遲分析方法之研究」，碩士論文，中華大學營建管理研究所，新竹，2005。
6. Reams, J.S., "Delay analysis: a systematic approach," *Cost Engineering*, Vol. 31, No. 2, pp. 12-16, 1989.
7. Bordoli, D.W., and Baldwin, A.N., "A methodology for assessing construction project delays," *Construction Management and Economics*, Vol. 16, No. 3, pp. 327-337, 1998.
8. Zafar, Z.Q., "Construction project delay analysis," *Cost Engineering*, Vol. 38, No. 3, pp. 23-28, 1996.
9. Alkass, S., Mazerolle, M., Tribaldos, E., and Harris, F., "Computer aided construction delay analysis and claims

- preparation,” *Construction Management and Economics*, Vol. 13, No. 4, pp. 335-352, 1995.
10. Alkass, S., Mazerolle, M. and Harris, F., “Construction delay analysis techniques,” *Construction Management and Economics*, Vol. 14, No. 5, pp. 375-394, 1996.
  11. Shi, J.J., “Construction delay computation method,” *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 127, No. 1, pp. 60-65, 2001.
  12. Stumpf, G.R., “Schedule delay analysis,” *Cost Engineering*, Vol. 42, No. 7, pp. 32-43, 2000.
  13. Zack, J.G., “But-for Schedules – Analysis and Defense,” *Cost Engineering*, Vol. 43, No. 8, pp. 13-17, 2001.
  14. 楊智斌, 「營建管理資訊系統-上課講義」, 交通大學土木工程學系, 新竹, 2006。
  15. 楊勝發, 「營造工地資料整合架構之研究」, 碩士論文, 中央大學土木工程學系, 桃園, 1996。
  16. 陳威銘, 「營建工程共同排程環境之研究」, 碩士論文, 中華大學營建管理研究所, 新竹, 2002。
  17. 江筱雯, 「考慮工期不確定性之營造廠現金流量預測模式分析」, 碩士論文, 中華大學營建管理研究所, 新竹, 2005。
  18. 王鴻儒, 「Excel 2003 VBA 程式設計」, 碩博文化股份有限公司, 2004。