

## 第一章 緒論

### 1.1 緣起

自民國七十八年底行政院開始推動「產業自動化十年計劃」，先後完成了不少與營建工程管理自動化相關的基礎研究。其間已投資數億，研究成果亦逐次推廣。然而，這些成果似乎是尚無法滿足目前營建業之快速成長，也不確定如此運作在長期上是否符合最佳之經濟效益。因此，營建自動化之研究及推動工作宜作適時之調整。需再依營建業之特性，再次展開市場需求調查，以便產業能揀選關鍵性之作業，集中資源加速自動化之落實。

### 1.2 研習目的

本研習計畫之背景目的、重要性以及國內外有關本計畫之研究情況如下：

#### 1.2.1 背景：

營建自動化之發展除了可解決勞工短缺的問題之外，並可直接改善勞工的天作環境，進而提高營建的生產力，縮短營建的工時及進度。同時，以自動化機械來取代勞工的施工方式，更可致力於工程品質之改進與提昇，對於營建工程而言，其重要性自是不可言喻。在另一方面，營建自動化可配合其他相關的自動化產業，對於工業與科技的全面性整合與革新，也將是一項重大的突破與進步，營建

自動化已經是一個全世界的潮流，其必然性與時代性，也將是廿一世紀營建產業的主要趨勢。

### 1.2.2 目的

本研習的目的係透過市場需求調查，以瞭解及確認政府投入滿足產業快速成長之需求，並符合最佳之經濟效益。為達此研究目的，其分項目標如下列：

1. 回顧及整理過去營建自動化需求調查之成果。
2. 瞭解國內營建產業分工程度。
3. 調查目前國內營建產業之技術層次。
4. 探討可自動化之項目，自動化量化之效益及其優先順序。
5. 查訪國外較高層次之營建工程管理技術。
6. 收集國外較高層次之營建自動化技術資料。

### 1.2.3 重要性

為配合國家建設及營建業之快速成長，營建自動化之研究及推動工作宜作適時之調整。因此，需再依營建業之特性，再次展開當前需求之調查。期此能集中有限之資源，揀關鍵性之技術加速營建自動化之落實。而使政府之投資在長期上獲得最佳經濟效益。

### 1.2.4 國內外相關研究

綜觀國內外有關營建自動化研究，可說是當前營建工程中最為蓬

勃發展之研究項目。自 1984 年開始舉行的“國際營建自動化研討會”(International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC), 每年五、六月均有定期的會議, 來自美國、日本、以色列、法、德、英及西歐各國的專家學者, 共同發表其研發的成果。第十一屆的 ISARC 甫於 1994 年 5 月於英國召開。在國外現階段的研究, 日本以其硬體方面自動化施工機具的開發領先全球, 美國則在軟體及新科技(如條碼、電子資訊)方面領先, 此外, 以色列、英、法、德等國也都在不同施工機具及施工技術上各有突破, 這些營建自動化方面的研究及成果, 都非常值得國內學習引進。

在國內方面, 內政部建築研究所及行政院公共建設督導會報亦委託了數個關於營建自動化的專案研究:

- 一、 營建自動化中程計劃(八十年七月至八十一年六月)。
- 二、 施工技術及機具自動化現況調查及分析研究(八十年十月至八十一年六月)。
- 三、 重大工程施工自動潛能項目評估(八十一年九月至八十二年八月)。

### 1.3 研究方法及步驟

其中本研究之研究方法如以下六個步驟所示:

#### 1.3.1 文獻回顧

過去國內營建自動化需求調查之研究文獻。並以去蕪存菁方式將予整理應用，做為爾後策略構想之參考。

### 1.2.2 統計資料收集及分析

發展營建自動化，第一步需要在諸多的營建作業裡選定，在工程成本中佔高比率的項目。這些資料可以先從政府部門所發佈的統計資料及施工單位合約之單價明細表中概略量化，並比較彼此間在效益上的重要性。本步驟將以建築工程資料為主，部份選定公共工程為輔。

### 1.3.3 營建作業分析

在高效益的作業項目被篩選出來後，這些作業中的操作先後程序，資源組合及使用之機具均需一一加以詳細分析。此間，那些操作比較辛勞、危險性較高、勞力密集，及重複性的作業項目就可以很合理底被選定。

### 1.3.4 專家訪問及調查

前述統計及作業分析裡是在求選定有較高效益的作業來做進一步的自動化研究措施，並求達到產業快速成長需求，並期符合最佳經濟效益的目標。專家訪問及調查其目的在肯定從上述研究步驟裡，鑑定出的作業項目做進一步的瞭解及探求目前其所應用的一般技術層次。同時，也訪問國外專家學者，俾知在這些作業中更高層次的自動化技術，並從中求取自動化技術移轉最佳的著力點。

### 1.3.5 參加研討座談會

參與相關國外工程管理課題研討會，藉由國外專家、學者、工程設計人員及現場施工人員共同參與意見，整合觀念，確認市場需求及經濟效益，同時也借此吸收國外營建工程管理自動化技術之推展經驗。

### 13.6 綜合報告之提出

根據上述各種研究方式所獲得之資料、數據、知識、經驗，均會予以理編輯成一有用的報告。

研究步驟流程請參閱下頁圖一所示。

### 1.4 預期完成之工作項目及具體成果

本計畫預期完成之工作項目及具體成果如下所示：

1. 選定在工程成本佔高比率的營建作業項目，俾求取實施自動化時，有較佳的經濟效益。
2. 分析較有經濟效益之作業項目，並篩選出具有自動化高潛能的施工程序或動作。
3. 瞭解國內目前一般作業之技術層次，俾使爾後，推動營建自動化時，有較明捷的著力點。
4. 展開專家訪問並調查國內較高層次之營建自動化技術及所使用的相關機具資料。
5. 收集國外較高層次之營建自動化技術及所使用相關機具資

料。

## 第二章

本章共分為兩部份，第一部分文獻回顧，其主要目的為整理過去國內外之文獻中與本研究相關之資料。第二部份統計資料，為根據實際之建築工程成本資料分析出之自動化項目統計數據。

### 2.1 文獻回顧

營建自動化的範圍相當廣泛，在各國的營建產業認知上不盡相同。國內對此工作之定義除包括施工作業面之自動化外（其中包括技術與施工機具兩部份），也涵蓋了規劃設計、材料及管理的自動化。由於本報告的著眼點較強調施工的自動化，因此主要是針對施工技術及施工機具兩個範疇的自動化進行需求分析。另外本報告的研究範圍是在建築工程之自動化需求分析，因此在文獻回顧及相關分析的研究流程上也會對「營建市場」之定義做相對的規範。

在文獻回顧的整理上，本章將分別探討國外及國內在營建自動化之發展。首先在國外部分將偏重施工技術及施工機具自動化整理，而國內部分則著重需求分析及市場調查等研究成果之匯整。國外在施工技術及施工機具自動化的發展可以根據區域別分成日本、美國及歐洲等三部份。

## 2.1.1 國外相關研究

### 2.1.1.1 日本營建自動化之發展

日本是最早大規模將自動化技術導入營建業的國家，在此所指之營建自動化技術仍以結合電子與機械相關技術為主要研發領域。雖然，日本之營建自動化工作早在 1960 年即已漸形開展，但經過廿餘年的努力仍然相較全面實務上的自動化應用有相當的距離。這不僅顯示出營建自動化是一項艱鉅的工作，也透露出日本在此項工作全面投入的決心。日本推動營建自動化之工作重點是從設計、管理資訊及機器人等三方面同時進行。由日本各大型營造廠歷年所展示的研發成果來看，整體而言，日本仍以機器人的開發為其核心，近幾年日本的幾家著名營造廠在世界各地發表最新整合性自動化高層建築工法，更是引起各國之注意。有關日本推動營建自動化之過程及未來發展方向可參考圖二。

基本上，日本在機器人的發展首重以機械由自動化或程序化之控制方式來替代人力，以減低其國內對營建工人之需求。其次是重新設計建築物之構法，使其在本質上能支援自動化的製造程序。

### 2.1.1.2 美國營建自動化之發展

根據 1981 年美國政府當局的統計數字顯示，在 1972 年至 1979 年間美國營建業的生產力有大幅下降的情形。在當時美國國內與營建

業相關之研究發展單位皆認為投注更多資金在研發工作上解決生產力低落的唯一途徑。在研發之重點上，根據一份當時對營建業主管級人員的調查中列舉了公司內部及工地兩類問題。其中，工地類共包含了：( 1 ) 管理、( 2 ) 材料、( 3 ) 技術、( 4 ) 設計、( 5 ) 法規、( 6 ) 勞工及( 7 ) 機具等七項。

然而，由以下文獻之節錄，可以約略了解到過去美國營建自動化的工作重點仍然以( 3 ) 及( 7 ) 兩項為主：

*“Advances in robotics and other forms of automated technology achievable in the near term will have an enormous impact on the U.S. construction industry.”* [ Podolsky 1986 ] ;

*“...there is a growing general consensus that robots will be increasingly adopted by construction industries throughout the world.”* [ Kangari 1986 ] ;

*“Japan takes early lead in robotics; worker shortage there spurs development of jobsite robots.”* [ ENR 1983 ] ;

*“The potential for using robotics in construction is very great with associated benefits to owners, builders and laborers.”* [ Warszawski and Sangrey 1985 ] ;

*“Indeed, we must develop robots or at least remote-controlled devices if we are to make significant advances in construction safety, quality, and productivity.”* [ Tucker 1987 ]

因此可以了解美國的營建自動化發展重點大體上可說與日本推動此工作之精神並無二致。不過，以今日美國整體的研究成果而言，



仍較日本明顯不足，此現象與美國營建業的研發之投資不足亦息息相關。

### 2.1.1.3 歐洲營建自動化之發展

由於我國與歐洲在營建產業方面的資訊交流並不頻繁，因此對於此地區營建自動化之了解並非相當深入。有關歐洲在此方面之研究成果，僅能從研究之報告中做概略性的了解。由既有的成果來比較可以瞭解到，歐洲各國仍以德國在施工技術與機械自動化有較多之成果（若僅以數量而言）。然而，根據僅有的資料仍難斷言歐洲各國自動化之程度及未來之發展方向。

對於以上三個國家及地區的具體發展成果，可以參考國內許多文獻及報告。

### 2.1.2 國內之相關研究

我國營建工程發展可以概略分成三個主要過程。在民國六十年代以前，國內營建業者多因資本不足及技術資訊缺乏，泰半工程皆是利用相當傳統施工方式進行建設。在此時期，美援成為技術及機械設備的重要來源。民國六十二年以後，在十大建設的驅動下，工程之數量及規模立即突破傳統的形式，又因為國內人力資源上的全力配合，以致大型機械施工之技術及硬體設備成功地引進，使我國營建業的技術層次大幅提升。

十大建設後，我國的營建技術因無外來刺激因素，以至無法促其提升。除此之外，近幾年由於勞力不足、工資飛漲、勞工意識抬頭、業主對工期及品質的要求嚴格、環保意識高漲等情況，致使原有之技術水準反而無法滿足各方要求。八十年代的國家建設六年計劃更是加深了政府及學術界對此問題的重視。因此，行政院特別定於民國八十年起進行為期十年的營建自動化計劃。事實上，在七十年代末，內政部建築研究所籌備處及行政院公共建設督導會報，已分別訂定營建自動化的發展策略並實際參與此方面的研究發展工作，顯示政府在此項工作上的企圖心相當強烈。然而，綜合歷年之研究所得，國內由政府主導與施工技術及施工機械自動化相關之研究數量並非很多且仍未普遍推廣。

本報告整理相關國內研究單位歷年之研究成果，共歸納出兩類研究成果，第一類為與本研究有密切關聯性者（即與自動化需求分析相關者）：

1. 「重大工程自動化潛能項目評估及工地生產力分析之研究」
2. 「營建工程施工自動化之初步研究」

第二類為與營建自動化之資源調查及自動化分析方法有關者：

1. 「現有營建自動化人力調查與供需調節對策」
2. 「台灣地區工程能量之調查與分析」

3. 「高層集合住宅建築構法合理化之研究」
4. 「集合住宅施工自動化個案研究」
5. 「施工技術及機具自動化現況調查及分析研究」

另外，政府各相關單位，亦定期公佈部分與營建業相關之統計資料與報告：

1. 行政院主計處

台灣地區勞動生產力趨勢分析報告

薪資與生產力統計月報

2. 行政院勞工委員會

營造業勞工工資工時調查統計報告

3. 經濟部統計處

台灣地區工業生產統計月報

4. 內政部營建署

營建統計月報

5. 勞工保險局

台閩地區勞工保險局統計年報

6. 臺灣省建設廳

臺灣省建設統計

7. 臺灣省住都局

## 臺灣省住宅及都市發展業務統計

### 8. 台北市工務局

#### 台北市工務統計年報

### 9. 高雄市主計處

#### 高雄市統計年報

綜合上述各項相關研究所得成果，本研究可歸納出以下特殊處：

1. 強調根據數量化資料，包括歷年統計數字與實務經驗值來作為分析與評估之基礎。
2. 著重自動化項目之訂定，但不包括自動化可行性或自動化方式之研判。
3. 強調以經濟效益為自動化之訴求根據。於此階段，經濟效益之內容專指勞力成本部分，不包括因品質、安全、進度等因素而衍生之經濟考量。換言之，本研究係透過勞力成本之單項考量而探討自動化項目評定之架構。

## 2.2 統計資料分析

本節共包括三部份，首先根據內政部營建署對國內建築工程歷年來之統計資料，分析國內營建自動化之重點與方向。然後根據此類工程之特性，對其工程作業項目作一解析。最後透過臺灣省住都局在民國八十年至八十三年間所發包之建築工程，逐項分析其作業項目之

「工資成本比率」以訂定自動化之需求。

### 2.2.1 建築工程之分類

營建工程具有耗費大量人力資源及材料特性。然而，隨著社會結構的轉變，勞動力缺乏的情況日益明顯。根據中華民國營造業研究發展基金會於民國八十年十二月對臺灣地區營造業勞動力調查研究報告中估計，營造業短缺勞工總數高達 14366 人，所以有必要針對勞力密集的工項推展自動化，以降低勞動力的需求。因此，為了瞭解目前國內營建工程型態與建物構造現況，並進而掌握各工程作業工項的工資比重，以作為營建工程自動化需求的佐證基礎。本研究主要由營建指標統計分析目前建築工程的型態，並由臺灣省住都局之集合住宅個案與私人投資興建之工程作業項目資料進行成本分析，以期能明確地指出營建工程自動化的發展重點與方向，並提高自動化投資的效益，進而提升營建工程的生產力與品質。

內政部營建署所編製之營建統計年報，主要是以國內營建工程所核發的建築執照為基礎，依使用別、構造別等分類方式統計建築工程各項目之數量與百分比。如圖三所示，以構造別之工程造價比率而言，鋼筋混凝土之構造佔絕大部份，遠超出其他各類型之建築。根據圖三顯示按構造別之樓地板面積比率，鋼筋混凝土結構亦佔了八成以上的樓地板面積，顯示出目前國內營建工程大部份是以鋼筋混凝土結構

為主要的施工方式。故對於營建工程自動化的考量，應以鋼筋混凝土的施工自動化為主要發展方向。另外一方面，由圖四可以得知，近三年來臺灣地區所核發之建築物使用執照按高度別分總樓地板面積之比率，可以了解目前建築物興建的高度以 7 至 15 公尺（大約三至五樓）與 15 至 30 公尺（大約五至十樓）左右的工程佔較大的數量。因此，從這些數據中可以看出國內營建工程是以鋼筋混凝土三層樓至十層樓的建築物為主要的工程業務。

### 2.2.2 建築工程之分工結構

根據前述之結果可以發現，目前營建工程以 7 至 30 公尺的鋼筋混凝土結構之建築為主，而工程的進行過程包含了許多施工作業項目（如：模板工程、鋼筋加工與組立、混凝土澆置.....等），不過若以作業性質來層次化，則大致可區分為主體結構工程、粉刷工程、美化工程（景觀工程）、假設工程等大項目，而各大項目之下層作業項目如以下之分工結構圖（圖五）所示。

經由工程作業項目的分類與層次化，將有助於了解鋼筋混凝土建物之施工作業內容及性質，此外由此一分工結構圖，可確實地顯示鋼筋混凝土施工所包含的作業項目，對於分析與選擇施工自動化之發展重點不啻為一可行的方式。

### 2.2.3 自動化需求分析方法

探討一工程作業項目之自動化需求，主要是根據此一作業之勞動力密集程度，亦即以具有高度勞動力需求的作業項目為優先自動化的目標。一般而言每一項作業的成本結構包括了人員工資、機具費用與材料費用等三部份，而對於自動化需求的評估方式是以各作業項目之工資成本比率來評比，工資成本比率愈高則自動化需求愈高。此一概念主要是著眼於目前臺灣地區營建市場正面臨勞動力不足、工資上揚等問題，因此對於需要大量勞力、技術工投入的作業應是具有開發自動化的需求。而所謂作業項目之工資成本比率其定義為：

$$\text{作業項目之工資成本比率} = \frac{\text{該作業項目之人力成本費用}}{\text{總工程費用}}$$

根據前文對於國內營建工程承攬業務及建築型態的統計結果，本研究由臺灣省住都局所提供的四個集合式住宅個案(五層樓 120 戶、十四層樓 997 戶、五及十六層 220 戶、十二及十六層 958 戶)及一民間私人建設公司集合住宅個案之工程單價分析表進行作業項目之工資成本比率分析，並選出前十項之作業項目(結果如表一至五所示)，除了因各工程個案施工方式所形成的特色差異之外，可看出均具有相同作業項目，分別是主體結構工程中之模板工程(普通模板、清水模板)、鋼筋加工與組立及預拌混凝土等，粉刷工程中之水泥砂漿粉光、粉刷水泥漆與鋪(貼)磁磚及地磚等項目。由這些資料數據的佐證與

工地現況印證，可以發現這些高工資成本比率的作業項目除了具有勞力密集的特色之外，也是鋼筋混凝土建物的主要作業項目。而從分析的結果對於國內營建工程之施工方式亦可大致看出具有自動化需求的施工作業項目。

值得一提的是，在本節中對於自動化需求的分析，僅針對工程作業項目的勞動力密集程度，尚未評估其自動化的可行性與經濟效益，因此對於營造業業者的說服力並不十分完備，但仍可為營建工程自動化之需求分析繪出初步的輪廓，作為之後探討的前置作業。