

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 施工資訊運籌管理系統之研究

計畫編號：88-2211-E-002-042-

執行期限：民國 87 年 8 月 1 日起至民國 88 年 7 月 31 日

主持人：曾惠斌 e-mail: hptserng@ce.ntu.edu.tw

國立台灣大學土木工程學系

### 中文摘要

營建工程自需求的擬定開始至規劃、設計、發包、施工，監造、使用、維護、更新、廢棄拆除等各階段的生命週期當中，參與的人數相當可觀，所需的施工方法、所用的建材及設備更是十分繁雜，因此如何能以最經濟與可靠的方式使各個階段間的作業能發揮其最大的產能、進而提高工程品質，實是營建業從業人員的一大挑戰。由於資訊及通訊技術的進步，資訊運籌管理(CALS)策略的發展可解決當前營建業所面臨的問題，本研究計畫係『營建工程生命週期資料交換標準』之整合大型研究計畫中之子計畫之一。主要著重在上述營建工程各階段中的施工部份。本研究計畫首先將蒐集歐美日韓等國在 CALS 的發展實例，整理分析後，考慮本國營建業的現況，擬定出適合本國的 CALS 策略模式及發展機制。本計畫中除了配合建立共通的 CASL 整合資料庫外，將會對採購階段中的採購策略及施工階段中的變更設計、資料交易、資訊處理等重要程序，研擬出 CALS 模式(CALS-Based)之目前可行的辦法，並配合總計畫提出一個以施工階段之進度管控為例的示範實驗計畫(Pilot Project)測試整體研究的可行性及效益。本計畫將提出一個使用網際網路技術與資訊標準(CALS)的工程進度管控系統，該系統基於一套進度管控、進度量測與資料交換的物件關聯式模型以協助工程人員建立可供後續進度管控的初始進度網圖。工地主任或專案經理利用網頁介面透過網際網路紀錄實際進度資料於營造廠的進度資料庫中。本子計畫亦以此 Pilot Project 來探討營建業建構施工階段的資訊運籌管理系統之問題與方向，以利未來相關研究參考。

關鍵詞：專家系統、資料庫、資訊管理、網際網路

### Abstract

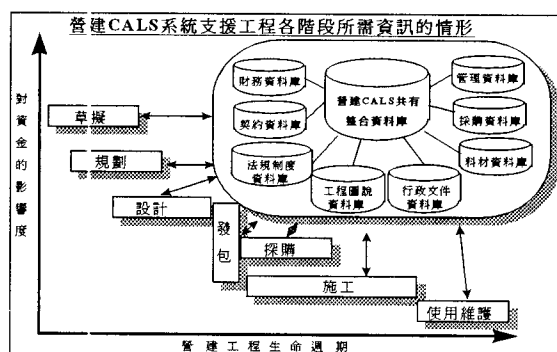
Construction needs a large amount of people participated and the construction methods, materials, and facilities are pretty complicated when it starts from the identification of the needs to the phases of planning, design, bidding, construction operation, using, maintenance, remodeling, and waste tearing down. Therefore, how to develop the biggest production and improve the construction quality by using the most efficient and stable way is a huge challenge for construction industrial. Due to the improvement of information and communication techniques, the

development of the CALS strategy can resolve construction's problems in the present time. Basically, by the remodeling of the operation procedures and the usage of the information's techniques and standards, CALS establishes a connected-computerization environment, which strategy is to electronize and standardize information and to use database and network system in order to reach the goal of information exchange and usage. This paper will propose a construction scheduling system using both WWW and CALS technologies to improve features of traditional scheduling system. This pilot project includes a scheduling system program, an object-based activity database, a project schedule database on Internet and a series of web interfaces. The pilot project will assist us to identify the major problems of employing CALS technology and standards to construction industry.

**Keywords:** CALS, Information Standard, Construction Schedule Control; WWW; Databases

### 1.緣由與目的

國內營建業對於資訊管理工具的運用長久以來缺乏有效的機制，以至喪失資訊化帶來的產業競爭力，有鑑於此，學界提出『營建工程生命週期資料交換標準』之整合型研究計畫，期望藉由導入 CALS 的概念作為營建工程資訊規劃的基礎 (Infrastructure initiates)，在工程各階段間作為工程資訊之交換、共有與合作，以求總建設費之縮減、工程品質的確保及計畫執行效率之提昇。營建工程各階段與 CALS 資料庫之關係如圖一。



圖一：營建工程各階段與 CALS 資料庫之關係

由於營建工程所涉及的範圍極廣，該整合型計

畫依循 CALS 基本的理念，按工程生命週期分割為數個子計畫，本研究為子計畫之一，主要著重在營建工程施工階段各項資訊運用之問題上。本子研究計畫之主要目的，在配合運用在規劃與設計階段之另一子計畫中所建立的 CASL 共享資料庫，針對營建工程中的施工階段的施工進度管理，擬定建立 CALS 模式 (CALS-Based) 所需的策略與機制。並與其他子計畫密切配合，進而促使各階段的作業流程暢行，以達到提高工程績效與品質之目的。

進度管控是營建專案管理的一項重要的工作，實務上卻是工程管理人員的一大難題，大部份的工程無法有效地控制及更新進度，此源於兩種主要的原因：(1)進度綱圖並未作為實際管控進度的依據。(2)缺少有效的進度量測方式與更新綱圖的機制，亦無一套有效的決策支援工具供專案經理使用[1]。本計畫將提出一個使用網際網路技術與資訊標準(CALS)的工程進度管控系統，以改善傳統專案進度管控的問題。

本計畫應用 CALS 的策略與技術於工程施工階段上，且本研究之預期主要的直接成果敘述如下：

1. 探討分析國外工程資訊標準的建立與工程資訊交換狀況。
2. 探討在沒有標準化現況下工程資訊使用上及工程資訊交換與管理的問題。
3. 研擬公共工程資訊交換標準之機制與標準化原則。針對施工進度管理、施工變更設計、施工詳圖製作、竣工圖製作、品質控制、估驗計價、請款計價等作業建立整合資訊系統，擬定一個示範實驗計畫(Pilot Project)測試整體研究的可行性及效益。在研究過程中，本計畫之 Pilot Project 是以施工階段之進度管控為例。
4. 與各子計畫互相配合建立營建 CALS 系統。

## 2. 結果與討論

### 2.1 探討國外工程資訊標準的建立與現況

**(1)美國:**由國防部及工業界成立 CALS 推動組織，配合國防部武器獲得計畫實施 CALS 作業。至 1993 年已完成新武器系統技術資料符合 CALS 標準化製作、儲存、交換作業。並建立整合武器系統資料庫(IWSDB)及運用合約商整體技術資訊服務(CITIS)資訊架構透過網路擷取、儲存武器系統及產品之工程、製造及後勤支援等資訊，並配合美國 NII/EC 計畫執行。

**(2)歐洲:**1991 年 10 月，NATO 的工業指導小組 NATO Industrial Advisory Group (NIAG)發佈了有關 CALS 的研究報告後，各國國防部逐漸成立 CALS 辦公室，律定 CALS 推動及執行策略，並對相關工業給予合約上的支持。各相關產業也配合組成 CALS 的民間推動機構，使 CALS 在歐洲各國以有組織的方式逐漸被推動。

**(3)日本:**日本現階段所推動之 CALS 完全以商業及製造業(含營建業)應用為主，廣泛的推動至各產業，

期藉 CALS 之數值化、標準化使產業資訊化且更具效率及競爭力。目前進行之專案有下列數項：Virtual Enterprise 2006(VE-2006)專案計畫、NCALS 計畫、MATIC 計畫。在推動營建 CALS 的工作上，「建設 CALS 中心」有一個十年的 CALS 計畫，包括短期、中期、長期計畫三個階段。完整的 CALS 計畫，涵蓋到 2004 年非常詳細的資料。以目前來說，在日本約有 500 多家營建業的公司，估計在 2004 年 CALS 執行之後，約有一半以上的小型營造業會被淘汰。

**(4)韓國:**1994 年 9 月由韓國 Computer & Communication Promotion Association 及國防部、交通部、貿易、工業部等共同舉辦 CALS Korea '94 的年會，並宣佈正式推動 CALS 計畫，並於 1996 年 5 月成立 CALS/CE 的民間推動組織，包含了產業界的使用者及資訊系統產品的供給者。

### 2.2 探討在沒有標準化現況下工程資訊使用上及工程資訊交換與管理的問題

#### (1)施工階段內所生之問題

##### (一) 施工圖檔、規範與技術文件管理的缺失

目前的施工圖說、相關技術文件不論是否已有電子檔案的儲存方式，一般工程人員仍多習慣使用傳統的書面資料。若要查詢所需圖說時，還是要以書面索引一步步去找尋所需的資料，所花費的時間則要視所需資料的多寡或齊全程度而定，相較於現今許多其他產業的資訊化查詢技術，其查詢效益自然還存有很大的改善空間。另外圖與說無法有效整合，導致工程師在使用施工圖欲參照規範或相關技術文件時大大地降低了效率。

##### (二) 資料版本管理不良

各單位行政效率的高低不同，造成資料傳到不同施工單位時，因時間差異所造成版本不同的情況。雖然目前各單位都有一套方法來處理新舊版本資料的問題，但仍會出現版本錯誤的問題。如果資料是以電子檔案管理，版本管理的困難度就較低，但過程中如仍無法避免使用傳統書面紙張方式，則此部份仍須專人抽換，難免產生作業疏失，而發生版本錯誤的情況。

##### (三) 資料的傳遞方式有瓶頸

承包商、業主、顧問公司間的公文及資料往來十分頻繁，其中有不少是用快遞及或專人外送的情況。這些花費及時間對整個工程而言尚屬輕微，但長期而言面對未來更多更大的工程所浪費時間、人力、物力必十分可觀。目前業主、承包商、顧問公司都可能有各自的電子文件收發系統，雖可減少書面資料傳遞所花費的各項資源，但不同格式的電子檔案，在不同單位間仍有交換使用上的限制及困難，版本及檔案的管理、搜尋亦尚無有效的機制。

#### (2)施工階段與其它階段間之問題

我們將此項問題分成兩部分來討論：

(一) 施工圖檔、規範、技術文件建立或保存不完整或有錯誤。工程的施工都應依照施工圖說來進行，但難免會發生實際施工困難或人為疏失的情況，以導致圖說和現場狀況不合或圖說沒有依變更設計情況完整更正（尤以管線部分最多），使得之後的營運維護階段在使用這些資料時產生困擾。

(二) 施工經驗未能確實記錄、保存。雖在合約裡多會有一些技術移轉的條文規定，透過建置技術資料、舉辦研討會、相關訓練課程，以使經驗得以傳承累積。但每個特殊的施工經驗可能都是一個商業機密或者都會夾帶相關責任歸屬的問題，所以施工過程中仍有很多寶貴經驗無法被明確且公開的紀錄下來以供後續相關工程利用。

### 2.3 示範實驗計畫(Pilot Project)之建立

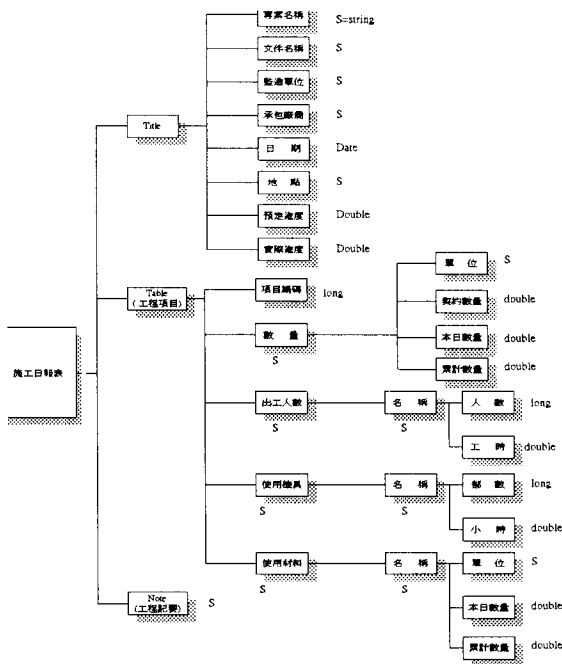
綜合以上之施工階段的工程資訊整合與管理之問題，本計畫提出一個於施工階段，使用網際網路技術與資訊標準(CALS)的工程進度管控系統，以改善傳統的專案進度管控。該系統應用近年來由 ISO 所推行的一項電腦文件通用格式(SGML)為各工程單位資料儲存、使用及交換的標準。SGML 不但具有跨平台使用的特性，還可以將文件的內容做結構性的定義與分類，讓資訊能夠被重複的使用，增進效益。本研究是要利用 SGML 將工程進行時的工程進度資訊，達到即時掌控工程狀況的方式，減少人力與金錢的浪費。

SGML 檔案格式最大的特色在於將文件架構與內容分開記錄。一旦定義了一種文件的架構之後，文件的架構可以被不斷重複運用。在撰寫文件內容時也可以確保資料格式的完整性與文件的組織架構。現在營建業在工程階段中，皆使用排程進度表作為工程施工管理的主要依據。但是工程進度表大多是依靠資深的工程人員依據經驗及參考工程設計圖說來訂定，十分不便。因此本研究利用 SGML 標準文件為基礎，重新訂定工程進度表示的方式，藉此工程進度表，可進行進度管控、物流規劃（材料、機具）及估驗計價等後續應用，並可使同一專案計畫中的不同單位共同分享所需的資訊。本研究所建立之 SGML 格式的排程文件結構(Document Type Definition, DTD)示意圖，如圖二所示，主要包含三個部分：

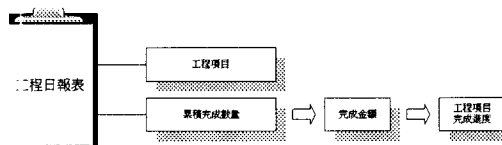
1. 文頭 (Title) 部分：這部分必須記載此排程文件隸屬的專案基本資料，包括了：project name (專案名稱)、owner (業主)、contractor (承包廠商)、release date (文件製作日期)
2. 內文部分，由於排程文件多以表格形式表達，故以 table (表格欄位) 表示，包含了：activity name (項目名稱)、duration (工期)、pre-activity (前置項目)、ES (最早開始時間)、EF (最早完成時間) 等。
3. 第三部分為附註 (note)。

該排程文件結構為本系統資料運作的骨架，依此結構重新定義工程進度的表示方式。本研究所採用的方法是將初始進度桿狀圖及施工日報表的資料相

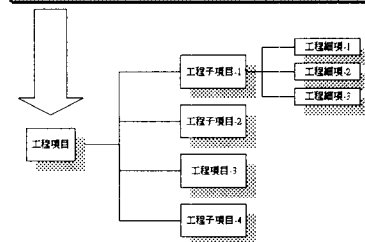
串聯，將進度桿狀圖的資料詳細度依日報表所需資料加大，俾使進度監控資料能與初始進度相連結，作為進度管控資料的主要來源。施工日報表與進度桿狀圖之關係圖如圖三所示。



圖二：SGML 格式的排程文件結構(DTD)



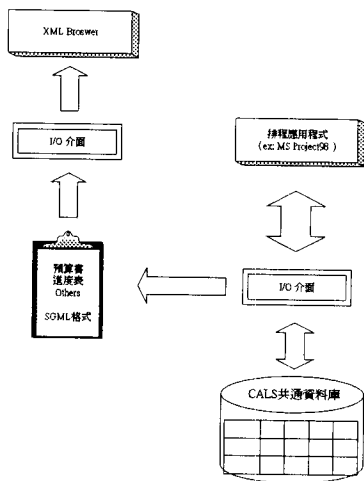
| 工程名稱 | 開始日期      | 結束日期      | 進度 | 備註 |
|------|-----------|-----------|----|----|
| 任務 1 | 1999/3/18 | 1999/3/18 | 3% |    |
| 任務 2 | 1999/3/19 | 1999/3/24 | 4% |    |
| 任務 3 | 1999/3/25 | 1999/3/28 | 3% |    |
| 任務 4 | 1999/3/22 | 1999/3/24 | 3% |    |
| 任務 5 | 1999/3/25 | 1999/3/25 | 3% |    |



圖三：施工日報表與進度桿狀圖之關係示意圖

前述排程資料儲存的方式主要有兩種：(1)直接儲存於 CALS 共通資料庫，(2)以 SGML 的格式儲存。於 CALS 資料庫內，將前述排程文件結構以資料庫表格(TABLE)的型式建置，使得資料可以儲存於資料庫中，並透過的使用者介面可以做 Insert、Delete、Update、Query 等動作。當系統處理排程資訊時，資訊取得的方式有二：(1)存取 CALS 共通資料庫中的資

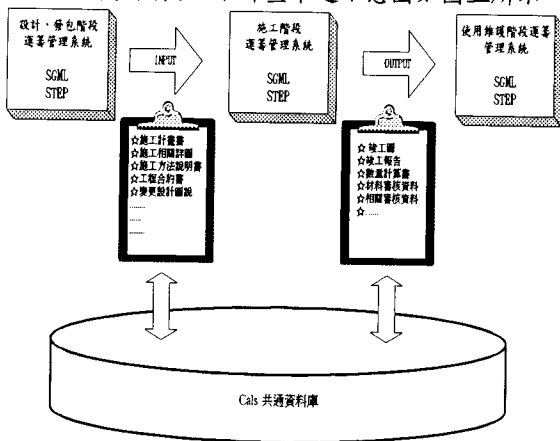
料，使用者利用排程應用程式，透過 I/O 介面直接讀取資料庫中的資訊作處理，再將處理完的資訊回存於資料庫中。(2)或是直接讀取 SGML 格式的資料，透過另一 I/O 介面由 XML 瀏覽器處理該 SGML 檔案。整體架構之概念圖如圖四所示。



圖四：整體 Pilot Project 架構

#### 2.4 本計畫與其他子計畫串連

本計畫為 CALS 整合工程資訊系統施工階段的子計畫，除配合運用規劃與設計階段所建立的 CALS 共享資料庫外，將此階段產生之各相關文件利用此資料庫，傳遞至下游之使用維護階段。本階段將以設計規劃及發包階段所產生之各 CALS 相關文件為輸入，如施工計畫相關圖說、合約書、預算書等作為施工階段排程依據，依據此排程計畫對採購管理、施工進度管理、物料管理、及估驗計價、請款計價等作適當規劃。本計畫與其他子計畫串連示意圖如圖五所示。

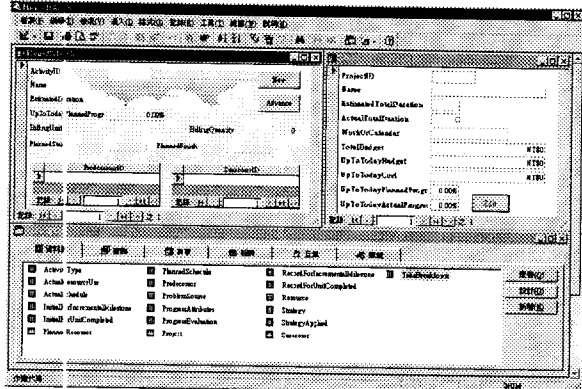


圖五：本計畫與其他子計畫串連圖

#### 2.5 示範實驗計畫(Pilot Project)系統實作

資料庫系統用以儲存專案中各式進度管控資

料，如每日預定進度與實際進度、每日預定與實際資源使用情形等等，另亦紀錄各作業進度落後時的診斷因子，供網頁端使用者存取。資料庫系統必須支援開放式資料庫連結(ODBC)與資料庫語言(SQL)。本研究使用 Microsoft Access 97 配合 Window NT 作業系統為開發平台。該系統提供一人機介面以供排程人員輸入初始的進度網圖，如圖六所示。



圖六：資料庫系統輸入初始進度網圖之使用者介面

#### 3. 計畫成果自評

目前已建立 SGML 格式之專案進度管控排程文件結構(DTD)，並依據該文件結構建立一物件式資料結構與相對應之資料庫，並有一實際應用案例將於後續研究中陸續加入。研究整體進度以系統架構建立次序而言，大致於預定進度所設定，並以此研究架構於 1999 年第 16 屆 ISARC(International Symposium on Automation and Robotics in Construction)國際研討會中發表文章並已刊登[4]。

#### 4. 參考文獻

- Calahan, M. T., Quackenbush, D. G., Rowings, J. E. Construction Project Scheduling. McGraw-Hill, New York, N. Y., 1992.
- Benjamin, C. O., Babcock, D. L., Yunus, N. B. and Kincaid, J. "Knowledge-based prototype for improving scheduling productivity." *J. Comp. in Civ. Engrg.*, ASCE, Vol. 4, No. 2, 1990, pp. 124-134.
- East, W. "Knowledge-based approach to project scheduling system selection." *J. Comp. in Civ. Engrg.*, ASCE, Vol. 2, No. 4, 1988, pp. 307-328.
- Tserng, H. P. and Lin, W. Y. (1999). "A Construction Schedule Controlling System Using Web-based Technology," Proceedings of 16th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Madrid, Spain. (NSC: 88-2211-E-002-042-)