

緒論

0-1 目的背景

自民國七十八年起，行政院科技顧問組開始規劃『中華民國產業自動化計畫』以延續『生產自動化』在製造業之精神，擴大推廣與輔導其他產業，並以產業規模及自動化發展潛力擇定農業、商業及營建業加入連同原有之製造業，計有四種產業納入此項十年計畫，成為推動對象。

營建自動化推動第一年係由內政部建築研究所負責規劃，將計畫目標訂為：1.提高營建業生產力。2.提升營建工程品質。3.改善勞工工作環境。4.解決勞工短缺問題。並於七十九年四月組成工作小組針對規劃設計、施工技术、營建管理、施工機具、營建材料五項領域，邀請學者、專家研訂研究發展架構之計提出八十四項課題。

其後考量公共工程佔營建工程的比重，自八十二年度起由行政院公共建設督導會報擔任召集單位，又考量營建自動化之推動需要法令制度主導，自八十四年起由內政部營建署擔任召集單位。因此內政部建築研究所專責建築工程自動化之推動，而計畫

架構包括：推動建築工程合理化、推廣建築工程自動化資訊系統、辦理建築工程自動化諮詢服務。

0-2 建築生產之現況

建築生產受到整體經濟環境的影響極大，觀察近十年來台灣地區建築產業所受到的衝擊當以人力短缺較為顯著。而究其肇因則以人力結構的改變、年輕人不願從事重體力的工作為主，因此營建勞力的高齡化成為明顯的趨勢，而當建築景氣循環趨向熱絡時，勞力短缺的現象更為嚴重。現代社會競爭極為激烈，資金成本的有效運用為建築業的主要目標，建築工期往往被壓縮在此情形下品質也難以保證。

0-3 建築生產之特性----與其他產業之差異性

建築產業由於其生產方式與其他產業尤其是製造業之生產方式有極大之差異，一般製造業之生產方式之改革無法立即導入建築生產而有立竿見影之效果，建

築生產之特性下：

1. 訂製產業：建築工程之設計基地條件為決定性因素，開發者必須先取得基地的建造權，又要評估市場需求再進行建造，每件工程猶如訂製品為特定的產品。而無法如一般工業產品可依需求之預測而計畫生產。
2. 建築物要滿足生活機能上的需要，所以材料之種類項目多樣化，不同種類材料的經濟生產規模也有差異，在兼顧成本與功能的考量下，有不同的選用材料組合。因此建築生產為多品種之生產方法較不易大量生產。
3. 參與建築生產的單位及專業人員可分為設計者及施工者，不同的組織均以因各案編組方式結合。在設計階段由建築師統合建築結構、設備技師完成建築設計。在施工階段，由承攬廠商招募工班或自行僱工完成負責的工作項目。工程主事者會因工程規模或性質將一件工程劃分為數個契約，交由不同廠商施作，因此建築工程之設計生產之組織、人員依各案而臨時編組，無法達到長期合作相互回饋之效益。
4. 建築生產過程中，生產設備次序進場，當工程完成後又陸續

離場，不像其他產業生產設備固定，容易規劃生產線。

5. 建築生產多在室外作業，易受天候狀況影響，因此排定計畫常常受更動，待命施工的工班、堆放材料也要跟著遷動，亦要投入更多人力處理各種意外突發狀況，不易從事計畫性之生產。
6. 建築生產關連之人力、物、資源量龐大、種類亦多，而其投入之時程亦複雜交錯，工程流程多樣化。
7. 建築建築生產之施工是由營造廠承包，由於其為訂製產業，其承攬者之立場往往比起其他製造業之廠商較弱勢，承包契約往往存有不平等不合理之條件，間接影響營建業經營之不安定及保守經營體質。

0-4 建築生產自動化之課題

國內營建環境在近幾年有相當程度的改善，但若欲邁向全自動化生產的腳步，在營建的本質上似乎尚無可能，再加上相關因素的限制，因此目前主要以逐步提高自動化生產的比例為目標。使建築工程的品質達到較穩定的狀態；另外，在國際建築思潮的

影響之下，環境保護及永續發展的議題亦須加以重視，在邁向自動化生產的過程亦須同時加以考慮，如開放式營建的潮流，在二十一世紀勢必會形成一種趨勢，在建築生產的過程如何因應是另一值得思考的課題。

1. 近年來建築產業有長足的進步，建築材料在兼顧環保的條件下，朝向質量輕、強度高的趨勢發展，建材廠商提供預組、預製的組件式材料，減少工地施工的人力。

在採用機具施工的方式中，有各種工法可資利用，提高營建生產力。於規劃設計階段針對設計理念及工程條件，以合理化手法評估選用的建材及構造方式。而由於建築生產的特性，要達成建築生產自動化的目標，成為建築設計者及施工者不斷的挑戰。

2. 從設計層面之考量，為塑造合乎建築目的的空間為首要條件，因此評定採用建材及其構成的系統時，要兼顧其性能及構造方式。在設計過程中以模矩化、材料規格化之設計準則，多方收集現有工業化產品及施工廠商技術、機具資訊，融合在設計中，發揮建築生產合理化之最大效益。

3. 建築工程施工管理，訴求之重

點在於品質、成本及工期，當人工成本日益增加、技術勞工缺乏的背景下，將施工程序作系統化的安排，以工廠生產之組件取代現場作業，以機械施工取代勞力，進而發展為建築工法，提高工程效率。

0-5 建築生產自動化之現況與未來展望

目前國內對於建築生產自動化的推展主要由內政部建築研究所負責，在過去的十年當中完成許多相關研究，並結合業界在實質層面加以應用，對於改善國內整體營建環境有相當的助益。而目前所完成的工作主要包括生產合理化、自動化技術的推廣與應用，如複合化工法成功地使用在集合住宅的生產上，往後將朝學校建築及辦公建築著手。

另外亦積極推展建築工程自動化的資訊系統，建立完整的資料庫，提供相關人員隨時上網查詢。當中更建立了建築工程自動化的諮詢服務，包括資訊的流通、諮詢輔導、教育訓練等，提供業者朝自動化生產邁進的契機。

國內推動狀況及成果

1. 建築工程合理化技術推廣應用

以集合住宅工程自動化為推動對象，再延伸到學校建築及辦公室建築，推動項目包括：

- 建立合理化之規劃設計以配合未來施工與使用管理之執行。
- 開發與改良施工技術以適應本土之施工環境。
- 訂定規劃設計與施工技術之規範與手冊。
- 加強組件之檢驗測試工作以提升建築品質。
- 研修相關法令以適應集合住宅自動化之推動。
- 提升使用管理維護之技術延長建築物壽命。
- 建立建築工程自動化系統工法、組件之相關技術規範，以推廣自動化工法技術應用。

2. 建築工程自動化資訊系統推廣應用

自八十二年度起，配合營造公會、營基會、營建署、建築師公會及資策會擬訂營建資訊系統網路架構，陸續建置了營建工程人力資源、機具型錄等資料庫，並發展建築規劃設計資訊網路，利用 SEEDNET 網路整合本所歷年完成之規劃設計相關資訊系統及資料庫，包括：

- 營建法令檢索系統

- 建築材料設備型錄檢索系統
- 設計自動化標準單元圖形資料庫
- 營建製圖標準符號資料庫

3. 建築工程自動化諮詢服務

其內容包含對各營建自動化領域的資訊流通、諮詢輔導、教育訓練及新知推廣。

- 以諮詢服務方式，選擇集合住宅之規劃設計與施工個案，透過現況分析、問題確認、改善方案研擬、效益評估及成果追蹤考察等步驟以協助國內之設計單位與營造廠共同推動集合住宅營建自動化，以提升生產力、縮短工期、確保工程品質安全。
- 建構諮詢服務個案管理資訊系統，將服務個案資料配合進行過程與每階段可採用的評估方法納入此系統，以長期保存與技術流通。
- 建築工程自動化諮詢服務執行至今已有四年，並已完成輔導個案四十四件，其輔導過程記錄資料，將建置於本所網站中，透過全球資訊網路提供營建業者隨時上網查詢。

0-6 編輯方針

1. 研究過程

本研究計畫初始即以建立完整架構為目標而非僅以名詞解釋為目的。因此確立以規劃設計之自動化、主結構體構工法、次結構體構工法、施工機具、施工管理及自動化施工等五大類分別蒐集各類相關名詞，依其特性再將其分門別類，建立系統的層次，使閱讀者能清楚掌握建築工程生產自動化的精神，進而在語彙的說明中，瞭解其意義及內涵。、

2. 編輯原則

本計畫之編輯原則以上述所建立之架構為基礎，內容共分為三個層次包括章、節均以文字說明其現況、課題及未來發展方向，最後即為語彙之說明。文中並輔以圖表輔助說明，本文之編輯原則如下：

(1) 系統架構

建築工程生產自動化用語彙編並非如字典以字母或部首順序查詢，而是根據生產自動化之精神透過章節架構以三個層次將所蒐集之語彙分門別類，在針對語彙部分作主要內容的闡述。如下所示

(2) 圖文並列

本書之編排以雙欄方式實行，並以圖文並列的方式，說明生產自動化用語，方便閱讀者一目了然。

(3) 索引(Index)

若讀者欲快速尋找自動化用語之說明，可按語彙首字之筆畫順序尋找對應之頁碼，迅速找出所需之資料。

(4) 參考文獻(Reference)

受限於自動化用語篇幅，有些語彙的內容說明未能詳盡時，讀者可依所列之參考文獻，尋求更詳盡之資料說明。

第一章 規劃設計之自動化

建築工程在規劃設計階段的作業，是否隱含自動化生產的條件，對往後施工、使用階段的自動化影響相當大，若無規劃設計階段自動化作業的配合，在施工階段欲實施自動化生產勢必窒礙難行。而在規劃設計階段的自動化作業主要包括：一、建築資訊及規劃設計方法之自動化應用。二、規劃設計內容對施工自動化之對應兩部分。

第一部份主要著重在規劃設計作業前各種資訊的獲取、掌握與應用，如法規條件、資訊管理技術、建材設備等資訊。另外設計過程透過電腦輔助設計系統的應用提高生產效率亦是另一重點。

第二部分的內容主要是透過規劃設計的過程及呈現之設計內容整合，使設計內容朝向秩序化邁進，先取得合理化生產的條件，對自動化生產的推動方具有一定的效果。

1-1 建築資訊及規劃設計方法之自動化應用

本章主要內容將探討規劃設計前各種相關資訊的取得及掌

握，如對各種法規資訊的瞭解，使往後的工作在滿足法規的條件下可順利推動；另外在規劃設計階段電腦輔助設計系統的使用將可大幅提升設計作業的效率及品質，將圖面標準化更有助於往後施工階段之自動化，更重要的是各階段電腦作業流程的順暢與否，使各作業連成一貫之體系。

1-1.1 建築資訊之自動化應用

建築分類系統

由於電腦的普及，使得資訊的處理應用在現代社會日形重要，在建築產業圖面及各種應用資訊的傳遞，對建築生產的自動化更行重要。為使電腦資訊的交換過程不致產生無法作業的情形，因此建築分類的標準化及系統化工作是必須的。其優點在於使建築之規劃設計階段及生產施工階段的資訊共有化，使其形成一共通的语言，不管在資訊交換的過程或是使用的過程均能正確地傳遞資訊，是建築產業邁向自動化生產的重要條件。

過去國際社會對於建築相關資訊已開始進行體系化的工作，以促進資材設備的流通、建築生產合理化、品質的提升及降低造價等。較著名的如 UDC、ABC、CI/SfB、CIB MASTER LIST。UDC 為國際十進位分類法，主要為非英語系國家使用，其為全領域涵蓋之分類，範圍包含各種專業知識之領域，為一種系統性、階層化之分類法。

ABC 為 UDC 之建築版，其主要將土木及建築類系統細分化，提供建築專業領域更具參考價值的分類。其次為 CI/SfB 系統，此系統的出現主要因為建築與其他產業領域不同，而 UDC 系統無法滿足建築資訊之廣泛性，因此 CI/SfB 便以建築為中心所改良形成的一種分類系統。CI/SfB 主要分為五個範疇

- 0 都市計畫、設施（用途、機能）
- 1 部位（部位、部品、機器）
- 2 工程（施工與製品形態）
- 3 材料
- 4 業務與要求條件

此分類法主要特徵有下列幾點：

- 建築生產、實務所需要的情報對象相當廣泛。
- 可對於實際的應用及結果作一反覆的檢討。
- 為一種以歐洲為中心的國際性分類法。
- 在技術面尤其是構造設計與設

備設計為中心的技術情報分類不足。

- 對於概念整理的方法具統一性。
- 可依所需性質作獨自發展或擴張。
- 情報量與種類或使用者的便利性組合的階段目標相當詳細，可同時對應將來的變更。

CIB MASTER LIST 系統為 CIB 機構發展之分類系統 CIB（Conceil International du Batiment pour la Recherche l'Etude et la Documentation）即國際建築研究情報會議，主要為針對建築的研究、調查、應用及文獻活動與國際合作的推展促進為目的所設立的。從 1955 設立到現在，共有世界七十餘國約五百名會員，其活動的推展主要由作業委員會 WC（Working Commission）約四十個工作群負責。

CIB Master List 於 1964 年建立為有關於建築材料及製品屬性之共通目錄，自出版以來約經過三十年的變遷，被應用於建築設計及建設方面的技術文書已漸漸形成一種國際化系統。Master List 項目被各種形式文件做成時所採用，項目包括設計、建設、運用、維護、改建等流程。其將各種技術資料整理成一貫的形式。對於情報的檢索相當容易。

資 訊 管 理

Information Management

在建築生產的過程中，各種相關資訊的取得與應用是邁向自動化生產的一個重要條件。然而由於社會的進步，各種新技術、新工法不斷的產生，這些為數眾多的資訊若未加以妥善管理，在取得的便利性及實際應用上都會生許多困難，因此一個標準化的管理架構是建築生產資訊所必須建立的。

(1) 分類體系國際化標準

建立完整的管理體系，首先必須將資訊透過分類並加以標準化，目前對於建築資訊技術標準化的工作主要由 ISO(國際標準化組織) 籌畫制訂國際共通的分類體系之編組。在 ISO 內現設有技術委員會 TC59 (一般建築) /SC13 (設計、製造、施工過程資訊的編成、組織化) 等兩個作業部門來進行檢討資訊分類手法的標準化及建設分類體系的國際標準化工作。

(2) 過程模式

若從動態的觀點來看，建築生產資訊的體系是從業主的提案開始到建築物最終解體階段整個生命週期資訊的流通。建築生產過程是由構想、設計、生產、使用、解體五個次過程所形成的體系，而這些次過程亦由更下位的次過

程群所構成。

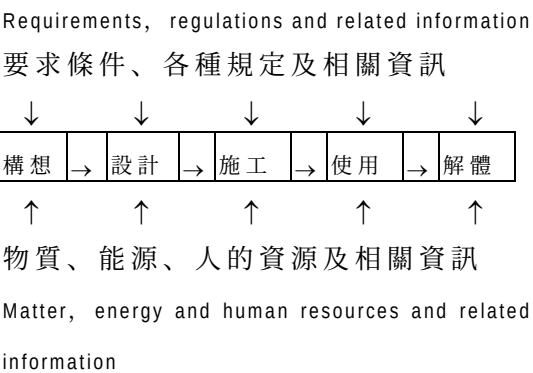


圖 1-1：資訊應用循環過程模式

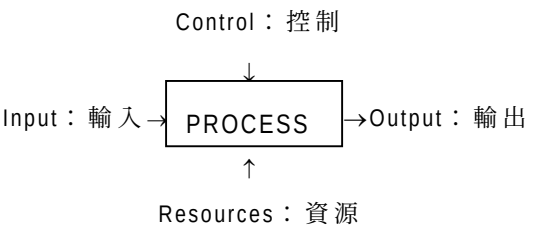


圖 1-2：基本過程模式

(3) 分類層級

上述概念化的建築生產過程之構成要素包括「資源」、「行為」以及「成果物」。其特性基本上是由八個不同性質類組所組成，亦即由底層的「資源」被用來供給最終的成果物，即『設施』，而設施則分為『空間』與物的構成部分，物的構成部分則分為『要素』與『作業部門』兩者。另外「行為」是由『管理』與作為控制資訊的『屬性』所構成。

Facili-ti es	Spaces 利用	Ele-me nts	Work Section	Constru -ction	Constru -ction
-----------------	--------------	---------------	-----------------	-------------------	-------------------

用途別 設施	空間 例：居住空間、 工廠、醫院	部位 構成要素 例：基礎、外 壁	工事 工種 例：石 材安 裝	Product 部材 製品 例：家 具、備 品	aids 假設資 機材 例：機 械、工 具
Management 一般的管理業務： 設計、計畫、組織化、成果物各階段決定過程， 如研究開發、金融、成本管理					
Attributes 屬性值： 種類的物理特性，如形狀、尺寸、精度、量					

圖 1-3：物理的資源與成果物及相關資訊

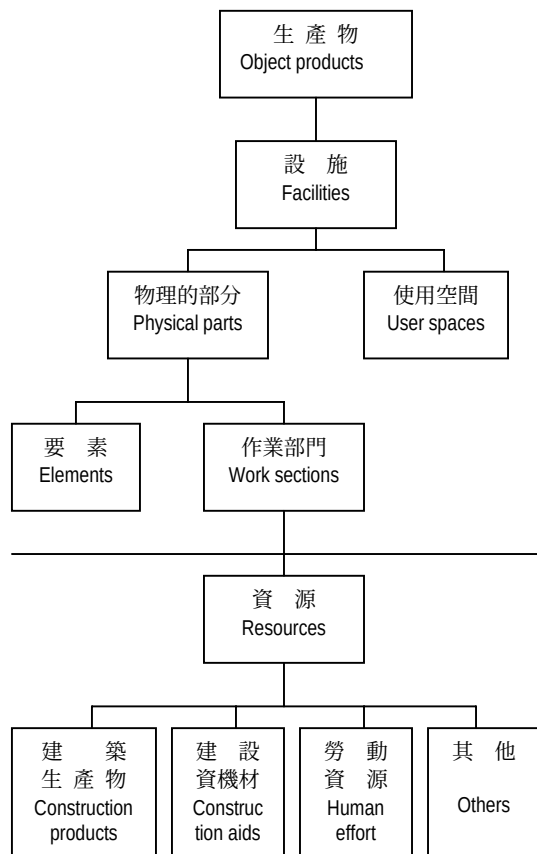


圖 1-4：分類層級

(4) 基本類組的定義及內容

1) Facilities 設施

單一或多重使用目的所形成的物理性構造物與設備（含敷地與外構）。建築物是部分或全體構造物為塑空間，構成遮蔽物所提供的設施，如工廠、醫院、住宅。

2) Spaces 空間

建築物其設施內部與外部所形成實質而非概念性區劃的三度空間，如休憩空間、辦公空間。

3) Element 要素

設施的物理性部分及組織單位，具特定的機能、形態，如基礎、外壁。

4) Work Sections 作業部門

在生產過程利用特定的建設資材與特定的技能與技術生產出設施部分。通常為專門職業的下包廠商。

5) Construction Product 建設資材

形成設施所需的製品、構構材及部品等（含家具、設備）。

6) Construction aids 假設資機材

模板、機械器具、消耗品、假設構造物所使用的資材等，為施工過程必要的物品。

7) Management 管理

預測建築生產的設計、計畫及結果的評價使生產得以組織化之經營管理。

8) Attributes 屬性

建設資材、作業部門、要素及設施全體所含種類的物理實體之特性及特徵，如構成材料、形狀大小精度、重量。

地 理 資 訊 系 統

Geographic Information System

地理資訊系統乃整合及應用各種電腦技術的特性，包括資料庫管理系統、空間屬性分析、模擬、多媒體存取檔案庫與動態性圖化的能力。其應用於建築生產各過程如下：

1. 規劃設計

GIS 可以整合都市計畫中規定的中心樁與道路交叉切角等資料，以及各種管線資料、雨水污水排放管線資料，再加上地形地貌、地質鑽探資料等，提供各種規劃所需的整體資訊，簡化規劃設計資料蒐集的工作。

2. 施工管理

透過 GIS 的分析與處理功能，可以對問題的管理、施工問題的嚴重性進行分析與評估；更可以透過 GIS 的挖填方計算功能，預先計算出不同工程將產生的廢土體積，及所需的填方體積，透過網路連線，使得土方的運送達到最經濟，並解決棄土問題。圖形與屬性資料的整合，相關單位可對施工進度、品質，作更精準有效的管理。

3. 設施營運及管理

在有關使用費、受益費的徵收，用戶的申請與停用等，可透

過套疊地籍圖與都市計畫圖，便可自動算出徵收地價及補償清冊，更可運用環域分析功能結合工程範圍圖，計算各級工程受益費清冊。各單位更可使用 GIS 產生精確的圖文資料以及相關位置設施圖，除了空間的圖形資料外，各圖形還可以將其相關的屬性資料與圖形資料結合，對於各種服務性資訊，也可加以記錄整合與連結。

4. 工程維護

透過 GIS 結合地形圖、都市計畫圖、樁位圖、行政區界圖、下水道系統圖等，可提供下水道系統工程維護的工程管理、公用事業地下管線埋設、建築管理等使用；此外，利用地理資訊系統的圖形與屬性整合分析功能，將各路段毀損的情形、挖補日期、施工單位等資料列管追蹤，並管制挖掘作業，避免重複挖掘的情形發生。

5. 其他工作

透過 GIS 可幫助管理、整理圖形資料管理、環境影響評估、用地取得等工作。

建築法規檢索系統

現代建築在各式各樣的需求下朝向多樣化、複雜化發展，建築管理的工作亦趨複雜，其範圍

可謂包羅萬象，其所牽涉的法規亦相當多，在建築物規劃設計階段乃至於施工、使用管理階段所面臨的法規要求若無一全面性的輔助系統，對於建築設計工作無形中提高許多困難度。

有鑑於此，在營建署及建研所等單位的推動下，目前已有建築

法規檢索系統的設置，其透過電腦網際網路的架構，提供建築相關人員乃至於一般民眾在建築設計過程一輔助性的資訊查詢系統，來掌握項目繁多的相關法規。其收錄重要法規條文，以關鍵語檢索方式，可迅速找出符合查詢條件之法條。

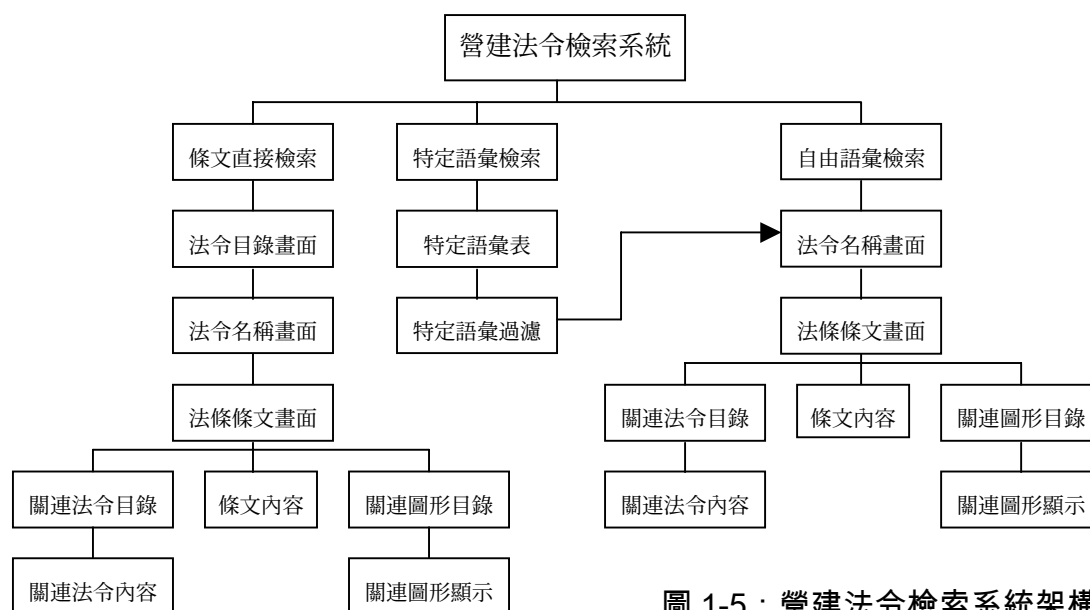


圖 1-5：營建法令檢索系統架構

目前此系統的子系統包括三項檢索功能：條文直接檢索、自由語彙檢索及特定語彙檢索。其主要功能如下：

- 條文直接檢索：
提供使用者依目錄或樹狀結構檢索，由上往下循序查詢。
- 自由語彙檢索：
由使用者自行輸入字串作全文查詢，並有常用自由語彙表以資利用。
- 特定語彙檢索：

系統將重要語彙先行檢索完成，並自動建立索引資料儲存區，當使用者依特定語彙查詢時，系統可直接自儲存區快速取得資料。

- 常用語彙檢索：
由使用者從常用自由語彙表選擇字串作全文查詢。
- 常用語彙維護程式（Usertool）：
提供一常用語彙維護程式，使用者可利用此一程式來建立自己的常用語彙表。

建 材 型 錄 檢 索 系 統

建築材料設備的品質與建築

安全息息相關，價格也有極大差別，但建材設備品質的判定若無專業知識往往無以著手。從設計施工實務而言，建築品質的維持要有高品質的建材設備，更須對各種設備的性能加以充分運用，以達成低成本高性能的建築設計，同時要能掌握建材設備的特性以作正確的施工。

且建築物的性能要求日新月異，各種形式之建材組件設備遂因運而生，在建築物設計施工過程對於各種新建材組件設備資訊的掌握更是重要，透過材料的顏色與質感充分表達設計者之意匠，並維持建築品質及性能之需求。

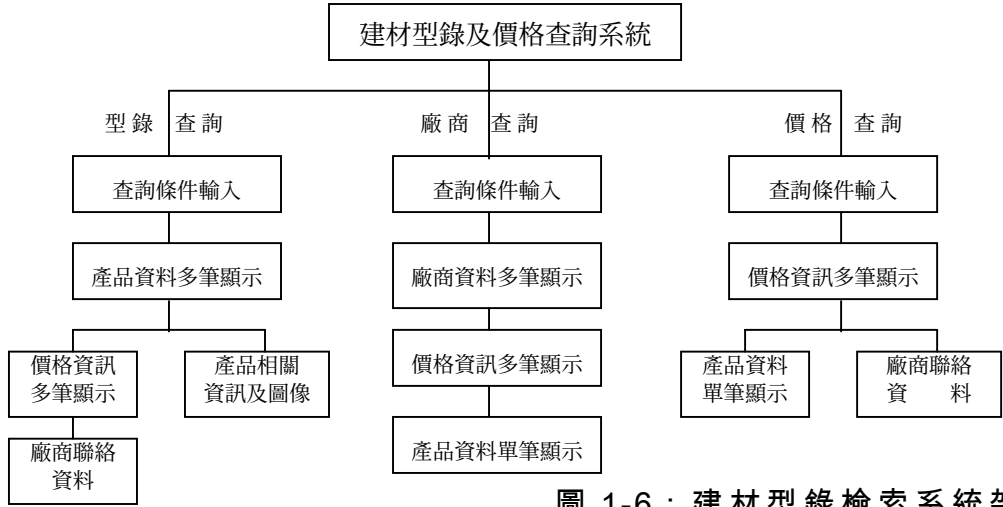


圖 1-6：建材型錄檢索系統架構

建材型錄檢索系統便是提供建築相關人員得以隨時掌握各種建材、設備之最新情報，包括新產品的介紹、特性、性能、價格等以輔助建築設計施工過程的進行。目前此系統提供三種查詢管道，以方便使用者進行資料查詢。這三種管道分別是：型錄查詢、廠商查詢及價格查詢。

完整健全之建材型錄檢索系統應具備下列功能：

- 提供多方面資料查詢功能，使
- 敷地規劃法規模擬系統**

用戶可藉由不同方式獲得建材的各項資訊。

- 可進行多欄位條件綜合檢索。
- 各項編碼輸入皆提供輔助輸入，即使不熟悉編碼原則，亦可輕易進行檢索。
- 提供資料下載（Download）功能，使用者可直接將其存入磁碟檔案或逕行列印報表。
- 同一畫面可瀏覽各項產品資訊，一目了然。
- 提供價格波動記錄資料，可藉此瞭解市場動態。

在建築物初步設計的階段，首先必須針對基地所適用的法規進行檢討，但在該單一基地上所面臨的法規包羅萬象，如都市計畫法、建築法等之限制，使設計作業事前作業繁瑣，相當耗時。

敷地規劃法規模擬系統便是透過電腦對於法規的限制資料進行設定，模擬該基地的建築量體，包括斜線限制、陰影限制、前願身度、建蔽率、容積率等，加以檢討並模擬，尋找出該基地最大可能建築的範圍。設計者可根據此最大範圍內設計出符合各項法規及建築需求的建築物，是建築物設計作業階段的一種輔助工具。

1-1.2 規劃設計方法之自動化應用

1) 電腦輔助設計

電腦輔助設計系統

Computer Aided Design

Computer Aided Drafting

由於社會結構的轉變，利用電腦的情報化時代已全面在各產業中展開，建築生產的過程現今亦幾乎使用電腦來輔助設計工作的進行，協助建築生產的效率提升，包括從初步設計的階段到營造施工階段施工圖的繪製，均含括在內。

所謂 CAD 包括 Computer Aided Design 與 Computer Aided Drafting 的略稱。前者指的是『利用電腦支援設計行為』，後者指的是『利用電腦來支援建築繪圖的工作』。而將設計作業 CAD 化的目的主要乃在於繪圖工作的效率化，其次的目的乃輔助支援設計過程的工作，有效來模擬並掌握設計內容。

CAD 的內容包括：

1. 企畫、計畫

設計初期階段對於高度比限制、日照陰影時間限制等法規的檢討，找出建築物可能的配置方式，配合建築物機能需求進行初步設計的工作。

2. 模擬

電腦輔助設計亦可利用其高速處理資料的特性，模擬各種設計的內容，如火災時的避難計畫、地震時的震動解析、電梯交通計畫、溫熱環境解析、照明解析、劇場的音效解析等，另外對於設計過程中構造設計的內容亦可利用電腦來模擬。

3. 繪圖

目前使用最普遍的即屬繪圖的層次，現今已有相當多的繪圖

軟體提供設計過程之繪圖工作，可提高繪圖之效率。另外如各種細部設計的標準圖或部品圖等資料亦可內建，提高使用效率。

4. 三次元的 CAD

在完成二次元的設計圖說後，可將其轉化為三次元的立體圖，掌握設計構想的正確度及輔助作為設計修正的工作。

從上述可知 CAD 為建築工程資訊之基本要素，在自動化生產的前提下，CAD DATA 之流通勢必為自動化之要徑，透過 CAD DATA 之流通可提高標準化之程度及生產效率。因此『建築生產資訊之流通環境的建立』為今後重要的課題；而目前存在的問題如下：

1. CAD Data 之著作權問題及對價。
2. Data 之責任範圍及權屬之認定。
3. 不同機種 CAD 系統之 Data 交換。
4. 共通製圖規則之訂定。

如能針對以上四項問題加以尋求對策解決，應用於建築工程之生產過程，則可謂新資訊時代之建築生產系統之來臨，對於建築工程之自動化及一貫作業有相當大的助益。

三 度 空 間 立 體 模 擬

所謂 C G(Computer Graphics)即是將建築設計圖利用三次元的表達以透視圖或動畫的方式，顯示設計作業的成果，用以輔助初步設計的工作。另外亦可利用於建築物的施工階段，將施工狀況、程序利用 C G(Computer Graphics)的方法透過色彩或透明度的區別來表達，輔助施工作業的進行。

圖 1-7：電腦影像圖

C G(Computer Graphics)在施工階段的表現大致可分為(1)施工順序的說明。(2)施工順序的檢討兩大類。施工階段用的 C G(Computer Graphics)最大的優點在於將錯綜複雜的工程利用立體化的處理，使其可達一目了然之效，使工程前問題點的發掘，減少錯誤的發生；另外亦可使不同職種在透過 C G 的表達後，釐清相互間的作業關係，提升作業的效率。

『建築之必要機能』之傳達工具，旨在透過設計圖表達建築物之概略形體及機能使人輕易掌握，其包括：

圖 1-8：電腦影像模擬圖

三度空間立體模擬為電腦輔助設計系統的一環，其功能主要在建築物各階段的設計作業，可將平面的圖形，利用電腦模擬將其轉換成三度空間的立體影像，透過終端設備或輔助設施呈現，包括室內空間、建築物量體、細部設計等，使設計者可清楚掌握建築物之形體，並可利用其作為建築物設計之檢討與修改。

2) 規劃設計資訊之應用與傳達

施 工 圖 之 C A D 化

所謂施工圖乃施工業者依據設計圖與說明書為基本，做成施工或製造之標準的圖面，以據以構成建築物。承包建築工程者依據施工圖提供各專業廠商或各部門之工作指令，包括材料、尺寸、程序等資訊以順利建造建築物。其目的乃針對各施工者作時間及空間上的整合，減少不同專業者間之施工衝突，提高生產效率。

在建築生產過程中上游的設計圖，主要為『設計意圖』及『建

1. 設計內容完成後表達之 presentation 圖面。
2. 施工之必要資訊傳達之生產用圖面。

而在理想上若能將兩者合而為一，必可減少許多作業，然而在實際應用上實屬不易因此其間之整合工作即相當必要。因此在建築生產邁向自動化的前提下，由設計事務所之 CAD 與生產單位營造業之 CAD 圖面的傳達與統合實有其必要，藉以形成生產之一貫作業，提高自動化之效率。

圖 1-9：施工詳圖示意

在這方面的重點主要有兩項，一為事務所在設計階段的整合工作，如何正確地傳達至營造

業之施工圖說，如資訊系統的界面整合、指令的統一、圖面的分解等，使整個設計過程到施工生產過程之圖面能一貫作業。

另外即為著作權之責任權屬問題，一旦營造業直接將設計單位之設計詳圖直接轉化為施工圖說，其使用部分的著作權問題以及其施工中完成後之責任權屬應作明確的設定與整理。

圖 1-10：樓梯之施工詳圖

綜上所述，施工圖 CAD 化有助於建築工程之自動化生產，但仍須與上游設計單位之設計圖說作資訊整合的工作，如施工圖 CAD 化後，對於竣工圖亦可 CAD 化，使的在建築物使用階段可透過 FM 系統充分掌握建築物之性能、資源，發揮使用效率。

因現今建築物趨向複雜化及大規模化，多種類多樣化之設備機器、OA 機具、家具等，在複合化設施或大規模建築若無電腦之支援無法達成 FM 之充分條件，因

此施工圖之 CAD 化不僅在於生產階段之資訊整合，對於建築物往後的使用更可提供支援 FM 系統，充分發揮建築物的使用效率。

電腦整合營建

Computer Intergrated Construction

C I C (Computer Integrated Construction) 即營建業利用電腦資訊將工程所需之各項設施、圖面整合之手段，以利建築物生產流程之進行，其與製造業之 CIM (Computer Integrated Manufacturing) 雷同。

建築工程所運用最基本的 CAD 系統在設計單位方面已利用於企畫設計、基本設計、詳圖的繪製等，而施工單位則有效地利用於估算、施工計畫、施工圖的製作，因此未來的方向即應從設計與施工階段之整合為首要工作，包括設計者、營造廠商、下包廠商之資訊整合是目前所期待的方向。

從資訊整合的方向來看，建築生產情報的傳達與回饋是整合的主要工作，因此資料庫的建立是另一要務，進一步在建築物完成後配合導入 FM 系統，有效掌握建築物使用階段之設施管理。

因此 CIC 所強調的是一個整合的工作，從設計者、施工者、協力廠商到使用者之統合。也就是從 CAD→CAM→CIC→FM 之資訊的一貫性。在 Data 標準化與施工方

法系統化之下及電腦與網路的組合運用，新式的生產管理手法已成為未來建築生產過程不可或缺的工具，因此在 CIC 的資訊整合之下，其系統包括以下四大類：

1. 管理資源系統

Computer-Aided Management System

為包括工程計畫、勞務管理、揚重管理等日常管理支援系統。

2. 技術支援系統

Computer-Aided Engineering System

包括假設工程的構造計算與擋土牆等的技術計算、混凝土的品質管理等。

3. 事務自動化系統

Office Automation System

在生產現場事務所 LAN 的構築與情報網路的建立，處理各種會計之事務等工作。

4. 施工自動化系統

Construction Automation System

施工現場的計測、搬運、加工、組立與檢查等各工程以電腦控制建設作業的可能。

1-2 規劃設計內容對施工自動化之對應

本節主要探討的內容主要在可提供合理化生產的規劃設計內容，如此方能順利轉換至自動化生產的腳步。建築產業型態與其他產業的一致性有相當大的差距，因此在建築物的規劃設計過程，必須透過一些「秩序化的方法」及「合理化的手段」將設計內容作一定程度的整合，如此在施工階段方能提供自動化生產的條件。

1-2.1 設計內容之秩序化方法

標準化

Standardization

在一切講求效率及大量生產的社會中，從整個產業平衡的觀點而言，未來建築產業逐步邁向工業化方向似乎是必然的趨勢。此種社會的動向導致系統建築、房屋工業化、甚至開放式建築的產生，進而有建築材料之規格化與標準化以及營建合理化的需求。

所謂標準化指的是一種構件、材料系統上尺寸的統一，其

透過一基準數值、系統的制訂，使各設計生產之各單位得以依循；在建築上的應用如模矩配合措施、開放式系統、部品尺寸的統一等，使建築生產具高效率、高品質成效，並使建築設計內容得以在秩序化的方法中操作，提升建築物的生產性。

而由於工業化的發展，標準化、規格化的要求越形重要，世界各國皆按其需要及地域特性與歷史條件分別訂定了不同的模矩規範如 CNS、JIS、ISO、DIN，以期達成建築產業統合與生產合理化進一步達到成本之降低。

另外，在實施標準化後，如何應用尺度控制使組件達到具有互換性是相當重要的。因組件製造及安裝時均會產生偏差，又部分組件接合時需置入墊片等防水材料，組件間多少會預留空隙以應接合施工之需，其中必須考慮的因素如間隙、製作容許誤差、位置容許誤差、偏差最大容許尺度、最小容許尺度等，建築設計者及組件開發者必須清楚期間關係才能加以靈活運用。

CNS：

Chinese National Standard
中國國家標準

JIS：

Japan Industrial Standard
日本工業規格標準

ISO：

International Organization of
Standardization

國際標準（組織）

DIN：

Deutsche Industrie Normen
德國工業標準

圖 1-7：整體衛浴分解圖

模 矩 配 合

模矩是一種量度單位，為模矩配合之目的而定下的尺寸數值，用作尺度配合之增量。依模矩使用的性質，其內涵有二：一為列出一組易使用的尺度（數值）以作為決定建築組件尺度之依據，這個數值稱為模矩數列，另一為基本量度單位之大小即基本模矩（Basic module）是模矩之最基本單位，其大小可供建築物、建材或組件尺寸所適用。基本模矩為一特定之尺寸，此尺寸為其他各相關尺寸之基準。

模矩配合為利用一基本尺度

及其數列發展一適合建築物空間尺度之基準系統，並以合乎該模矩數列之組件，進行空間設計使組件與空間達到尺度配合之相互關係。建築之模矩配合即為利用共同之尺寸量度於建築生產過程中，制定建築中組件之相互尺度配合之規定，以達到生產合理化或系統化之目的。

模矩配合的要素主要有(1)模矩：是一種尺度的單位，用作尺度配合之增量。(2)組件：所有構成建築物的各種成品均稱為組件，乃是建築各相關產業所生產的物品。(3)基準系統：決定建築物各種空間及組件位置之系統，對組件之安裝提供或指定一參考位置或參考面。

另外格子對建築的設計與生產而言，是一種廣為使用的工具，依設計方法與生產方式的不同，格子具有各種不同的機能及用法。建築中通常用格子來掌握空間的尺寸關係，即藉格子以掌握及整理各種不同用途的空間尺寸，使空間尺寸納入模矩系統以進行各種空間的組合配置。

現代模矩配合目的可說是為了建築生產的合理化而制定尺度的基準，它完全著重於提高建築的生產性。模矩配合有下列幾項功能：

1. 為決定尺度之工具，能簡化設計中繁複之尺度關係，促進設

計圖及設計程序之合理化。

2. 能貫徹企畫、設計、組件生產、施工之尺度統一關係，以利工程之協調。
3. 以建材或組件的基準面為領域面，能明確指示建材或組件在建築物的位置，使建築計畫單純化。
4. 可藉以選定優先尺度，使建材或組件種類減少與單純。
5. 能藉模矩配合之關係，利用各組件領域之關係，以清楚劃分現場作業之職責關係（Job Co-ordination）。

圖 1-8：模矩配合範例

對稱性、重複性

對稱性與重複性是建築生產過程邁向自動化的重要手段，其優點在於系統秩序的建立，以利工業化部品的生產，滿足經濟性

的需求，達到大量與效率的結果。而其方法可從建築平面與立面的秩序化兩方面來著手。

建築平面是建築物構成的關鍵，也是建築物各構件組合關係的決定因素，因此平面的標準化及對稱性、重複性乃為建築生產自動化的基本骨幹，其重點在於平面標準化及對稱化後有利於建築構件、組件之標準單元化，促進作業之單純化及組件之量產效果，以達到生產過程中組件種類少及重複性之效益，透過工業化生產可大幅降低現場繁複之作業量。

圖 1-9：平面之標準化及對稱性

另外在建築物立面的秩序化上主要乃考量外牆系統的生產性，透過外牆立面尺寸、開口部、構件等的整合有利於單元化組件的形成，達到工業化生產的目的。

1-2.2 生產合理化之設計處理手法

界面整合

在工業化的前提下，若將建築物視為部位與構件的組合則其可分為結構體與非結構體兩大部分，就結構體要素而言，則又分為柱、梁、樓版、樓梯、基礎等，非結構體要素則分為內外牆、屋頂、門窗、外構等，也因為透過這樣的分析，才能清楚掌握建築物的各種界面間之相互關係及系統化的組合關係。

所謂界面整合在建築生產上所強調的包括

- (1) 部位、構件間的相互關係。
- (2) 部位、構件間施工時序關係的掌握。

而結構、裝修與設備界面之整合重點主要是針對各工業化組件或產品之運用，將其作業上之關連性透過建築之規劃設計與施工階段之現場施工圖，從工作程序、配合條件、構造組裝方式等先作深入的探討，以充分發揮工業化產品與組件之優勢條件與特性。

原則

1. 盡量使次系統獨立

建築中包含許多不同的次系統，開放系統的原則為如果這些次系統愈能彼此獨立，且由不同廠商共同競爭生產則建築物之品質就愈能改進。將劣質的換成優良產品而不影響其他的次系統。如果能將隔間系統標準化，例如牆的厚度一定，門框的生產可以多樣化，任何門都可以彼此替換而不必擔心與牆的配合。

2. 區分層級

各種次系統的更換都不必影響到建築結構體。因此二者可以區分出來，建築物可以看成兩個層級：其一是填充層級，另一是支架體層級。每一層級皆有其自主性。因此使支架體的設計不必完全確知室內的單元平面。而填充系統的設計，也不必事先知道究竟是置入哪一個支架體。

3. 兩個層級的供應系統

管線的供應系統也應該有兩個層級，即支架體層級的管線與填充系統的管線。二者必須能接合，但又可以分離。因此，當填充系統中的管線改變時，不必更動支架體中原有管線。

4. 各個層級各自的次系統

圖 1-10：界面整合示意圖

因此可以說『界面整合』是建築生產邁向自動化相當重要的工作，其可簡化繁雜的施工程序及部位間的接合方法使施工時程控制容易、工程品質的掌握確實，同時提供自動化生產的先決要件，是界面整合所強調的重點。

開放系統 OPEN SYSTEM

開放系統為考慮結構體與非結構體之特性之一種系統化的營建方式，其目的為提供高生產效率與使用彈性。建築物為高耐久性之結構體與多樣化之室內外裝修及設備所構成。結構體之營建生產往往受限於地質、基地、樓層、結構行為等因素，具有長期生命週期不易更新之性質。

而室內外裝修設備則為生命週期較短，較易受生活型態改變而須更新之需求。各基地之結構體之生產或許只能由一個營建單位負責，然而室內外裝修及設備較容易能容許不同生產廠商之競爭。

以下為開放系統的一些普遍

在填充層級中包含一些各自獨立的次系統，例如隔間牆、門框、廚具、衛浴以及管線等。在支架體的層級也有其次系統，例如預製的柱、牆、樓板以及立面系統、屋頂系統、樓梯系統等。

5. 獨立製造

一旦這兩個層級中的次系統都可以分別獨立，其製造便更為經濟有效。不同系統的製造商可以確信其產品是能彼此配合的。開放式營建的想法就是鼓吹自由市場的系統化，如此才能鼓勵採用市場上已有的次系統。

開放系統		封閉系統
開放型組件 (具互換性的既製組件)	構成組件	封閉型組件 (透過閉鎖系列的特殊組件)
必須充分考慮模矩配合	模矩配合	模矩配合的重要度較低 (設計圖主導型)
必須充分考慮作業配合	作業配合	作業配合之重要度較低 (設計圖主導型)
- 具互換性，可以對應使用者的多樣性 - 如能充分考慮模矩配合與作業配合，則可以大量生產而降低成本 - 責任分擔及保證制度明確化，糾紛處理容易 - 品質管理容易	價值	- 可以對應特殊訂製 - 大量訂購時，實際上會比開放型組件的成本更低 - 次系統結節容易(營造上的分割) - 整體性管理容易
各個封閉系統規模較小時，開放系統便會滲透進去	量產性 界線	封閉系統規模擴大時，就會出現開放型組件

表 1-1：開放系統與封閉系統的比較

性能發包、代案發包

一種有別於傳統以完成工程圖說詳述之各種要求為成果的招標方式，其係以設定建築物各部

位或空間要求性能為依歸的條件進行招標，承包者需達成設計圖說所要求的物理、化學性能為目標，其得視各業者之能力在一定範圍內自行調整各部位或空間的設計內容。

傳統以完成工程圖說詳述之各項要求訂定契約的發包方式常造成承包者為了取得建造權，常有偷工減料的不法情事發生，導致工程品質無法受到保障。而性能發包則視建築物最後完成的各部位及空間整體是否達於契約中之要求為最後驗收之依據。承包者得視各自之施工能力與所採用的材料完成設計者及業主的需求。

此舉不但可以確保建築工程

品質，免去設計者繁複之施工圖說，更可刺激營造施工業者開發新式建材及新式構工法，節省資材而達到同等性能之結果，對於整體營建環境可收改善之效。

而所謂代案發包即設計者在完成建築物基本設計圖說資料後，由欲承包之營造施工業者斟酌各自之能力，提出一套低成本且確保品質需求的施工圖說，其基本的空間架構及各項需求並未改變，營造單位可在相同的要求條件下公平競爭，協助業主及設計者以低成本高品質的目標完成建築物，其特點乃強調彈性之設計內容。此舉可避免傳統發包方式為取得建造權而削價競爭，導致建築品質低落的情況，並可改善浮報工程造价的情況。

第二章 主結構體構工法

建築生產架構，可分為主結構體（又稱軀體）、次結構體（又稱非軀體）兩大類。不論主次結構體其自設計至施工完成牽涉至兩個層面，一為其結構體之物理構成方式，一為其建造施工方法。

構 法

Building Construction

構法之定義於日本出版之建築大詞典中解釋為「建築物的構成方法，係由材料組成組件所構成的方法」，亦可稱之為「建築硬體之物理性構成狀況」。日本新建築學大系 48中解釋為「將特定之材料、組件，以特定之接合方式所構成之系統，可實現性能之要求」。

又內田祥哉教授於構法論一書中解釋為「建築之構法乃指建築物組合方法之系統，可由構成組件、構成組件之接合方式、構成組件之接合方法等三要素來說明。」

綜合上述論點，構法係為實現建築物全部或部份的機能，選用適宜建築材料，經由適切接合技術所建構的構造系統。構法具有全體構法與部份構法兩方面之意

義，一指建築全體硬體構法，另一是指建築部份硬體構法，例如加強磚造構法是指全建築之構成方法為全體構法，鋁帷幕牆構法或某種屋頂防水構法為部份構法。如屋頂防水構法、加強磚造構法。

工 法

Construction method

工法之定義在於日本出版之建築大詞典中解釋為「建築物的組合方法、建造方法、施工方法」。其構成要素為實現的手段、順序。故工法是指建築物於建造上、組立上之施工方法。日本新建築學大系 48中解釋為「使用特定之生產設備，以特定之作業程序實現特定構法之系統」。

綜合上述論點，工法係為實現建築物全部或部份所定的構法，利用適宜的生產設備，經由適切的作業程序所建立的施工方法。如 PU 防水工法。

構 法 與 工 法 之 比 較

Building Construction and
Construction method to compare

構法與工法之意義常易混淆，工法所考慮的是為了實現既定之詳細設計內容，應採用何種施工原理及方法。而構法則是對於如何選擇何種形式建造，以及所建造出的成果具有何種性能。故構法與建築計畫的條件關係密切，構法的任務為利用建築組件之組合方式滿足建築計畫之條件。

構法是以特定的材料及組件，經由特定的接合法所構成的系統。而空間所要求的性能，是根據構法來實現的；而工法則是利用特定的生產設備，經由特定的作業程序以實現特定的構法系統。

	構 法	工 法
目的	要求性能的實現	構法的實現
限制條件	生產條件	生產條件
要素	建築材料／組件	作業／人、機械
附屬於要素的屬性	性能、造價	造價、工數、生產設備
要素間的相互關係	接合法、構成	作業的前後關係

表 2-1：構法、工法之比較

構 法 開 發 動 機
Building Construction
Development Motivation

構法所意指之對象並非新創之內容，長久以來之各種建築構法方式大多屬於一種經歷考驗具安定性的構法。而構法會因自身性能之優劣及外在因素之變動而遭淘汰。在社會環境的變化下，例如建築內容之需求或建築生產方式改變時，即有的構法以及建築生產方式往往無法滿足新的建築之要求，因此構法開發應運而生。

動機之種類		事例
新技術之應用	新建築材料之適用	ALC、GRC、CFRC、超高強度混凝土、發泡金屬新建材等
	新加工技術之適用	高精密度加工、大量生產
	新建設機具之適用	大型機械、自動機械
	新管理技術之適用	工程管理、勞務管理、安全管理、品質管理
新要求條件之對應	新建築機能之實現	空間機能（超高層、大垮距、可變性）、建築構件的機能、設備的機能
	新設計之實現	特殊造型、特殊空間
	社會要求滿足	生產性的提昇、省能源、開放系統化、勞力不足之克服、省力化
	特殊條件之克服	嚴酷的自然條件（氣候、地盤）、偏遠地區、超高層條件、公害問題

表 2-2：構法開發之動機表

構 法 合 理 化
Building Construction
Reasonableness

由於科技不斷的進步，許多新

的構法被開發而達到產品多樣化及自由競爭之目的。故除了產品的價格、性能、工期等基本要求外，一個合理化的構法，應能配合當時當地之工程環境，來提昇整體的生產力。

因此未來國內構法合理化可從兩方面著手。一為如何利用構法本身開法減少現場勞動力之職種，以增加施工效率（例如：樓版生產中，KT版係於地面事先生產，以構法合理化為出發點將其施工作業標準化後，一般之雜工就能生產施作，不需特殊技術工種），二為如何依構法本身產品之商品性質之差異加以不同之合理化。

構法計畫

Building System Design

構法計畫可說是用組件及構材來構築建築物的方法。也就是使用何種材料、何種方法來實現何種機能，並達到降低成本等主要目的，此方法稱之為構法計畫。

所以構法計畫可以說是基於物體生產的可能範圍（生產範圍）。為對符合所要求的性能與品質（機能層面），針對建築及各部位材料的呈現方面，所擬訂指導方針等一連串作業。

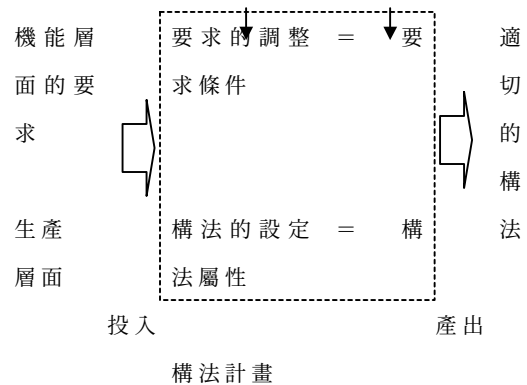


圖 2-1：構法計畫的整體流程

資料來源：建築構法計畫 P5

2-1 主結構體構、工法

Main Construction Building Construction and Construction Method

主結構體依其組成單元可分為柱、梁、版、牆等元素，又因結構材料類別的差異可分為RC、SRC、SC等三類型，故主結構體生產流程會隨著基地條件的差異，各有差異。故針對主結構體構、工法實有必要加以深入探討。而本章著重重點偏向於營建工程自動化材料、施工構工法等方面，與第四章、第五章施工管理、機具有所差別。

2-1.1 主結構體生產體系

Main Construction Production

國內主結構體生產自動化，主要著力點有三方面，一為傳統工法的改良，二為複合化工法，三為工業化工法等三類，可以從八十五年度建築工程自動化新工法新材料應用現況調查中得知，國內針對主結構發展起始於六〇年代所推動的房屋工業化（1970~1984），而當時係由經濟部會同經合會成立推廣小組來推動。但卻由於當時施工技術、品質等障礙，而造成漏水、使用者抱怨連連等問題，因而宣告終止。而於1985~1991期間因為上述問題而造成國內技術發展停滯不前，但卻也醞孕出下一波的複合化工法的興起。

由1992至今所推動複合化工法其係吸取房屋工業化的經驗，加上國內產業環境協調，並以「因地制宜、適材適所」等觀念的應用，其成效良好，一掃過去的陰霾。故針對主結構體自動化工程因而提出了合理化工法的觀念。其內容包含傳統工法的改良、工業化工法、複合化工法等三大方向，內容分述如下：

合 理 化 工 法

Reasonable Construction Method

台灣地區營建市場隨著國內經濟快速發展而呈現快速成長繁榮，但台灣營建勞動力卻因社會

轉型快速而未能配合市場需求轉變，反而大量萎縮。因上述環境變遷造成目前營建業普遍面臨的勞工短缺、工資高漲、技術不足、品質低落、資源浪費等問題。因此合理化工法係基於以上因素，針對建築之工法改進研究，可謂之合理化工法。其優點如下：

1. 可減少現場工作量，以方便現場管理並提高工程進行中之安全性。
2. 減少工人之使用量，因應工人嚴重不足之現況。
3. 藉由工廠製造，提高各部位組件之精密度，進而減少現場施工錯誤之機會，以提高工程品質。

故針對各合理化工法其主結構體各部之工業化程度與其整體預鑄度之高低，可將合理化工法分為傳統改良工法、複合化工法、工業化工法等三大類。由圖2-2可看出，係以建築部位使用預鑄組件之比列為分類，建築部位中無採用或僅有外牆系統使用預鑄組件，可稱之為「傳統改良工法」。建築部位中有同時採用預鑄組件，並結合傳統工法之優點者，可稱之為「複合化工法」。而施工法式採全預鑄方式，採用大量預鑄組件則稱之為「工業化工法」。故針對各工法的內容分述如下：

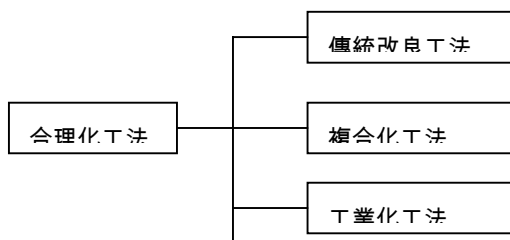


圖 2-2：合理化工法之分類

2-1.2 傳統改良工法

Traditional Improvement
Construction Method

傳統改良工法，其改良方向偏重於針對傳統施工程序及方法加以改善，其施工方式以現場施工為多。故針對各部位施工程序及方法改良，都含蓋於本工法中，如鋼筋預組、鋼筋續接、系統模版、大型模版等都是本工法的觀念應用。其內容分述如下：

系統模版

Systematically Template

系統模版係結合高性能、新材料，透過系統化的方法將模版組件模矩化、標準化、大型化及整體化所組成的模版。其特性為避免現場裁切、加工，達到縮短拆組時間、減少技術工需求，以確保品質、安全及降低成本的一種模版工法，而稱之。其內容另詳 2-2.3 模板工程合理化。

鋼筋預組

而鋼筋工料費用亦為建築主結構體施工費用比例最高的項目之一，同時鋼筋的加工組立作業也是勞力密集的作業項目。故考量各不同的施工施工程序、施工機具來達到縮短工期、降低人力、確保品質、增加安全等目標，便成為鋼筋工程追求施工自動化的方向了。故針對鋼筋工程自動化可從現場管理改良、鋼筋預組、鋼筋續接等方面來自動化。其內容詳 2-2.4 鋼筋工程合理化。而鋼筋組立工法大致可分為傳統式工法、現場預組工法、工廠預組工法、混合式工法等四大類。

2-1.3 複合化工法

Compound Construction
Method

結構體依其組成單元分為柱、梁、樓版、牆等單元，因其施作方式可分為場鑄、半預鑄、全預鑄等方式，但常因基地條件、施工技術等環節，而有不同工法途徑，故結構體其工法途徑，如圖 1 所示的各種途徑。

複合化工法其主結構體部位之部分組件採取預鑄方式，一部份仍採取傳統工法加以改良，取其兩種施工方式之優點，因此稱

之為「複合化工法」。此種工法可因工程本身之不同條件設定其最適宜之預鑄度與預鑄組件之生產。其予非預鑄部份則研究其現場合理化方式，因而能夠發揮因地制宜之特色，降低生產與施工技術之限制。複合化工法之目的係考量個案基地環境、協力廠商、採因地制宜之方式，選擇最經濟有效之施工組合來完成工作。

圖 2-3：結構體工法途徑

以國內花蓮山海觀集合住宅為例，其係考量國內現有生產技術及當地施工環境，故複合化工法為一種生產連續性的追求，將過去所發展的施工技術，選擇最適當的技術，依其環節所組成的施工系統，如圖 2 所示以花蓮山海觀集合住宅標準層結構體施工流程圖。在本案例中因考量因地制宜的生產方式，而提出的複合化工法，內容如下：

	部 位	對策內容
結構體部份	樓 版	KT 版
	模 版	梁模、柱模組件化
	支 撐	梁柱支撐系統化
	鋼 筋	梁柱鋼筋預組化
	外 牆	外牆模版組件化
非結	內牆隔間	乾式隔間牆

構 體	衛 浴	整體衛浴
	配 管	配管單元化

表 2-3：複合化工法引用之技術

施工流程	圖 示	施 工 照 片
放樣、立柱筋		
組立柱模		
柱灌漿（至梁底）		
柱拆模、組牆模、綁牆筋		
封牆模		
組梁模、立支撐		
半層版吊裝		
組梁筋		
配版上層筋		
整體灌漿		

圖 2-4：標準層結構體
施工流程圖

由上述案例中可看出，複合化工法係將省力化、施工合理化等觀念引入主結構體生產中，故針對複合化可使用之手法彙整如下：

	部 位	對 策 內 容
結構體部	樓 版	KT 版、中空樓版
	模 版	梁模、柱模組件化 捨模、系統模版

份	支 撐	梁柱支撐系統化
	鋼 筋	梁柱鋼筋預組化
	外 牆	外牆模版組件化

非結構體部份	內牆隔間	乾式隔間牆
	衛 浴	整體衛浴
	配 管	配管單元化
	廚 房	整體廚房

表 2-4：複合化之手法

半 預 鑄 工 法 Half Precast Construction Method

半預鑄工法其係事先經過週詳之規劃、設計，將建築物分割成全預鑄或半預鑄單元，而經由工廠預先生產再運至現場組立後澆置成一體。其採用預鑄場可大量生產，品質容易控制之特性，及工地良好的管理及低成本等特性，而使得建築工業化的理念可以付諸實現。並減少接頭強度不足及接頭漏水等問題。

預 鑄 單 元 Precast Unit

預鑄單元係指在現場或工廠事先製造、加工的混凝土組件或構材，而至現場組立完成，其單元如柱、梁、版、外牆、隔間牆、帷幕牆、陽台、花台、窗台版等

單元而稱之。

合 成 樓 版 Synthetical Floor

合成樓版係利用不同的材料及施工程序組合來生產樓版，其特性為無支撐、跨距大且可充當模版使用，故其施工品質、成本、工期等都比傳統工法有大幅度的提昇。

其類型可依樓版形狀不可分為平版、折版、肋版、中空樓版等。目前國內以中空樓版、平版式 KT 應用上最為普遍。

積 層 工 法 Laminated Construction Method

所謂積層工法係以純韌性剛構架為主體的工業化工法，將工廠所預製的柱、梁、樓版、內外牆等，以一層或數層為單位先組立結體，再將裝修設備等一層作業全部完成後再推展到上一層，使生產管理也能達到合理化的系統化工法。其適用的構造方式含蓋 S 造、SRC 造、RC 造或複合式構造。

不同構造形式的積層工法，其共同點為每層樓版完成後，外牆也同時跟著往上構築。此工法的優點有下列幾點：

1. 屬純韌性剛構架系統，設計自由度大。
2. 採用工業化工法可大幅縮短工期。
3. 工廠預製(鑄)化的部材，精度高、品質好。
5. 現場作業省力化及降低公害。
6. 安全性提高

以下就各種構造形式的積層構工法分述如下：

RC 積層工法

RC Laminated Construction Method

已廣泛適用於中、高層 RC 集合住宅、大型商場建築、中低層辦公建築等。基本上採 VH 工法，再依施工條件不同，而採不同的預鑄化部材，例如：

柱：現場打設或預鑄化

梁：部分預鑄(錨定、中央接頭)

樓版：半預鑄版、鋼承版或其他

外牆：PC 版或 PCaF 工法

剪力牆：現場打設或大型預鑄化

圖 2-5：RC 積層工法

SRC 積層工法

SRC Laminated Construction Method

適用於高層集合住宅、倉庫、一般建築物的地下層或高層住宅大樓的低層部。與 RC 積層不同的是柱與樓版的混凝土，一般為一體打設。施工例如圖 2 所示。

S 積層工法

S Laminated Construction Method

此工法被廣泛應用於超高層建築物，辦公大樓可將鋼承板與設備以大型化單元吊裝施工，而被稱之為單元樓板積層工法。

其他旅館等建築物則採半預鑄板、小型 DECK 單元、或全預鑄板的組合方式。

複合積層工法

Composite Laminated construction method

為了符合需求的多樣化及建築設計的變化，需要大跨距空間而開發了複合 RC 積工法。此工法最大的特徵係採複合構造梁 CBS(Composite Super Beam)，即梁中央採用 S 造，端部採 RC 造，將兩種結構特性達到合理性的一種複合構造形式。使需要大跨距

空間的辦公建築，從原來的 SRC 造可變成合理的複合構造。

建築上，但由於成效不佳（防水、接頭、造型呆板）等因素無法克服，而宣告終止。

工業化之特性，與傳統工法方式比較其預鑄度程為最高，且工作過程之改變最大。生產過程大部份都在工廠預先生產，現場僅組裝工作，故可節省大量現場勞力，提昇生產力。因此各種組件精密度之要求相對提高，接頭處理也較複雜，所以對生產及施工技术限制條件較多，故需支付之代價相對提高。

圖 2-6：SRC 積層工法

2-1.4 工業化工法

Industrialized Construction Method

二次世界大戰後，由於傳統工法需大量人力及時間，無法應付災區重建工作及人口大量集中化之住宅需求，故歐洲、蘇聯、日本等國家開始大量採用預鑄方式生產，使其在短時間內提供大量的住宅。

故工業化工法係各部位組件多採預鑄或全預鑄之方式生產組件，其特性為具有高度工業化、現場作業量少、施工精度高等特性。而國內於六 0 年代中旬曾推動過房屋工業化，其主要以版式結構為主，並廣泛的應用於國宅

工業化工法依其預鑄部位的差異可分為主結構體工業化工法及次結構體工業化工法兩大部份。又依其預鑄程度（Pca 化率）的差異而區分出不同的工法，其內容如下：如表 2-1 所示，因各部位的預鑄度的差異（PCa 化率）而衍生出不同的工法。

主 結 構 體 工 業 化 工 法

Main Construction Industrialized Construction Method

主結構體工業化工法，係指如柱、梁、剪力牆等部位，局部或全部採用預鑄等方式施工，而稱之。如 TO-RPC 工法、SST-R 工法、H-PR 工法等。

故以各部位為分類，整理工業

化工法的分類，詳如下表所示。

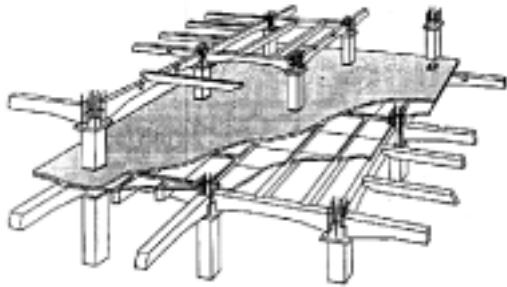


圖 2-7：TO-RPC 工法示意圖

Industrialized Construction Method

次結構體工業化工法，係指主結構體以外的部位以工業化方式生產，如小梁、樓版、陽台、隔間牆等而稱之。如預鑄樓梯

圖 2-8：預鑄樓梯

	工 法	柱	梁	樓 版	牆
1	TO-RPC 工法	RC 預鑄	RC 預鑄	預鑄版	預鑄版
2	THS-ASTM 工法	S 造	S 造	預鑄版	預鑄版
3	SST-R 工法	RC 預鑄	RC 預鑄	半 預鑄版	預鑄版
4	PASH 工法	壁 式 RC	預 鑄 版	預鑄版	預鑄版
5	H-PR 工法	S 造	S 造	半預鑄版	預鑄版
6	BT 工法	SRC 預鑄	S 造	半預鑄版	預鑄版
7	墨股城 工法	RC 預鑄	RC 預鑄	半預鑄版	預鑄版
8	KHP-PC 工 法	RC 預鑄	RC 預鑄	半預鑄版	預鑄版

表 2-5：工業化工法解析圖

次結構體工業化 工 法

Secondary Construction

2-2 鋼筋混凝土構造

Reinforce Concrete
Construction

由八十五年度內政部統計年報中得知台灣地區已核發之使用執照中，佔總樓地板面積 81%鋼筋混凝土構造為國內目前最普遍採用的構造物，故針對鋼筋混凝土自動化發展趨勢可由地下室施工自動化、混凝土施工自動化、模版施工自動化、鋼筋施工自動化及預鑄工法等方面來探討。

2-2.1 地下工程施工自動化

Automation of
Underground
Construction

地下工程主要可分為擋土支

撐、地質改良、排水、開挖等四方面為主。故針對其施工自動化的方向分述如下：

地質改良工法 Geology Improvement Method

地質及基礎施工方面，因常牽涉到大型施工機具，及特殊施工機具，故在自動化方面，納入第四章施工機具範圍內，故本章不再另行探討。

排水工法 To Drain off Construction Method

排水工法，因牽涉到大型施工機具，及特殊施工機具，故在自動化方面，納入第四章施工機具範圍內，故本章不再另行探討。

基礎底板湧水工法

其係開發出多孔版材料，來取代大型的筏基結構，用以減少混凝土用量，達到防水、防潮等效果。

基礎 底板 湧	
---------------	--

水 工 法	
湧 水 版	

圖 2-9：基礎底板湧水工法

開挖工法 Excavation Method

在開挖工法方面，由於傳統的順打工法，地下工程為主要施工要徑，常造成工期的阻礙，故針對地下室開發因而研發出新的開發方式，如逆打工法、無支撐開挖工法等。

逆築工法 Reverse Construction Method

地下層結構體施工的一種工法，於建築物周圍構築擋土牆後，架設地下結構體之逆打柱或假設支撐柱，再進行開挖及澆置地下結構體的上層梁及樓版等，並以作為水平支撐構架，再重複向下依順開挖而地下結構體完成而稱之。相對於開挖完成後，從最下層向上依序施打混凝土的施工法(即順築)相反而得名。採用逆築工程，可歸納為幾個因素：

1. 擋土工程安全性高

將結構體當水平支撐，故剛性變形小，適合於軟弱地盤、大深度開挖、平面複雜的地下工程。

2. 縮短工期

以一樓樓版為分界，同時併行施工地上及地下工程，達到更合理安全的縮短工期。

3. 一樓樓版可當作業平台

一樓樓版先行施工，可以利用作為作業台，以利場地計畫使用。

4. 減少對周邊建築物、地盤的影響。

但除上述優點外，其缺點係各項工程作業的效率，作業性受到限制，另外結構鋼骨柱的施工、混凝土工作縫處理的困難等品質管理問題。為解決這些問題須有較高難度的施工技術。

逆築與順築工法在施工計畫的檢討事項是不同的：

1. 支持下部載動的結構鋼柱、構台柱的施工計畫。
2. 先築軀體(H-CON)與後築軀體(V-CON)分離施工的地下軀體的構工法計畫，如水平模板支撐計畫、垂直軀體的混凝土打設計畫，柱牆接頭計畫。
3. 地下揚重、換氣、照明計畫
4. 結構鋼柱的製作計畫

5. 一樓樓版早期施工圖檢討

逆築工法的實際運用時，為達到降低成本、縮短工期、節省人力，施工案例也因施工條件而呈現多樣化。例如日本大成建設的 Ground Form 工法，並利用 HMC(Heat Melamine Composite 即熱硬化性美耐樹脂)的材料當模板，此工法的特色在於大量減少模板及支撐的假設材料及省力化。另外在先築軀體(梁、版)部分採用預鑄 SRC 梁或鋼骨填充混凝土等工法，以縮短工期，提高安全性。

2-2.2 混凝土工程施工自動化

Automation of Concrete Construction

混凝土工程自動化主要可以由材料、施工、管理等三面來談自動化。在材料改良方面，計有高性能混凝土、高品質混凝土、探纖維水泥複合材、高性能 AE 減水劑等，其內如分述如下：

高性能混凝土 (HPC)

High Performance Concrete

高性能混凝土係指生產過程中，利用不同的配比、水灰比、

高強度水泥或摻和其他添加劑以提高混凝土凝結後使用強度與品質之混凝土。在目前超高層建築中，可以提昇結構體強度，減輕建築物自重。

高品質輕質混凝土 (ALC)

Lightweight Aggregate Concrete

其係使用輕質骨材，混入被分散的氣泡於混凝土後於一般氣壓中以蒸汽養護，隨後硬化為輕質混凝土版。此製品內含獨立安定的微小氣泡，其強度大及吸水性小，品質得以確保。同時其對隔熱與音的遮斷性良好，可用於超高層大樓外壁材料所需的質量性與耐火性對應的可能。其主要用途在輕量的大型外壁版與輕隔間。

碳纖維強化水泥複合材 (CFRC)

Carbon Fiber Reinforced Compound

碳纖維目前多用於航空產業與運動用品上作為複合材料的強化纖維。在建築產業目前已開始以 CFRC 作為建築物外牆與樓版的鋼筋替代材料，並朝向實用化發展。其比適用於一般建築物外壁的混凝土版的強度高，且耐久性亦較長，同時可減輕外壁重量

數十個百分比。

半預鑄工法 Half Precast Construction Method

半預鑄工法其係事先經過週詳之規畫、設計，將建築物分割成全預鑄或半預鑄單元，而經由工廠預先生產再運至現場組立後澆置成一體。其採用預鑄場可大量生產，品質容易控制之特性，及工地良好的管理，而使得建築工業化的理念可以付諸實現。故其優點如下：

1. 現場出工率減少 30~50%，解決勞工不足之問題。
2. 大部份結構體構件在工廠生產，故其品質容易控制、尺寸精確。
3. 版片預先存放可使工期確實掌握。
4. 外部可減少鷹架架設、模版、鋼筋、粉刷、貼磁磚工作。因現場乾境清潔且安全，對周圍環境污染小，符合環保需求。
5. 主結構體進行至一定樓層，其內部之裝修工程即可進場施工，可有效縮短工期，降低間接成本。
6. 本工法事前規劃以及施工計

劃，使現場工作可能發生之問題，提早發現並加以解決，使各工種之工作配合取得協調。

合 成 樓 版 Combined Slab

合成樓版係利用不同的材料及施工程序組合來生產樓版，其特性為無支撐、跨距大且可充當模版使用，故其施工品質、成本、工期等都比傳統工法佳。

折 版	II 版工 法	
	PS 版工 法	
	FTT 版 工法	
	F B 版 工法	

表 2-6：合成樓版類型表

型式	類 別	形 狀
平 版	OMUNI A 工法	
	KT 版 工法	
	PICOS 工法	
中 空 樓 版	SPANC RETE	
	DYN SPAN	
	中空 O MUNIA 工法	
	中空 K T 版工 法	
	F C 版 工法	

其類型可依樓版形狀不可分為平版、折版、肋版、中空樓版等。目前國內以中空樓版、平版式 KT 應用上最偉普遍。

管 理 方 面 Manage

管理方面因為牽涉範圍較廣，且有先進的電腦軟體加以配合，故於第五章中，再詳述。

DOC 工 法 One Day One Cycle

所謂工法即建築物的組立方法、製作方法、施工方法，著重於實現構法的手段、順序。DOC(one day-one cycle)工法係為

更有效率且正確的進行結構體構築而開發的系統施工法，其基本的想法是將主體施工所需要的作業項目分類，依時間順序做規則性循環施工。將工廠的所謂生產流程應用於營建工地，當然此施工方式不可缺的是新技術的引用及系統化的工程管理技術。其四大優點為大幅縮短工期、省力化、勞務量平準化、確保施工精度，是一般工法所無法達到的。

DOC 工法計畫，將主體工程作業項目加以區分成圖 1 所示，五個工區透過嚴密的規劃，每天每一工區的作業均前後銜接但各不相同，將現場安排成一生產線，分類為一工區一日的作業量。此工法包括了工區、日、時間之要素所構成的系統施工法，將現場全體細分為數個工區，外牆採預鑄混凝土部材，內牆使用大型模板，一個工程循環以一日內可做之規模為限。

目的	結構體工程之安定化	省力化	勞務之平準化	結構體之精度改良
方法	●系統化 ●多工區分割 ●循環式工程 ●混凝土澆置 ●離混凝土澆置	揚重機 有效利用部份 PC 化	重覆進行 之工程單 純的作業 ●鋼筋工程：格子狀鋼筋 ●樓梯模板：PC 板 ●鋼骨作業：減少高處作業	模板大 型化、表面精度 佳之壁模板、PC 部材之使用、陽 台、樓梯、複雜 的模工程：PC

效果	工期縮短	專門、特殊作業操作人員減少	勞務量安定	品質好、施工效率佳、
----	------	---------------	-------	------------

表 2-7：DOC 工法概要表

2-2.3 模板工程施工自動化

Automation of Template Construction

模版於混凝土構造物形成過程中，作業成本約佔一般建築物總工程造價的 15%，或佔鋼筋混凝土工程成本的三分之一。故良好模版系統的應用，成為營建成本中主要關鍵性的考量因素之一。良好的模版應在施工過程中容易組合、能安全承載所有的施工荷重，容易拆卸脫模、且能確保脫模後混凝土鑄體尺寸的精確性及表面平整度，適合後續施工。

由上述內容可得知模版的基本需求，而國際間目前針對模板研究方向大致三方向。一為高強度、輕質量、耐久性等高性能新材料的研發。二為永久免拆除之模板。三為系統化的模板研究。

系統模板

Systematically Template

系統板版係結合高性能、新材料，透過系統化的方法將模板組

件模矩化、標準化、大型化或整體化等。以避免現場裁切、加工。達到縮短拆組時間、減少技術工需求，以確保品質、安全及降低成本的一種模板，而稱之。

系統模板有下列幾點特性：

1. 模板構成單元在轉用及組裝配合上具有高彈性的特色。
2. 構件的組合上具有整體的規劃系統，對於不同結構體式樣及部位具有高度的配合條件。

系統模板理念多往模矩化、標準化、大型化、輕量化的方向發展，以避免現場的剪裁，縮短組拆時間，並利用塔吊等機械化設備，減少技術人力需求及降低成本，且使用面版為高強度、耐久性材料，因此可大量節省資源耗費，改良面版使拆摸面緻密光滑，免去粉刷作業，可減少總工程 13% 以上的粉刷費，改良的背撐繫件使其接合處更有效率，提高鑄體尺寸精度，減少打石，故其功效為節省經費、粉刷費用、打石費用等。

國內目前有用之系統模板有 ALUMA、DH、DOKA、HUNNEBECK、MASCON、SYMOND、YH 及億承飛模等系統。

捨棄模板

Abandoned Template

捨棄模版係使用水泥系製品，製作成模版，於混凝土澆置後使其成為一體，其特性為減少拆模時間，節省資源耗費，如此可免去粉刷作業，如薄殼 PC 及 KT 版等。



圖 2-10：薄殼模板

KT 版 - 凱薩版

Kaiser Truss board

如圖 2-11，所示，是指將 K Truss 埋設於薄肉混凝土版中（厚度 5 cm 以上）而稱之。

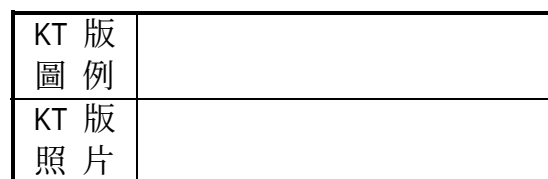


圖 2-11：K-T 版圖例

2-2.4 鋼筋工程施工自動化

Automation of Reinforced Construction

鋼筋組立工法大致可分為傳統式工法、現場預組工法、工廠預組工法、混合式工法等四大類。而鋼筋工料費用亦為建築主結構體施工費用比例最高的項目之一，同時鋼筋的加工組立作業也是勞力密集的作業項目。故考量各種不同的施工程序、施工機具來達到縮短工期、降低人力、確保品質、增加安全等目標，便成為鋼筋工程追求施工自動化的方向了。故針對鋼筋工程自動化可從現場管理改良、鋼筋預組、鋼筋續接等方面來談。

現場管理改良 Management Improvement in Place

根據研究報告調查發現，在不改變現行施工方法的基本原則下，採用更合理的現場佈置、人員編組及工作流程等管理的手法來消除工人閒置、空手走動、縮短人力搬運距離及刪減不必要的動作等以提高工作效率。則可達到提高工人使用率約 20%。此種透過現場管理的改善來提昇工人的施工效率，為作業員日常性檢討改善的合理化手法。

現場預組工法

依鋼筋使用的部位來看，可粗略分為柱梁主結構體與樓版、牆

版、樓梯等次結構體。故鋼筋施工的發展方向，其具體的作法係於現場先行將鋼筋加工、組立綁紮成鋼筋籠，再於現場吊裝以縮短現場組立時間，減少技術人力需求的鋼筋預組工法。

故鋼筋預組工法係將部份要徑作業移至地面上平行或提早展開，對縮短整體工期施工時間上有很大的助益。在技術工人需求方面，也由於鋼筋預組工法可在地面上進行。透過作業標準化與省力化的程序，大部份的鋼筋組合作業並不需要年輕力壯的熟練技術工人，而可以較一般性作業人員替代，甚至女性工作人員也可能參與。

工廠預組工法

工廠預組工法係透過施工機具及施工程序的省力化、合理化來探討。於工廠先行將鋼筋加工、焊接，再於現場吊裝以縮短現場組立時間。如 MESH 及 K Truss 等工業化產品。

熔接鋼絲網 MESH

熔接鋼絲網係先將盤原狀的鋼線施以冷加工，再經由表面壓花成型後，成為盤原狀的高拉竹節鋼筋，後再將鋼線打直切斷、

以規律的間距預先排列成縱橫線進入熔接機，接通電流，以高電流低電壓之「電阻抗焊法」熔接各相交點，而後成為。

圖 2-12：熔接鋼筋網

K 桁架 K Truss

如圖所示，是指由上弦材（簡稱上層筋）、下弦材（簡稱下懸筋）及斜材（簡稱格子筋）等三種部材所組成的鋼筋桁架如照片所示，其各部位的接合點以抵抗點焊接，使其成為一體而稱之。

圖 2-13：K 桁架

2-3 鋼骨鋼筋混凝土構造

2-3.1 地下工程施工自動化

逆築工法

Reverse Construction Method

請參閱 2-2 鋼筋混凝土構造中之逆築工法。

2-3.2 混凝土工程施工自動化

高性能混凝土 (HPC)

High Performance Concrete

高性能混凝土係指生產過程中，利用不同的配比、水灰比、高強度水泥或和其他添加劑以提高混凝土凝結後使用強度與品質之混凝土。在目前超高層建築中，可以提昇結構體強度，減輕建築物自重。

CFT 構造

Concrete Filled Steel Tube

其係利用高強度混凝土填充於鋼管柱內。用於新式超高層的軀體之構造系統。此系統因不同材料間的構造特性充分發揮，使其具相乘之效果，包括剛性、耐力、耐久性、耐火性均相當優秀。

2-3.3 模板工程施工自動化

Automation of Template
Construction

其特性與混凝土工程類似，請參閱 2-2.3 模板工程自動化工法。

2-3.4 鋼骨鋼筋工程施工自動化

預組式整體樓梯

利用鋼骨材料在工廠將樓梯間之骨架以及樓版以一層為單元預先組裝，再運至現場吊裝、接合、封版等程序即可。樓梯單元與建築主體結構之接合乃靠 1. 與樓版之接合。2. 與樓梯間之牆面接合。3. 與主結構體之梁柱接合而形成。

FR 鋼 - 耐火鋼

Fire Resistant Steel

其係由鋼材添加鎳 Nickel、鉻 Chrome、鉬 Molybden 等所合成的，其特性為高溫時鋼材的應力大幅提昇，因為 FR 鋼的出現，使鋼骨構造物的防火性能、設計條件等無防火被覆的設計因而產生。

依據日本建設省第 2999 號內容中規定，一般火災溫度約 1000℃ 而鋼材的容許溫度為 350℃。

2-4 小結

單元樓版工法

Unitized Construction Method

單元樓版係在基地地面層上設置製作及組裝平台，將鋼骨鋼製樓版模版或 PCa 版等將其底部的設備機具、材料與天花骨架等先行組合成單元樓版，再利用轉換吊架吊至建築物軀體組合而成而稱之。其特性為作業標準化、地面生產故可縮短工期、省力化、提高安全性等。

混合結構工法

Mixed Structure method

近年來由於高層建築林立，各種不同類型之結構系統被開發且應用於建築物上。由於傳統 RC 結構與鋼結構在高層建築之應用各有其優劣點。近十年來美、日等國已發展出一種結合鋼梁與 RC 柱之混合型構造（Mixed Structure），並已應用於中高層建築結構中。這種混合型結構之主要優點，即在利用 RC 柱之高抗壓能力及鋼梁之高韌性及長跨距等特性，使結構能有效抵抗垂直力與橫力作用。除此之外，鋼梁配合鋼承版與剪力釘而使混合型結構在建造成本及施工工期方面分別優於傳統鋼造及 RC 造結構。

第三章 次結構體構、工法

3-1 次結構體構、工法

Secondary Construction Building Construction and Construction Method

由於台灣地區地狹人稠，造成土地集約使用，而使建築物往中、高層發展。因台灣位處地震帶，故常造成次結構體的材料龜裂等現象。故新的構法開發，為目前國內所迫切所需。

國內建築高層化的快速發展，使得長久以來一直沿用的砌磚隔間牆構造形式，已無法滿足各種營建環境的快速改變而出現明顯的變化。如在隔間牆中多種乾式隔間系統普遍的使用等。等可看出次結構自動化的方向及目標。

3-1.1 次結構體生產體系

Secondary Construction Productive System

次結構體依部位可分為外裝修部份、內裝修部份、門窗部份、設備部份等四大工程。而次結構體普遍存在著工總複雜、失敗率高、且耐久性不佳等特性。常造

成使用維護上的困擾。故管線的明管化、設備集中化、管道間的設置，設備組件化便成為自動化的目標。

3-1.2 工業化組件

Industrialization Module

工業化組件係將複雜的建築工程，將其作業標準化，並經由工廠生產後至現場組裝安裝而使其成為一體。其效果為品質的提昇，工期的減短等特性。

3-1.3 系統化生產概念

Systematization Productive Concept

系統化生產概念係將建築材料之規格標準化進而達到施工時合理化的目標。故面對現行產業現況的問題，可有效的解決，故從整個產業平衡點的觀點來看。未來建築產業必定朝向系統化生產概念發展。

而系統化概念生產，其前提為材料標準化、產品組件化等，如此才能達到施工合理化之目的。

3-1.4 開放式組件

OPEN SYSTEM

開放式組件其係由工業化組件所衍生出來的，其係在工業化組件體系下，考慮組件的互換性及替代性。如此可隨著使用者需求的變更，進行組件的重組或局部更新，而非全面更新。其內涵是為適應使用著的成長。

3-2 外裝修工程自動化

Automation for Building Exterior Finishing Work

外裝修工程中最常見的施工類型為帷幕牆、一般混凝土外牆及外牆防水等方式。而由於社會需求快速變遷，建築物逐漸朝高層化、輕量化、預組化、機械化等趨勢發展，中高層建築的外牆系統已逐漸的由帷幕牆這類輕量化的預制產品所取代，成為建築界的新寵；為應映上述需求而開發出許多新的外牆構法。如PC帷幕牆、半預鑄外牆、金屬帷幕牆、玻璃帷幕牆、單元式帷幕牆、ALC版等外牆系統應運而生。

3-2.1 帷幕牆工程合理化

Curtain Wall Reasonableness

外牆工程普遍存在著施工危

險且處於主結構施工要徑內。常造成施工緊迫、品質不易控制等問題。而帷幕牆的開發卻克服了上述的產業問題。而使外牆施工合理化。

帷 幕 牆

Curtain Wall

所謂帷幕牆依建築技術規則中解說為「架構構造建築物之外牆，除承載本身重量及其所受之地震、風力外，不再承載或傳達其他載重之牆壁」而稱之。帷幕牆之種類依其材料之不同可分為「金屬帷幕牆」、「玻璃帷幕牆」、「預鑄混凝土帷幕牆」三種；依構法與組立形式之不同可區為下列五種。

1. 直料系統 Stick System
2. 窗間牆系統 Column Cover And Spandrel System
3. 單元式系統 Unitized System
4. 單元直框系統 Unit And Mullion System
5. 格版系統 Panel System

單 元 式 帷 幕 牆

Unitized Curtain Wall

單元式帷幕牆係指將「帷幕牆組合規格化，在工廠預製成適合安裝的單元，再將單元依序固釘

在結構體上的一種帷幕牆構法系統」。不論是鋁材、石材、玻璃等都可以應用於該系統。而其安裝上係採用「陰陽連鎖契合式接頭」（俗稱公母接頭或卡榫）將單元相互銜接，因此其安裝速度、品質、工期等都大幅的提昇。

Reasonableness of Exterior Wall Construction

一般混凝土外牆常因施工緊迫、品質不易控制等問題，而產生漏水、滲水等問題。而針對其施工過程而提出合理化的施工方式，如半預鑄外牆、ALC版等都是針對外牆施工合理化所提出得改良工法。而針對水的控制也發展出等壓空間及開放式接縫的設計原理，其特性為有效控制水源使外牆不易滲水。

半 預 鑄 外 牆 類 Half Precast Concrete Exterior Wall

圖 3-1：單元式帷幕牆

預 鑄 帷 幕 牆 Precast Concrete Curtain Wall

預鑄帷幕牆其為水泥系製品，係於預鑄廠先行生產，後運至現場組立而稱之。其特性為施工快速，品質穩定。其因表面裝修材料的不同可分為清水預鑄帷幕牆版PC、磁磚預鑄帷幕牆版TPC、石材預鑄帷幕牆版GPC等三類。

3-2.2 外牆工程施工合理化

K T 牆 版（PCF版）

半預鑄版係指將雙向的K Truss埋設於薄肉混凝土版中「厚7.5cm」（俗稱KT版）當外牆模版使用。其施工流程為PCF版生產後運至現場組立，再進行牆筋組立、設備配管、澆置混凝土使其成為一體而稱之。其特性為無外模組立，外部鷹架的省略等而達到施工合理化、省力化的目標。

A L C 版 工 法

Autoclaved Lightweight Concrete

ALC版係高強度之輕質混凝土版（參考2-2.1高品質輕質混凝土），其係在工廠生產，後至現場組裝，其組裝過程與PCCW相似。

圖 3-2：ALC版牆

圖 3-3：開放性接縫示意圖

開放式接縫 Open Joint

開放式接縫係採用「等壓原理」Pressure Equalization之設計，將部份外風等入石材（外牆裝修材）的內側，使得石材所受風力得以減輕（可減風壓達30~40%），石材設計斷面及破損之機會也因而減少，相對的提高其安全性。其特性為在建築上防水性能、減輕外牆裝修材所受之風力等特性。

面磚預貼工法

高層建築結構體外牆當澆置混凝土養護完成拆模後，得經粉刷整平，放樣貼佈面磚，每因面磚貼佈不整或黏著強度不佳而拆鑿重新貼佈，不僅費時耗料，且傳統方式現場貼佈面磚，其施工品質多不佳、精度不良等。

故面磚預貼工法係將面磚預先貼在工地現場外牆制式模模版內側，然後再配筋及組內模，澆製混凝土後，待養護期過後，拆模而完成。其類型可分為格子縫

膜工法、面磚貼膜工法、橫縫壓條工法等三類。

圖3-5：MCR工法示意

3-3 內裝修工程施工自動化

Automation for Building
Interior Finishing Work

內裝修為結構體完成後隨即進行的工作，其常牽涉到裝修材料的不同產生完成面厚度的差異，也造成各種施工介面的困擾。故如何採用工業化組件來達到內裝施工合理化的目的，為國內目前迫切所需。

圖3-4：面磚預貼工法示意

M C R 工 法

Mortar concrete Rivet back

由於外牆磁磚剝落現象時常發生，以及結構體粉刷層剝離等問題一直長期存在，故MCR工法係利用混凝土澆置時表面形成顆粒狀，來增加其黏著力。如圖所示：

內裝系統一般依空間部位的分類可區分為地坪、隔間、平頂等三部位，故針對上述部位，考量其施工合理性、自動化的方式，分述如下：

3-3.1 平頂裝修施工合理化

平頂為所有設備管線（給排水、空調、消防）必經之地區，也是所有施工介面（結構斷面、設備配管）最多之地方。故考量以工業化製品的引用、模矩化系統的規劃，減少各介面的問題，為提昇平頂裝修施工合理化之重要方向。如系統天花版、半預鑄樓版等。

系 統 天 花 板

System ceiling

系統天花版系將天花板中所有之設備器具（照明、空調、警報、感知等）整合於天花版中，並以模矩化方式設計採工業化大量生產，且因施工標準化故其現場施工效率高、品質佳等，故被大量應用於辦公大樓。詳如圖1,2所示。

合成樓版其係採用現場或工廠預鑄生產，故施工精確度、底面平整度等都相當精確，後續裝修工程平頂可免去粉刷工程，達到縮短工期、提高施工效率。或於樓版底模採用清水模版也可達到上述之功效，如採用KT版。

3-3.2 地坪施工合理化

Floor Construction Reasonableness

地坪為所有設備管線最複雜之地區，也是所有施工介面最多之地方。故考量以工業化製品的引用、模矩化系統的規劃，來減少各介面的問題。故地坪施工合理化方面，有下列方式考量。一為高架地板，二為扁平線配線，三為地板線槽。其目的為工業化製品，可因應未來使用需求的快速調整如隔間變動。

高 架 地 板

傳統的配線系統，已經無法應付大增加的電力容量及資訊容量，依照台灣辦公室的自動化的趨勢，電機技師都會將負載量提高50%以應付使用者的擴充。但除負載外尚有配線美觀、安全性及使用彈性等困擾，因而開發出

圖3-6：系統天花板

免 粉 刷 工 法

Exemption Point Method

高架地板來克服上述的現況問題。

高架地板如下圖所示，其係由金屬腳架所支撐的複層樓版，其特性為地板下配管、配線可彈性使用及更換。且可配合空調系統達到無塵之效果。

圖 3-8：地板線槽

扁平線

Thin and Flat Line

扁平線為OA辦公室配線的一種方式，其係將電線發展為扁平狀，厚度約為3~5mm厚。一般皆可安裝於地毯下方，不受配管位置的影響。故其施工彈性大、不受限制。且維護方便、施工快速。

圖 3-7：高架地板

地板線槽

為辦公室OA自動化其中一種，其係預先於結構體內埋設線槽，厚度約為3~5公分，等結構體澆置完成後，可於開口部進行配線、拉線工程。其特性為使用彈性大、維修容易。但因需事先預埋，故常受限於施工精確度及樓版厚度之限制。詳如後圖所示：

圖 3-9：扁平線

3-3.3 隔間施工合理化

Box Stall Construction Reasonableness

由於國內建築高層化的快速發展使得傳統磚牆，因施工時效長、現場髒亂、品質不易控制等問題而無法滿足社會快速變遷的需求。故針對上述困擾而發展的隔間系統如雨後春筍般的出現，因而發展出如骨架面版牆、輕質版牆、輕質磚牆、半濕式噴凝牆等四大種系列之隔間牆，來取代傳統的磚牆。故針對其內容分述如下：

骨 架 面 版 牆

骨架面版牆：（乾牆或中空部份灌漿）面版種類多：其係利用槽鋼為骨架，後於表面貼掛面版，如石膏版、矽酸鈣版、纖維水泥版等。內容如下：

圖 3-10：骨架面版牆

輕 質 版 牆

輕質版牆：如ALC版（詳2-2）、預鑄中空混凝土、擠出型中空水泥版、合成水泥版、石膏複合板等種類。

圖 3-11：輕質版牆

輕 質 磚 牆

輕質磚牆：如ALC磚（白磚）、石膏磚（空心）、灰飛水泥磚等，係以疊砌方式進行施工。

3-3.4 門窗施工自動化

門窗預嵌工法

一般建築外牆長於門窗接合不造成漏水或滲水現象。其原因為分兩次施作所造成。故門窗預嵌工法可解決上述之困擾。

詳如下圖所示：

圖3-12：輕質磚牆

半濕式噴凝牆

半濕式噴凝牆：係以鋼筋網為骨架，表面以低塑性之水泥漿噴覆，後進行粉刷而完成。如輕鋼架網噴凝牆、鋼筋網複合牆、FRP成形版噴凝牆等

圖3-14：門窗預嵌工法

3-4 設備工程自動化

Equipment Engineering Automation

圖3-13：半濕式噴凝牆

上述之隔間工法其特性為材料輕便，加工、施工容易，工期短，污染少等特點，適合現代化快速發展之需求。可取代傳統紅磚隔間的缺點，已達到施工合理化之目的。

建築設備大致上可分為設備機具、配管、配線等三大類，其中設備機具方面因為可採用工業化方式生產，故而開發出了整體衛浴（UB）、整體廚房、整體廁所（UT）、組合水箱等開放式組件，而配管、配線方面因其勞務量大且施工整合介面多，故如何快速

組裝施工提高生產效率，便成為設備工程施工合理化之對策，其方向如下：

3-4.1 設備工程施工合理化

預組配管工法

預組配管工法即是在施工現場或工廠內將設備配管預先加工組立成所需之形狀，及組合附屬物件後，吊裝至結構體上接合的方式而稱之。其主要應用於設備管道多或大規模建築物上。

設備裝修先行施工

設備裝修先行施工成應用於合成樓版工法中（DECK工法或KT版工法），可將空調等設備先行組裝、施工。其成效為將裝修工程從施工要徑中去除，如此可減少後續裝修工程之工期，達到縮短工期提昇生產力之效果。

圖3-15：設備裝修先行施工

單元配管工法

垂直束管等設備，可採用單元化生產，先行地面組裝後至現場安裝。如此可減少後續裝修工程之工期，並達到提昇效率之功效。

圖3-16：單元配管工法

電器配線施工 合理化

電器配管中可採用快速接頭，萬用配線盤等模組化組件，至現場快速施工，如此可節省現場施工人力、工期，多技能工之生產模式，達到省力化之效果。

圖3-17：電氣配線施工合理化

給水配管施工 合理化

給水配管中可採用快速接頭，多向接頭等模組化組件，至現場快速施工，如此可節省現場施工人力及工期，並減少技能工的使用，達到省力化之效果。

圖3-18：給水配管施工合理化

排水配管施工 合理化

排水配管中可採用快速接頭，多向接頭等模組化組件，至現場快速施工，如此可節省現場施工人力及工期，達到省力化之效果。

圖3-19：排水配管施工合理化

3-4.2 整體衛浴 (UB) Unit Bathroom

傳統衛浴中之衛生器具其配管、組裝、施工皆相當繁雜且費時，傳統工法中配管均埋藏於結構體或濕式隔間牆中，不僅施工不便且亦造成未來維修換裝之困擾。

所謂「整體衛浴」，係將構成浴室單元的所有組件，經由工廠生產、現場組裝成整體的工業化產品。如天花板、底盤、壁版、馬桶、浴缸等配件預先設計為標準規格，經由工廠生產線製造後，再運至施工現場進行組裝。其特性為配管配線脫離主結構體而以面版形成管道覆蓋，故不僅施工迅速且品質穩定，更可對應未來維修及換裝之需求。其產品類型包括全版式、半版式、膠囊式等。

圖3-20：整體衛浴

這種整體性的組合式衛浴，其生產過程大部份在品質環境穩定

之工廠完成，施工現場僅做標準化的簡單組合工作。且組合方式屬於乾式施工法，故其工期、品質、施工介面等都有大幅度的提昇。

3-4.3 整體廁所

(UT) Unit Toilet

整體廁所之衛生器具其配管、組裝、施工皆相當繁雜且費時，傳統工法中配管均埋藏於結構體或濕式隔間牆中，不僅施工不便且亦造成未來維修換裝之困擾。

所謂「整體廁所」，係將構成廁所單元的所有組件，經由工廠生產、現場組裝成整體的工業化產品。其為採用單元化配管，即利用整體規劃的獨立箱體（Casing）中配置電氣、給水、排水、通氣管，再將器具安裝其上。其特點為管路接採管道間方式設置，無維修上之困擾。

圖3-21：整體廁所

3-4.5 組合水箱

Combine Water Tank

所謂「組合水箱」，係將構水箱壁體單元化生產（1M×1M），經由工廠生產、現場組裝成整體的工業化產品。其材質係採用不鏽鋼版或玻璃纖維及合成樹脂複合材料之SMC壓鑄單元版所組裝之耐震組合式水箱產品，除本體水箱外並已包含檢修口、爬梯、通氣管、進排水口等附屬部品。施工時除RC基座外，單一工種即可施作組立。具有乾式施工、自重輕、施工快速等優點，且不易有漏水及開裂之情況。可確保不受污染之潔淨水源。

圖3-22：組合式水箱

3-4.5 整體廚房

Unit Kitchen

整體廚房係只將洗槽、調理台、瓦斯爐、櫥櫃、抽油煙機等廚房設備，在工廠生產組合後，再運至現場安裝。是目前國內有

關住宅生產合理化工法中最早被採用的。其製品多樣性，組合方式多，可分為 I 型、L型、U型、雙 I 型等配置型態，品質穩定且施工簡述是其最主要的優點。

整體廚房目前雖廣泛的應用於住宅使用，但其尺寸設計並非完全模矩化。因此居住者使用時，常出現更換時尺寸不合之情況，無法符合室內空間尺寸。

第四章 施 工 機 具

4-1 機械化之目的

建築工程是為完成建築設計之建築物而採取的一連串手段與方法，而建築物為滿足其多樣化之使用機能需求，其所使用之建築材料種類也極為廣泛，且各有其作業之限制與要求，除了在設計上應兼顧成本與功能考量外，在施工作業上也有其合理化之必要，傳統之建築工程大多仍停留在使用大量勞力、髒亂，以及危險性高之作業環境中，隨著工程規模、建物高度之日漸加大加高，其問題也愈益明顯，加上技術勞工日益短缺及勞工高齡化之趨勢與現象，使建築工程施工機器化、自動化之需求也愈益迫切。

由於建築工程之生產特性與差異，目前建築工程自動化之情形明顯地落後其他產業許多，主要乃係其建築材料之多樣化與現場作業環境之複雜化，故在建築工程自動化之領域內，以目前實際開發並應用的實例比較，其機械化之成分較大於自動化之成分，尤其在省力化與品質、操作控制上有良好之成果表現。

就建築工程自動化之觀點而言，建築工程自動化機具之開發並

非針對自動化機具市場利益而開發，而係為促進建築工程生產、解除或減輕作業人員負擔為訴求，故其機械化之目的可歸納如下：

- 1.執行以手無法勝任之工作。
- 2.排除對勞工負荷較大之作業。
- 3.在確保勞工安全上較困難之狀況下且又須維持其生產時。
- 4.為增加生產量。
- 5.為降低工程費。
- 6.解除危險作業對勞工之威脅。
- 7.易於實施高品質、高精度之作業。
- 8.省力化且提升生產性。
- 9.以機械為主體，以新技術開拓新市場。

4-2 施工機具之分類

建築物為滿足其多樣化之使用機能需求，其採用之建築材料也極為廣泛，各種建築材料也都有其特定之材質特色、形狀與施工限制，同時其所使用於建築物之部位、作業方式也有所差異，這種差異是建築工程自動化之推廣較為不利的因素之一，必須針對不同的生產作業需求發展特定之自動化機具。

本章所述之自動化機具係以推動國內建築工程生產自動化之立

場，引介自動化程度較高且國內尚未普遍但值得推廣之自動化施工機具為主，對於傳統或已普遍使用之機具則不列入。在分類上係以建築工程之生產順序、施工部位與特性分類可分為：

- (1) 假設工程施工機具
- (2) 地下工程施工機具
- (3) 主結構體施工機具
- (4) 外裝修工程施工機具
- (5) 內裝修工程施工機具
- (6) 施工管理施工機具
- (7) 其他施工機具

4-3 假設工程自動化施工機具

假設工程是執行各項工程作業所不可或缺之輔助工程作業，如材料之運搬、放樣及施工腳架之架設等均屬於假設工程。近來因工程技術之發展，所使用之材料也日趨大型化、重量化，相對地搬運裝置也應配合改良。

4-3-1 材料搬運自動化機具

建築工程作業中，材料之運搬須投入相當大之勞動力，幾可佔去全部作業時間之 50%，尤其對超高層大樓工程及內部裝修工程而言，裝修材料之大量運搬是不可避免的，因此材料運搬管理良窳會直接影響及工程進行之速度。

材料運搬一般係由以下之系統所構成，若要提升運用效率，須對搬運系統硬體之運搬機械與軟體之管理作良好的整合。

1. 內裝材料自動化運搬系統：

內裝材料自動化運搬系統是由搬運系統控制中心下達指令，從內裝材料之揚重起至到達各樓層之各材料使用場所為止之水平移動等搬運作業之進行。

本系統由新開發之水平搬送自走台車、垂直搬送用揚重機、運轉控制用電腦及資訊傳送用之無線電裝置構成。自走台車是堆高機式，行走以地板面預設之光反射帶引導行進，並附超音波接觸感測器與緊急停止按鈕等安全裝置。自動揚昇機可以由搬運控制中心遙控運轉，並可搭載自走台車。

在控制方面，可經由控制中心指定卸貨地點並利用無線傳送資訊，控制自動揚重機與自走台車運轉，由自走台車檢知卸貨地點之識別標誌執行卸貨。

例：清水建設株式會社

利用本系統可以執行無人化卸貨作業（一般傳統作業約需 3~4

人)，故可利用夜間作業，對從裝貨、運轉到卸貨等一連串作業效率可有效改善，其效率約為 33%。

2. 材料新揚重系統

揚重設備是材料搬運之大動脈，本系統是以揚重機裝卸貨物之無人化為開發訴求。本系統依揚重材料、尺寸之差別採用專用之裝貨機裝運材料，以遙控方式操作，作業員不須站立在揚重機旁；同時採用專用板車，由專用板車移貨至裝貨機，係以無人之搬送車執行作業。由揚重機裝卸貨可以揚重機特備之推拉裝置，以遙控方式操作，達到裝卸貨無人作業化之訴求，僅需由揚重控制中心集中管理與操作。

水平基準放樣作業是建築工程作業中相當重要之工作，以往皆需要一名技工與一名助手共兩人合作，於定出水平基準後，以手作業執行水平墨線放樣，但若以自動水平放樣裝置作業，僅需一名一般操作員即可簡單地完成水平放樣作業。

本裝置由驅動馬達機構、墨線放樣及控制部所構成。驅動機構於接收到水平雷射儀之雷射光後，自動調整放樣高程，放樣墨線噴墨用噴頭之移動依傾斜計感知，並以脈衝泵浦修正傾斜。放樣墨線可由微調型泵浦噴出墨汁繪製，墨線噴頭之移動亦由馬達驅動使其行水平移動。控制部係由訊號資料處理部、馬達軸控制部、噴頭及泵浦控制部、電源部所構成。

例：大成建設株式會社

4-3.2 自動水平放樣裝置

本裝置於開發試作階段是以放樣第一單位水平墨線需時一分鐘，

(每單位長一米), 爾後重複作業每單元僅需時約 30 秒為目標, 今後在量化及作業速率上應可再予提昇。

在道路工程中, 道路更新作業正持續增加中, 而其重點並不僅止於路面修補而已, 對於路基之檢查、修補與維護保養也是相當重要的。對建築工程而言, 地下層之開挖與利用是不可避免的, 但在進行開挖前, 對地下障礙物或地下管線設施非經開挖難以明確掌握, 且對於引發路面沈陷原因之路基空洞或淘空亦無法及早明確掌握。故於事前掌握地下障礙物之情況, 連續性的、非破壞性的地中物自動探查機具實有其開發之必要。

地中物探查機器人是由收發電磁波之天線與處理訊號之影像處理器及可牽引移動之移動機構所構成。其特徵包括：

1. 由探測器發射電磁波, 利用地中各種物質對電氣的比誘電率特性差異, 檢測反射之電磁波藉以判斷地中物。
2. 將反射回收之電磁波轉換成電子訊息輸入控制部門, 再將此訊號以八色階顯示於顯示器中, 藉以判讀地下之種種資訊。
3. 可探測地下 0~3M 之情形。
4. 以非破壞探測方式即時 (real time) 探知地下資訊。
5. 牽引移動式機構可沿通道作線型之移動, 作線性 (非點性) 之探查, 而得連續性之資料, 且平面位置、深度等資料精確良好。

4-4 地下工程

4-4.1 地中物探查自動化機具

例：東急建設地中探查機器人。以
汽車牽引之移動式機構

波測距計組成，並結合必要之訊號傳送與顯示系統。操作上係利用對稱的裝設於鑽掘機機頭之傾斜計來測定鑽掘之傾斜角，並利用超音波測距計計測其與孔壁間之距離，同時計測鑽掘機旋轉角與鑽掘孔深度，可於鑽掘作業中經由顯示器得知鑽掘孔之垂直度與偏心率等資料並作常時與即時之管理。

本基樁鑽掘自動化機具之特徵係可於鑽掘作業進行中，可同時且即時地計測鑽掘之深度、旋轉角度、孔壁狀況、傾斜角與方向等資料，並以影像顯示，可即早確知並修正鑽掘垂直度，以提高作業精度，減少材料之損失，且可使用於既有鑽掘機，在成本上有極佳之經濟效益。

4-4.2 基樁自動化機具

地下工程中，基樁鑽掘機器已普遍地使用於基樁鑽掘工程中，但因操作上或地層變化等內、外在因素，所完成之鑽孔偶而會產生超出容許誤差之情形，而須再進行鑽掘修正之作業，此修正作業極為耗時、費工，故如何於鑽掘過程中，同時且即時地計測並掌握鑽掘之情況，如偏心、傾斜及孔壁狀況等，作調整操作控制之依據，是基樁鑽掘自動化機具之主要開發目的。

1. 基樁鑽掘自動化機具

基樁鑽掘自動化機具由裝設於鑽掘機機頭之高性能傾斜計與超音

例：熊谷組旋轉式反循環鑽掘機

2. 遙控式垂直開挖機

在建築工程之機坑開挖、下水道工程之垂直豎坑開挖等作業中，常

有進行垂直深開挖之需求，而此類深開挖作業因開挖孔口較小，而深度較深，如由人工作業時，其安全性堪慮。如由作業人員操作一般挖掘機械進行挖掘，開挖人員不易直接目視開挖地點之狀況，尚須由觀測人員於開挖口作間接之指揮與引導，不但危險且效率較低。

遙控式垂直深開挖機具是由蚌殼式抓斗、油壓鑽掘桿、履帶自走座及遙控器構成。其目的是提高垂直開挖之安全性而開發，利用全油壓伸縮式之鑽掘桿與蚌殼式抓斗進行深開挖作業，由作業員一人於開挖孔口觀測，利用遙控裝置控制直接操作。控掘機本體係架設於自走履帶上，移動性良好。

其特徵如下：

- (1)全油壓式挖掘桿速度快（23M 深往返需時 29 秒）、搖晃性低。
- (2)僅需一名操作員，操作員可至開挖孔目視開挖面直接遙控作業，且不受引擎、機械震動之影響。
- (3)履帶自走式，故移機作業非常方便。

4-4.3 雷射輔助挖土機 (Laser Powered shovel)

利用挖土機執行開挖作業是相當普遍之作業方式，挖土機作業員操作技術之熟練度直接影響開挖工期與品質，且常需測量人員作輔助引導作業，故為加強作業效率並因應作業員日趨高齡化之困擾，目前已開發出雷射輔助挖土機系統，利用雷射引導系統與自動直線修飾系統輔助挖土機作業，挖土作業由一般操作手即可勝任，可大幅減省作業人力。

在系統上係以雷射光之發光器、受光器並結合傾斜計作為水平或傾斜之基準，利用自動挖土控制裝置計算怪手之作業角度與水平基準之高度差，自動判讀後藉由控制回路控制怪手之電磁比例控制閥執行挖土作業。操作上是先以手動操作挖土機，當開挖深度到達預定深度 100mm 以內時，操作系統會以警

鈴示知，再由操作手按鈕改為自動開挖，挖土機可依預先設定之斜率精準地完成開挖作業，作業過程中，目前開挖深度與預定深度間之距離可常時顯示於操作盤上。

本型控制系統適用於埋設排水管工程之開挖作業，實際作業精度平均達 $\pm 20\text{mm}$ ，以 2m 深之涵溝而言，每日可完成 65m 長(以往全人工操作約為 40m 長)。

以 0.25m³ 等級之小型油壓式挖土機(怪手)為雛型，以鋼材把持裝置替代原來挖土機之鋼鏟，鋼材把持裝置為油壓驅動式，可作上下、左右及旋轉等三度空間之動作調整，對於重型鋼材之運搬與安裝定位有極佳之作業效率。

作業能力上，可操作鋼材之重量可達 2 噸(約為 10m 長之 H400×400 之型鋼)，最高高度可達 4m。以往以吊車作業時，約需五名作業員作業，以此機器人作業，僅需一名操作員及 2 名螺栓固定工人即可完成作業，操作非常簡單易學。

例：清水建設株式會社

4-4.4 擋土鋼材操控裝置

地下工程中，一般擋土用鋼材之運搬、放置作業大多由吊車以鋼纜吊運、並由 2 名作業員拉動繫於鋼材兩端之繩索來調整鋼材之旋轉角度，俾保持鋼材之穩定，此種作業方式不但作業效率較低，且對於逆打工法、既設埋設物較多或作業空間狹小之場所，均無法利用吊車輔助作業；故為便於狹小低矮空間執行重物之搬運作業，而有擋土鋼材操控機器人之開發，其目的在取代利用吊車進行搬運時之不穩定作業，提高作業安全性。

例：清水建設株式會社

擋土鋼材操控機器人之構成係

4-5.1 鋼構組立自動化機具

鋼骨工程中，為提昇作業效率及品質，在運輸能力、道路條件及現場搬運等條件許可範圍內，一般均盡量充份利用工廠製作，減少現場作業量。故一般鋼骨構造工程在施工程場之作業項目與順序大致如下：

鋼骨搬入 → 地面組合、現場加工

→ 鋼骨吊裝 → 螺栓假固定 →

調整 → 螺栓固定 → 焊接固定

→ 檢查

在自動化施工機具上除塔吊之改良外，在吊裝組立、焊接與耐火被覆之自動化作業上，也有顯著之發展。

4-5 主結構體施工機具

建築工程之主結構體大多以鋼骨及鋼筋混凝土為主要結構材料，這兩種建築材料有其不同之結構特性，在生產行為上也有相當大的差異，所使用之施工機具也須因應其不同之作業需求；本節乃就目前建築生產作業中較主要之瓶頸，說明目前建築工程自動化施工機具之開發訴求，應用特性與效能。

1. 自動夾鉗裝置

在鋼骨吊裝組立作業中，當鋼柱等鋼骨材吊送至定點作假固定接合後，常需由作業員利用附於鋼骨柱之梯狀繫件，攀爬登上鋼骨柱之頂端，以手解脫塔吊吊繫鋼骨之掛鉤，不僅高空作業對作業員之心理壓力大且非常危險，同時亦需耗損相當多之作業時間。

自動夾鉗裝置乃是針對解決上

述問題而開發，對於如鋼骨柱等吊裝物件之夾繫或解脫，改以無線方式作遠距離之操控；在機構上是在塔吊掛鉤部加設自動夾鉗裝置，夾鉗是一活動鉸栓構件，利用直流馬達驅動作栓接或解脫之動作，當塔吊將鋼骨柱吊送至定位作假固定後，可由位於樓板上之作業員以無線遙控之方式解脫夾鉗，讓塔吊立刻繼續執行下一吊送作業。

利用自動夾鉗裝置，不但可大幅縮短夾繫或解脫之作業時間、提高安全性、在操作上也可非常簡單地以按鈕操作。在其他構件組成上，為提高安全性，尚包括自行搭載蓄電池，可直接供給夾鉗馬達之驅動電源，不需其他外來電源與供給電源之電纜。在控制上亦有電波多頻調整及誤動作之安全對策等安全裝置。

例：大林組株式會社

2. 鋼骨地面預組自動定位裝置

鋼骨之地面組裝作業是將運至現場之鋼骨構材單元，在塔吊作業能力許可範圍內，於現場地面將樑、柱等單元預先組合成一較大單元，於地面先行完成必要之假固定、調整、焊接等之作業，再將該

較大單元吊送至定位作固定，是鋼骨吊裝組立工程之一改良作業方式。其目的除了可減少塔吊作業週期，增加塔吊作業效率外，對於減少高空作業風險，將部份鋼骨單元之固定、調整、焊接作業移至地面先行作業，在品質與效率上亦有明顯之實質助益。

例：大成建設株式會社

本自動定位裝置即是針對上述地面預組作業而開發之自動化機具，利用本裝置協助鋼骨組立，可在短時間內，自動地調整鋼柱達到所要求之垂直精度，所需作業員僅需一名即可。在系統構成上，是由調整鋼柱垂直精度之組立調整箱及結合 CCD 攝影機之位置控制裝置所構成。作業上是以置於地面之 CCD 攝影機檢視柱頂預設之標記，利用位置控制裝置所顯示之影像，利用位置重合控制原理連動組立調整箱對鋼柱之垂直度作精密之調整。

4-5.2 鋼焊接自動化機具

1. 鋼柱自動焊接機器人

現場焊接作業是鋼骨構造工程中非常重要且不可避免的作業，且常需由有經驗且技術熟練之作業員執行，但於現場作業時常面臨諸如作業場所環境惡劣，如焊接之火花、熱、煙等及作業場所危險，如高空作業、觸電危險等實質問題，且常受限於有經驗之焊接工人不足、焊接品質、精度不均等困擾。

鋼柱自動焊接機器人大致上由自動焊接機器本體、自走軌道、管線供給裝置及控制部所構成。機器人本體附有雷射感知器，可自動感應焊接部位開口之形狀，並可自動控制焊接位置、速度、電壓及電流等自動執行焊接作業，在移動機能上，其自走軌道可輕易地裝設於柱之四周，輕量化且易於搬運（每一單元約 10kg 以下）。

鋼柱自動焊接機器人可替代焊接工人執行現場嚴苛之作業環境，焊接之品質確保均一品質與精度，就目前作業效率而言，作業效率為原來的人工作業之 2~3 倍。

例：鋼骨柱焊接機器人（ABCS）

Automation Building Construction System

日本造船 ROBOT 電子事業

例：鋼骨柱自動焊接機器人（電焊先生）清水建設 三菱重工

4-5.3 耐火被覆噴覆自動化機具

使用於鋼骨構造建築物之耐火被覆施工法，基於成本之考量多採用半濕式噴覆之工法，但其作業性單調且重複性高，又濺回之岩綿常變成浮遊粉塵污染作業環境，且常附著在作業員身上，在夏季或氣溫偏高之作業場所，戴面罩施工對操作手而言也是件相當難過之事。故為減輕耐火被覆作業對作業員之負擔，同時檢討作業用施工腳架設置之替代性，而有此自動化機器人開發之需求。

耐火被覆噴覆自動化機器人之系統上大致由壓送裝置、附噴嘴之機器手臂、自走裝置及控制裝置等構成，其中壓送裝置包括岩綿壓送裝置與水泥砂漿壓送裝置。

耐火被覆噴覆自動化機器人之機器手臂具有四向自由度，故其附噴嘴之機器手臂可對鋼骨側面、底面等四向度作均勻的噴覆。在移動機能上，其自走裝置可作前進、後退、方向修正與迴轉，並附超音波感應器，俾利控制噴嘴與噴覆面之距離。在操作控制上，係利用遙控

控制裝置且可對機器手臂之角度、距離等以數位化資料記憶，俾利做重複性高之連續操作。

在實際作業上，引用此機器人可解除操作手在惡劣環境中作業與疲勞之作業姿勢，並可提供均一之施工品質，且可省去施工架之佈設與移動等之人力。

例：耐火被覆噴覆機器人（SSR-3）
清水建設 神戶製鋼所開發
耐火被覆施工裝置
（WET BOY）清水建設開發

4-5.4 鋼筋加工組立自動化機具

鋼筋加工組立自動化機具是將 RC 構造之鋼筋，以自動化、省力化

之方式自動地加工組立的機械，替代以往由鋼筋工人以手工執行之單純性、重複的加工組立作業。

鋼筋加工組立包括鋼筋之加工、排置與組立，茲分別說明如下：

1. 鋼筋自動加工系統

鋼筋加工作業包括鋼筋定尺裁切、彎曲等加工作業，以往鋼筋加工機多侷限於單一性質作業，如僅裁切或僅彎曲，且在不同加工機間仍需以人力搬動。鋼筋自動加工系統是為提高加工精度、作業能率及作業安全性而開發之自動化機具，可將所需之鋼筋加工形狀、尺寸、鋼筋直徑及加工數量等以數位化資料輸入磁卡，將磁卡插入自動加工機即可利用自動化程式控制而自動地進行鋼筋加工作業，不需特別技術工人即可勝任。

作業過程中僅鋼筋供給與取出需要人力，故作業能力上每小時可加工完成 2 噸鋼筋，可適用 D10-D41mm 之鋼筋直徑，最長可達 12M，並可作三次元之加工，又因其為可動式，故亦可移至施工現場組裝使用。

例：青木建設株式會社

本系統對重複作業之精度極高，就鋼筋直徑在 D10-25mm 之加工作業而言，誤差最大 $\pm 2\text{mm}$ ，且大

部份誤差均在 $\pm 1\text{mm}$ 之間。

2. 鋼筋排置機器人

核能設施之鋼筋作業較一般之鋼筋作業而言，就規模、大小及數量均龐大許多，故常需投入較多之人力，尤其大直徑之長鋼筋（單枝可超過 100kg）之作業，常需由 5-7 人組成小組共同作業執行搬運、排置、配筋等作業，是一項負擔較大之作業。

鋼筋排置機器人是為如核能設施等大型工程基礎部份之配筋等作業而開發之省力化機器人，由履帶式自走機構及含控制裝置之作動機構所構成，作動機構為可動多節式，可作五向自由度之操作，操作上並可以手動、自動及遙控等方式操控。作業能力上平均每枝鋼筋約需 1.5 分，不但可較人工作業快速，且可節省 40-50%之人力，精度可達 $\pm 60\text{mm}$ 以內。

例：鹿島建設株式會社

3. 鋼筋組立機器人

鋼筋組立機器人是針對 RC 構造

之樑鋼筋自動地組立的自動化機具，以自動化、省力化之方式替代鋼筋工人重複性、單純性高之鋼筋組立作業。本裝置亦可併入預鑄工廠之生產線上，可提高 PC 構材之生產性。

鋼筋組立機器人之特點在於其高度自動化與省力化，全部作業之運轉僅需一名作業員，且可確保品質與精度上之要求，在操作上可於操作盤上依各型樑規格選擇所需形式以按鈕式操作機器人，樑箍筋可自動排置，並對主筋與箍筋交點自動綁紮，綁紮所需之鐵線可由鐵線卷自動供給。

例：大成建設株式會社

4-5.5 混凝土工程自動化作業機具

混凝土工程在施工品質控制上，與其他工程之不同點，乃在於混凝土工程施工品質之良窳，受施工階段之影響極大，而該施工品質又直接影響建築構造全體之品質，故對混凝土工程而言，施工階段之品質管理是極為重要的。

一般混凝土工程作業程序如下：

輸送 → 澆置 → 搗實 → 整平 →

養護 → 整體粉光

茲依混凝土工程作業程序介紹自動化機具如下：

1. 混凝土自動定量澆置吊桶系統

對高層 RC 建築物而言，混凝土澆置方法亦是影響品質之因素之一，尤其是柱的部位對於混凝土密實與均一之品質要求較高，故常以吊桶之方式吊運混凝土進行澆置之工作。超高層大樓 RC 工程採用吊桶輸送混凝土進行澆置作業，最常見之問題有：

- (1)吊桶裝卸混凝土與起重機揚昇時之待機時間，使澆置作業斷斷續續地進行，造成澆置作業成員等待之低效率情形。
- (2)吊桶升降往復作業多，對塔吊作業員之操作技術、疲勞等是相當大的考驗與負擔，且對作業效率與安全性影響極大。
- (3)地面吊桶之更替或裝載混凝土之作業對人員、作業性、安全性而言均不佳。

有鑑於此，乃結合塔吊自動運轉系統、機器運轉監視系統、高速塔吊、吊桶與地面混凝土供給基地等機械系統為一體之自動化系統。其構成如下：

(1) 塔吊自動運轉系統

將塔吊作業中，吊桶指定起迄點間複雜之操控作業改以簡易之按鈕式操控，在運轉方式上，考慮塔吊揚昇纜索之振動週期，以電腦程式控制其加、減速以減低振動，並依吊桶指定起迄點之位置關係，自動計算減速區間之距離而達定點停止運轉之系統。為確保運轉之安全，本系統之機器運轉控制系統採三次元之監視機構構成。

(2) 混凝土供給基地自動化作業

混凝土供給基地由漏斗儲槽及控制架構成，混凝土預先定量儲存於漏斗儲槽，於吊桶通過控制架後，自動裝載混凝土，由於不需更替吊桶，故僅需一人作業，且每次作業時間僅需 30 秒。

(3) 吊桶傾卸口開閉自動化

混凝土吊桶傾卸口開閉之操作以無線電遙控裝置控制，操作方便且安全性高，同時該傾卸口之維修也很方便。

除前述結合塔吊自動運轉之方式外，亦有單純地於吊桶部自動定量控制之自動化機具，其構成如下：

- (1)測力計 (Load Cell)
- (2)電腦控制盤
- (3)動力控制盤
- (4)遙控操作盤

其係以測力計檢知吊桶之重量及單位時間混凝土變化量，配合預設值作吊桶傾卸閥門之開閉控制，達成定量澆置及混凝土數量控制管理之機能。

例：鴻池組株式會社

2. 樓板混凝土鋪料機

混凝土澆置方法，除特殊機能需求外，目前係以泵浦壓送工法為主流，壓送工法之輸送管及末端可撓管部分之移動、更替均係以人工作業(以 $\psi 100\text{mm}$ 管計，約 30 kg/m)，這種重負荷作業對人員而言負擔較大，且在澆置作業中移動混凝土輸送管，時常擾亂已排置完成之鋼筋。有鑑於此，乃開發出數種不同型式之樓版混凝土鋪料機，茲分述如下：

(1) 水平式混凝土鋪料機

本體全長約 20 公尺，自重約 3.5 噸，其運轉機能係為 4 節可作水平彎曲之臂管及末端 2 節可作上下運動之可撓管所構成，由於係由多節懸挑式之臂管構成，故可加設自動障礙物迴避系統，可簡易避開柱位之限制，對省力化及安全性有良好之效果。

例：竹中工務店株式會社

置範圍。

(2) 自走式混凝土鋪料機

自走式混凝土鋪料機係由硬質壓送鋼管與軟質可撓橡膠管交互連結組合，並於壓送鋼管所在處設置自走驅動裝置，可在不造成樓版配筋下彎之情形下作位置移動之遙控控制，對於壓送管接線、分離及移動上可得大幅度之省力化效果。

自走驅動裝置係由左、右獨立之驅動馬達結合超低壓輪胎組合而成，左右輪可同時正（逆）轉動或前進（後退），故變換方向之旋轉及移動之性能佳。

例：東急建設株式會社

(3) 定置式（Placing）混凝土鋪料機：

定置式混凝土鋪料機係為混凝土澆置作業時，針對可撓軟管而改良之鋪料作業合理化機械，係由捲成圓鼓狀之混凝土輸送軟管與油壓驅動伸縮桿組合而成，本設施主要特徵如下：

- a.可撓軟管不需人力移動，以提升澆置品質。
- b.一人操控式之遙控控制，以達省力化之目的。
- c.由輕量鋁材製成，定位或移動均極容易。
- d.亦可加設軌道式台車，可擴大澆

例：三菱重工業株式會社

3. 混凝土自動搗實機具

近來在 RC 構造建築物之結構設計上，對於柱、樑、樓版等部材之斷面日趨縮小化，且柱樑交接處之配筋亦有過密之傾向，對混凝土搗實作業而言，棒型震動機器不僅使用不便，且在使用上亦有所限制，尤其模板下之支保林立，常造成混凝土搗實作業受到相當之限制，導致產生搗實不良乃或不均之現象與問題。有鑑於此，開發單位茲乃針對此研發出不同之搗實機具。

(1) 混凝土自動搗實系統

混凝土自動搗實系統由模板振動機、混凝土水平感知器，多重傳送裝置、控制箱及管理控制用電腦所構成。本系統以 10 台模板振動機為一單元，管理上以三單元為一組，其中一個控制箱控制 2 台振動機。

作業上係由混凝土感知器感應到澆置於模板內之混凝土後，振動機自動依必要之振動量運轉，所需之時間間隔、加速度等均依管理電腦之指令進行，同時可記錄搗實之有關資料，如搗實位置、加振時間、加振力及混凝土

澆置量等資料。目前本系統之使用實際上多使用於集合住宅、單一樓層高度較高之倉庫與研究設施等之工程上。

例：大林組株式會社

(2) 混凝土自動搗實裝置

本裝置係於模板外側之橫向支撐材上固定一對立柱，供模板振動器作上下移動之軌道使用，由混凝土感測器感知混凝土澆置時之充填位置，並依控制盤所定時間振動搗實，搗實完了再沿立柱移動至次一位置繼續執行搗實作業。本裝置之特徵如下：

- a. 由感知器感應混凝土而自動進行搗實作業。
- b. 模板振動機可自動沿立柱上下移動，可適用於樓層高度較高之作業場所。
- c. 加振時間在 0~3 分鐘內可自由設定。
- d. 作業單純不需熟練之作業人員。

例：熊谷組株式會社

4. 混凝土自動整平機

混凝土自動整平機主要係對如工廠等樓板面積較大之工程，進行混凝土整平作業而開發，一般混凝土整平作業常由人工以長柄木尺作業，不僅作業負荷大且均勻度及水平高程常無法達到良好品質。混凝土

整平機係由自走式整平機、供整平機縱向移動之框架及供框架橫向移動之軌道所構成。

軌道之架設與移除均很方便，利用混凝土整平機可自動精確地整平之前澆置完成之混凝土，在水平平整度上係以傾斜計感測控制，在高程上係以雷射受光器感測控制。操作混凝土自動整平機僅需一名操作員及數名助手即可作業，較以往純人工作業約可減少 50% 以上之人力，除可得良好之作業品質外，對於人力作業較困難之低坍度混凝土整平作業亦可勝任。

5. 混凝土樓版自動整體粉光機

混凝土樓版整體粉光作業之應用極為普遍，但若面積較大或作業量大時，純以人力為之亦是一大負擔，尤其在作業上需掌握並對應混凝土之硬化時間，在夏季氣溫較高時作業時間極為短暫，且若作業人員不熟練，亦無法確完成之保施工品質。

混凝土樓版整體粉光之作業比較單純，若以自動化機具替代，其作業能力，可達約五名熟練技工之作業量，依機種差別約為 300~800 m²。混凝土樓版自動整體粉光機一般皆由普通整體粉光機加上自動控制裝置所構成，自動控制方式有以雷射光遙控之無線控制方式，也有以上懸纜線控限控制方式，依現場作業環境（如柱列障礙等）需要選

擇。

其操作與控制方式均極簡易，均可以設定之程式輸入內藏之電腦而控制。在安全裝置上，如障礙物之檢知、高差、開口部之檢知等均可對應。

例：大林組株式會社

揚重等之作業。

例：大成建設株式會社

4-5.6 模板操控機器人

模板工程是鋼筋混凝土工程中不可或缺之一環，模版工程在自動化之訴求上，目前在自動化施工之配合、增加模板轉用次數及減少最終廢棄物處理等之新模板工法已陸續應用於實際作業中，同時，配合新模板工法之省力化機械如模板操控機器人等也陸續開發完成。模板操控機器人本體均採電動式，可向前、後、左、右四方向走動，可在狹小之作業場所運搬較長之構材。

其把持模板之鉤部可作六向之調整，取攜模板作業時之微調整極為容易；模板操控機器人之開發目的在於：

- 1.提升作業效率：縮短模板位置定位微調之時間。
- 2.確保作業安全：如重物取放、較高場所之作業等均可以機械替代。
- 3.省力化：本機器人可依需要更換取攜物品之鉤部，執行如運搬或

4-6 外裝修工程

(Automation for Exterior Wall Painting)

4-6.1 外牆塗裝工程自動化

外牆塗裝工程對於建築物之外觀及耐久性等均有正面之作用，外部裝修材料種類繁多且多已廣泛地被應用，針對外部裝修材料之防水

性、耐久性塗料也已被開發出來並使用中。

通常塗裝作業多以毛刷、滾筒或噴塗之手段由人工作業，但因塗裝技工之技術差異及施工腳架之限制等，對塗裝之品質與美觀上，均產生直接之影響，且如天候條件之影響等也是目前常面臨之問題點，對作業人員而言，高空塗裝作業之危險性高、塗料容易散揚、直接污染作業員與附近環境等亦是亟待改善之課題。針對上述之各項問題點，數種外牆塗裝自動化機具已陸續地被開發使用中。

1. 超高層外牆塗裝機器人 (Highrised Exterior Wall Painting Robot)

超高層外牆塗裝機器人係針對超高層大樓 PC 帷幕牆外壁塗裝之目的而開發。本機器人係由本體、屋頂部及塗裝機器部等三部門所構成。本體部分包括噴塗裝置（噴槍）、驅動機構、控制裝置、目縫檢知感應器等組成；屋頂部係由移動機構、捲揚裝置、控制裝置（含監視盤）等組成；塗料供給裝置包括電動壓縮機、塗料泵浦、塗料槽、軟管卷盤等所組成。

本機器人之上下移動係以屋頂部捲揚機構之纜索帶動，藉著 PC 版目縫之導軌而升降，本體位置之判斷全依目縫檢知感應器之信號進行；塗料由設置於屋頂之塗料供給裝置以高壓軟管供應，本體部內附

八管噴槍，以氣動方式控制噴槍閥門之開關，以驅動馬達控制噴槍擺動使塗料均勻地噴塗在壁面上，同時為避免塗料飛散，另設一角型罩子壓附壁面上，讓噴塗作業在密閉狀態中進行。

本機器人之作業量約 100 m²/h，且不需施工鷹架，也不需為散逸之塗料飛霧作特別之保護。

例：大成建設株式會社

2. 外壁塗裝機器人 (Exterior Wall Painting Robot)

外壁塗裝機器人之型式大致可分為機器式、壁面吸附自走式及移動架式等三類。

(1) 機器式

係利用設置於屋頂之軌道作橫向移動，而塗裝裝置、控制裝置及升降裝置全搭載在升降台車上。塗裝作業以噴槍進行，為防

止塗料粉塵外散，在工作台車外周（除上部外）均以外罩保護，並在上部裝置二台集塵設備。在控制上可以無線電方式作手動或自動操作，並在台車左右兩側設置二處真空吸附裝置，可於作業中吸附於壁面，防止工作台車擺動。

例：清水建設株式會社

本機器人主要係為建築物更新作業需求而開發，效能上適用於塗裝面積 2000 m² 以上之建築物，其效能約相當於 5~8 人之作業量。

(2) 壁面吸附自走式

壁面吸附自走式原係為建築物更新作業而開發，係在壁面吸附自走台車上，依使用用途交換設置自動診斷裝置、自動研掃裝置、自動洗淨裝置或自動塗裝裝置等末端機器手臂，由壁面之診斷、研掃至塗裝工程等一連串作業均是本機器人之自動化目標。

本類機器人在移動機構上，可依不同的吸附方式與移動方式交互組合，其中以集中真空吸附方式與車輪行走方式之組合最適宜。

例：熊谷組株式會社

本系統可將吸附壁面之真空單元組與自走台車及自動塗裝裝置

組成機器人本體，並結合塗料供給裝置、控制盤、位置檢知裝置及緊急用捲揚機組構而成。本機器人之效率約 15~17 m²/h，約為一般在有充足之施工鷹架時人工操作作業量之兩倍。

(3) 移動架式

移動架式係於地面以自走台車作橫向移動，而將塗裝裝置架設於台車上以臂式卷揚機作升降位移執行塗裝之作業。本系統由機器人本體、控制盤及遙控操作盤構成。目前作業效率最大約為 880 m²/h。

例：竹中工務店株式會社

4-6.2 貼磁磚機器人

近年來由於建物等級要求漸漸高級化及容易維護保養等訴求，故外牆貼磁磚之工程量漸增，但相對

的，良好的貼磁磚技工卻越來越少。有鑑於此，故乃針對要求施工品質之安定性及提升生產力等目的而開發出貼磁磚機器人。

本機器人操作容易，連非熟練技工也可操作，能適應直縫與勾丁之貼法，對目縫寬度也可設定調整，在安裝上，結構體外壁壁面與施工鷹架之間，應保留約 30CM 以上之間隙供機器人操作使用。

目前實績上僅是用於直立之平面壁面，對於建築物轉角或窗周緣等仍須由技工施作，效率上可確保 9 m²/h 之施工能力，平均接著強度可達 10kgf / m²~12 kgf / m²。

4-6.3 外牆組裝自動化吊裝機具

使用外牆組裝自動化吊裝機具進行外牆裝修工程可以不需施工鷹架，故如採用此自動化機具，可以減少假設設施之作業，讓地面之外構作業得以早期進行施作。另外對 PC 帷幕牆版之吊裝作業而言，一般鋼骨造建築物使用 PC 帷幕牆版時，多採用塔吊作為揚重設備，但因塔吊之纜索及其受風力之影響，常另需由作業員於機吊裝樓層以手控制 PC 版片，使其不會旋轉並達定位。若使用本自動化機具可縮短佔用塔吊之時間，且作業員不須探身出外即可進行版片旋轉及定位調整之作業，對高空吊裝作業而言，可大幅降低其危險性。

PC 帷幕牆在吊裝樓層之安裝順序

放樣→安裝固定鐵件→假固定→

吊裝定位→定位固定

1. 自動迴旋操控吊具

本吊具係裝設於塔吊鉤部與吊裝版件之間使用，自動迴旋吊具之兩端配置高速風扇，一如天平之型狀，吊具最大吊裝能力依各型吊具不同，約在 6~14 噸，該高速風扇轉速可達 5000 轉/分，若以 6 噸吊裝版件而言，約 20 秒可以迴轉 90 度。本吊具可由人工以無線電操作控制，也可加裝自動定位裝置，藉感知器檢知吊裝物之方位角度，自動控制高速風扇運轉控制迴轉方向。

例：大成建設株式會社

4-6.4 PC 版安裝機器人

PC 版安裝機器人係為高層大樓外壁 PC 版安裝作業而開發。一般 PC 版或 PC 帷幕牆等之安裝作業均是以塔吊吊裝，在塔吊將版件吊送至安裝位置附近時，須由安裝人員探身出外將 PC 版片引導至定位作假固定，安裝人員 2 人一組，在安裝層及其上一層各配置一組始能作業，不僅危險性高且人力需求亦高。

PC 版安裝機器人係由機器人本體、機械手臂抓取部及遠距控制盤組成，機器人本體包括自走裝置、

臂式伸縮桿、控制部及操作平台所構成，自走裝置是三輪自走式，臂式伸縮桿可作上下、左右及前後伸縮之動作，其前端尚可做俯、仰角之動作，對於 PC 版定位可達 1mm 以內之精度要求，作業精度高，一片 PC 版重量約 500kg，手臂抓取部可勝任此抓取作業。

PC 版安裝機器人係於作業樓層於室內執行吊裝作業，故使用本型機器人可減少 PC 版安裝作業時高空作業之危險，作業人員可由 4 人減少為 2 人，且作業時間較短，約可提升 2~3 倍之作業效率。

本型亦可使用於內裝材如 ALC 版之操控作業。

例：鹿島建設株式會社

4-7 內裝裝修工程施工機具

裝修工程用自動化機具表現在機能上之特徵為機具之移動方式。移動之機能是建築工程用自動化機具所不可或缺之重要機能，對戶外裝修作業而言，不可缺少垂直方向移動之機能；而對室內裝修作業而言，則以利用樓版面作水平移動之方式為主，一般均採用車輪、滾輪或履帶等方式移動。

裝修工程用自動化機具如依作業對象之差異區分，則可分為以下四類：

1. 直接以機器人執行作業者，如塗裝作業等。
2. 以機械手臂間接協助操控作業者，如玻璃安裝、版材安裝等機械手臂。
3. 不執行作業僅作材料之運搬者。
4. 作為人力執行作業時之機械化施工腳架。

以上四類除『塗裝作業機器人』及『搬運作業機器人』於本章他節中說明，其餘說明如下：

4-7.1 板材安裝機器手臂

室內裝修工程如隔間牆、天花板工程等，其所使用之板狀材料種類、施工性及經濟性、數量都極多、極大，其中如石膏板的防火性、隔音性都相當優良，是較常被使用的一種內裝裝修版材，其他各式各樣材料也均陸續地被開發、使用中，一般內裝版材之單片重量約 25-40kg，故就提昇作業效率及減輕作業人員負荷之省力化而言，板材安裝機器手臂實有開發之必要。

板材安裝機器手臂適用於乾式工法之隔間牆作業使用，作業員不需如以往般以手搬動石膏板，而可直接操縱機械手臂執行抓取、移動與定位調整之作業。

在操控性上，機器手臂具有多節五向自由度之良好操控性能，利用手臂攫取部之吸盤抓取板材，其最大可搬運重量依材質不同而略有差異，表面氣密性較差之石膏版約 50kg，表面氣密性較佳之石材、玻璃等約可達 90kg。就效率而言，兩人一組每小時約可完成 15 片石膏板張貼作業，約為人力作業效率之兩倍。

4-7.2 玻璃安裝機器人 (Glass Installation Robot)

近年來建築物內、外裝修工程中採用玻璃之情形極為普遍，且所採用之玻璃板有多樣化、大型化及重量化之傾向，其重量增加相對地安裝時破損之危險性與損失也大增，以往玻璃安裝均由人力作業，但在目前縮短工期之要求下，又須面對技術工人不足且高齡化之困擾，故玻璃安裝機器人實有開發之必要。

玻璃安裝機器人可由室內側執行安裝作業，不需利用調車禍由塔吊由外安裝，也不須施工鷹架，且對於寬 3M、高 2M、重達 50-150kg 之平板或曲面玻璃均可勝任，從簡單之運搬、自走移動及至定位調整為止之重負荷均可藉由玻璃安裝機器人以分擔作業。

本機器人具有多節式機器手

臂，可作左、右（30 度），上、下（由地板面 70CM-280CM）之移動，手臂端部有四個真空吸盤，全以電力供給動力，並以高安全性來考量，即便停電時，機械手臂所抓取之玻璃板也不會掉落，在操作上亦有 fail safe 之構造。操作本機器人需作業員 3 人，較全人工作業而言可省 1-3 人，且對作業員有極大之省力化效率。

4-7.3 天花板工程自動化機具

天花板裝修工程之特徵在於其係向上作業，且常需要施工腳架協助，無論材料之取用、支撐及調整等，對於作業人員均是相當大的負擔。

1. 天花板工程自動化機具

近來天花板使用之材料日趨多樣化，其中暗架式石膏板貼礦纖版之工法常使用於一般辦公建築；一般單板之重量可高達 10 多 kg（以上一般石膏版 9mm 厚，長 1810mm、寬 910mm，約重 15kg），且作業高度也需因施工場所而調整。依作業時間比而言，施工腳架之組立與拆除約佔 30-50%，材料搬運約佔 20-50%，材料安裝約佔 47-50%，即約有一半之時間是本體作業以外之額外作業，故就省力化及效率提昇之訴求上，天花板板材安裝機器人實有其開發與推廣之必要。

本型自動化機具由機器手臂本體、自走機構、控制裝置及板材置放架所構成；機器手臂本體是由手臂抓取部、臂式昇降桿及含 X-Y 座標盤之基部所構成。即由板材搬移到定位與調整為止，所有重負荷之工作均可由機械手臂分擔。

本型機械人作業之主要對象包括天花板內之設備工程、系統天花之板材及照明器具之按裝等，如進一步更換機器人作業手臂尚可執行作天花板放樣及板材切割、安裝等作業。

本型機器人係由機器人本體、控制部及材料供給台車所構成，本體是六軸多節機械手臂，由自走台車搭載；控制部除控制電腦外，尚配有操作開關及遙控開關。

例：東急建設株式會社

例：清水建設株式會社

使用本型機器手臂作業不需另設施工腳架，且每小時約可完成 25 片石膏板之安裝，平均每板約 2 分 30 秒作業時間（以手作業約 3-4 分鐘）。

2. 天花板作業機器人 (Ceiling Handling Robot)

天花板作業機器人是針對解決天花板工程作業之問題點而開發之自動化機具，如施工腳架之拆組、移動，向上作業姿勢之高疲勞性及天花板材料切割粉屑對人眼之影響等而開發之省力化機械。

例：關電工株式會社

動力係使用電力為主，對於樓版面位置之檢知是由數位板檢知樓版面之電磁標誌而得，並可在天花板面設置 CCD 攝影機取得影像。本型作業能率約為人手作業之 3-4 倍，可得省力化及縮短工程之效，且可改善較高作業場所之不安定性等。

4-7.4 高架作業台車

在裝修工程與設備工程中，必須在牆壁及天花板等高架場所作業之工作量很多，使用施工腳架協助作業是非常必要的，自然也應注意其安全性之問題。本高架作業台車乃係針對自走式機械施工腳架之目的而開發。

台車之基本配備包括輪式自走台車及臂式可昇降之作業平台，作業平台一般可上昇 1.7~2.7M，全以充電電池為動力源，行走速度約

27m/min。除基本配備外，亦可在台車上改設為剪式昇降平台並附設大型工作平台（約可搭載 400kg），使其具備材料運搬之機能。

利用本台車作為活動之施工腳架，協助作業員來安裝天花板材，較一般固定式施工腳架約可提升至 2 倍之作業能率，且安全性更高，是室內裝修工程中具省力化、效率化的輔助機具。

4-8 維護管理自動化施工機具

建築物建造完成並啟用後，長期地保持其機能正常運作與良好之外觀是非常必要的，對建築物而言，在正常情況下都是由設備機械之機能最先開始產生劣化之情形，其次才是外裝與內裝，這都必須藉助維護保養才能保持其正常運作。就設備機械而言，維護保養通常並不只單純地考量對機能劣化之修繕而已，尚會考慮是否需更新設備以提升機能，對內、外裝裝修而言，除了考量回覆及機能外，也會考量如何提高其商品價值。

維護保養作業與新建工程作業最大差別在於執行維護保養作業時，對假設設施之限制條件較多，且其作業需在不影響建築物機能之前提下進行，且需面對施工期間之噪音、振動、污染、危害等問題，

對作業員亦具有相當之危險性。有鑑於此，維護保養作業之自動化，創造安全的作業環境以提昇作業效率，應是相當具有經濟效果的。

4-8.1 檢查用自動化機具

建築物外觀常因考量美觀與經濟性等因素，而採用面磚、水泥砂漿等材料，這些材料經年累月受風雨與氣溫熱漲冷縮等之影響，常會產生剝離之情形，又如對半導體設施、醫藥品製造設施等要求高清淨度之設施而言，經常地檢查並維持其清淨室之清淨度，也是必要的。對設備配管而言，早期發現狀況並適當地執行預防作業始可避免設備機能之中斷。

1. 外牆面磚檢查機器人

建築物外壁貼覆之面磚經年累月逐漸老化，黏著力逐漸減低，進而產生剝離脫落之情形，不僅易縮短建築物使用年限，掉落地面時也容易造成對第三者之傷害，故有必要對其作定期診斷，並依據檢查結果進行適當之補修。以往劣化檢查係由作業員以擊鎚敲擊表面，藉敲擊之聲音來判斷面磚黏著之情形，不但高空作業危險高，一一作業之作業量對人體也是相當大的負擔。外牆面磚檢查機器人即是針對如何快速地檢查外牆面磚貼著狀態而開發的自動化機具。

視檢查。檢查作業也都必須架設施工鷹架或以洗高機吊昇配合，有鑑於此，故乃以此需求為出發點，開發出在簡單的準備下即能於鋼筋混凝土構造物壁面移動，以檢測出外壁表面及內部之劣化程度之自動化機器人。

壁面檢查機器人由壁面自走機構及檢測機構所構成。壁面自走機能係採用真空吸附爬行式自走車，此裝置是由許多獨立的吸附室連結構成，吸附室是利用真空發生器，使各室成為負壓室而產生吸附力吸附於壁面，當各室依順序吸附時即可帶動本體產生連續之移動，吸附力之考量上已對即便遇到壁面目縫時，剩餘的吸附室的吸力也可支撐本體之安全係數。爬行時也可左右各 90 度之方向變換。

例：大林組株式會社

外牆面磚檢查機器人乃由機器人本體與自屋頂垂下之齒輪鍊條式升降機組成，機器人本體內一列橫佈 10 個診斷器，可以連續地解析敲擊，並將檢查結果快速地傳送至地面之電腦，以圖形檔之方式標示出黏著狀態與位置資料。

本機器人之特徵在於小型、輕量化，不需施工腳架等假設設施作業，且除面磚之診斷外，連其底層剝離也可檢查出來，並以圖形一目了然地標示。

2. 壁面檢查機器人

鋼筋混凝土構造之建築物已極為普遍，數量也持續增加中，相對地修補與修改之工程也隨之增加，而對於此類建築物進行改修之前，有關建築物劣化程度之檢查作業也逐漸增加中。以往此類檢查作業多由熟練技工以擊錘試敲診斷並以目

目前計測機能是採用低周波改良型之超音波檢定裝置，並搭載電視攝影系統而成，可檢測出混凝土之浮凸與裂痕。操作上超音波裝置本體設於地面，機器人搭載超音波發訊器與探針進行探測，當探針壓到在壁面之測點時，由超音波反射波紋即可自動判定是否有浮凸或裂痕之情形，並記錄其位置資料。同時亦可由機器人本體搭載之電視攝影系統傳達影像至地面之顯像器，並以 VCR 記錄位置等資料。

位置檢測與劣化檢測同樣重要，本機器人採用絕對位置之方式計測

位置，利用地面上之兩個基準點座標及繫於機器人本體上之兩條極細之不銹鋼線引測距離，以三角測量之要領計測位置。

電腦控制，可依圖面資訊作計算控制行動計畫，亦可以控制盤與搖桿直接操作。

本機器人之控制方式採遙控方式控制，在安全對策上，附有感知如開口部等障礙物之感知器，當遇到障礙物時可自動停止在操作盤上之表示，在安全性上，另備有安全捲揚設備可防本體萬一掉落之危險。

4-8.2 清掃自動化機具

大樓維護保養作業是一新興且必要之產業，其中一般清掃業務即約佔 65%之比例，其勞動人口佔全事業從業人員之 55%，勞動量與勞動人數需求都很高，在勞動力普遍欠缺之情況下，清掃作業省力化、機械化之需求益形迫切。

本地板清掃機器人作業時會自動沿清掃區域周邊自動行走，學習並記錄清掃範圍之平面形狀，再自動擬定移動計畫自動清掃地板，亦可事先輸入清掃範圍地圖資料由機器人自動清掃。遇有障礙物時能以超音波感知器探知並自動迴避。

1. 地板清掃機器人

地板清掃機器人是由清掃機構、移動機構與控制機構所構成。清掃機構由真空吸塵器及強力迴轉刷組成，可依地板面不同材質執行不同清掃作業，如抹擦、磨光及洗淨等，對於地毯可作真空吸塵等；移動機構採電動二輪驅動，由驅動馬達、減速器、測距輪與座標檢知系統及障礙物感知器構成，可作左右轉、迴轉等方向變換，其障礙物感知器有擋版感知與樓梯感知等接觸式感知裝置。在控制機能上係由

4-8.3 配管檢查自動化機具

1. 配管劣化診斷系統

對建築物使用之給水管、給熱水管等設備而言，有許多原因都會使其發生劣化之現象，導致往後造成漏水或阻塞等情形，近年來配管內部銹蝕有明顯增加之傾向，如鍍鋅鋼管發生『銹水』之情形，管徑內部鏽蝕，不僅造成內徑縮小、管內摩擦抵抗增加，更可能造成配管與全設備系統不統合之現象，導致全

系統信賴度減損之情形。

以往診斷方法需暫停管線機能，將配管拆解，由專家以人力診斷，不但效率非常低且準確度亦相當貧乏，本系統是屬非破壞之診斷法，由配管探傷機構、操作控制盤及資料處理系統構成，使用上於現場裝置完成探傷機構後，即可由控制盤以遙控方式操作，於到達預先設定之管線測定點數後，探傷機構會自動停止，所探測之資料會以圖形之方式表示在控制盤，控制員可藉以對資料作簡單的檢討。如需詳細之分析，可藉資料處理系統作各種數值分析與影像處理。本系統之特徵如下：

所有設備配管均可涵蓋，適用之配管表面溫度條件在 0 度到 60 度，對表面已被覆塗膜層或彎曲之管線亦可適用。

(1) 可作面的精密測定

探測的精密度可依需要設定調整，依單位環節寬度與單位探測點數而異，本系統單位環節寬度識最小可達 1mm（即沿管線軸向行進 1mm），探測點可達 104,000 點，以往手工探測時，單位環節約 20mm，探測點數約數十到數百點之間，以往直徑 1mm 以下之腐蝕孔或溝狀腐蝕常被疏漏之情形也可改善。

例：大林組株式會社

(2) 適用範圍

適用配管口徑為 20-300A，幾乎

4-9 其他工程用自動化機具

除前各節所敘述，適用於各個不同生產作業需求之自動化機具外，本節所要敘述之自動化機具為建物拆除或更新時，常會使用之混凝土切割機（水刀）。

伴隨著建築物老朽化，對於老朽建物之拆除、改建或更新之工程也日益增加，這些工程中常不可避免地須對既有建物之構造、牆壁作切割或拆除之作業；在以往以傳統工法進行更新作業時，拆除或更新作業所帶來之噪音、振動及粉塵等，均會對既有建物及周邊居民產生影響。針對這些影響，為既有構造物之存續、確保周邊居民生活環境而開發出無振動、低噪音、無粉塵且無公害之混凝土切割用自動化機具。

混凝土切割機係以混凝土構造物等之拆除工程中，無公害化之拆除為目標，其原理乃係於超高壓噴射水栓中，（約 2500kgf/cm^2 ）混入特殊之研磨材，利用噴射水栓來對混凝土進行切割作業。

混凝土切割機是由水刀裝置、收集裝置、真空回收裝置及超高壓發生裝置所構成；水刀裝置包括：噴頭、操作噴頭之移動裝置及收集水流之護罩等，並有油壓伸縮固定架，可將其固定於地板與天花板間以利作業。同時為利於機器之搬運，本系統之各個裝置均為可拆卸式，並以人力可搬動之程度為單

元，可由一般之門、電梯車廂或樓梯等搬運進出。

收集裝置是用於收集貫穿牆壁之水流而設，裝設於牆壁之背側；回收裝置是用於回收水刀裝置處之水流及研磨材而設，並可將回收之水流及研磨材加壓輸送至戶外高壓發生裝置循環利用，高壓發生裝置可產生 2500kgf/cm^2 ，約 15l/min 之超高壓水流，其間並混充 2.0kgf/min 之研磨材使用。

本型混凝土切割機之操作極為容易，少數之人力即可進行作業，作業中低振動、低噪音、低粉塵之特性可確保既有建物之機能；在移動性上，水刀及收集裝置均有車輪移動裝置，以手即可移動。

第五章 施工管理及自動化施工

5-1 施工管理之自動化應用

一、前言

為解決勞務、品質等建築環境所遭遇的困境，所因應而生的手段或新的生產架構，即工業化技術的變革。所謂工業化就是增加建築材料的工廠加工度，構材部品化，提高生產性的機械化施工。而硬體技術的進步也帶動軟體技術的發展，電腦的導入應用已從當初計算數值處理，到目前的製圖、具體的施工計畫、管理的領域。

二、施工現場的業務內容

設立工務所，計畫工程、現場管理、營運等一連串的過程中，現場的主要業務，主要可區分為下列三部分：

1. 施工計畫

擋土支撐、鷹架、塔吊等假設資材及施工機具的選定及配置、工法評估選擇、進度計畫等有效推動工程的必要技術計畫。工程計畫的結果除彙整成假設計畫、工期計畫等資料

外，在計畫的執行過程中，可做為資訊檢索、計算數量等依據。

2. 施工管理

依工程計畫進行品質、成本、工期、安全等管理。工程管理從作業安排、指示到資材管理、工程記錄等。

3. 工務事務，現場營運

包括總務、安全、鄰房應對、勞務、防災、保安等書類提出的製作等。

因此本節擬從現場事務性營運、施工計畫、工程管理等三部份所構成廣義地「施工管理」觀點。針對國內外自動化的應用成果，篩選適當名詞進行編寫。

5-1.1 施工計畫之自動化應用

施工品質決定在於管理，因此為了管理，須有綿密的施工計畫。所謂施工計畫即對於業主所要求的建築物，依品質、成本、工期、安全之各種項目，提出最

適當的計畫。亦即從所有生產手段中選擇最適的手段，管理則是有效地活用之，以達到所預期的目的。

在最適當計畫的立案模擬過程中，將明確掌握「做什麼」、「如何做」，為求實現會逐漸將必要的工程用設備、施工法、作業與順序、適當工期、成本等明確化。施工計畫不充分或缺失，將會產生錯誤、停工而無法確保品質。因此為了使工程的進行順利，應依循管理體制的模式行事。

施工計畫應檢討的事項如工程內容、工期計畫、設備計畫、機械資材、搬運計畫等。而施工計畫圖則有下列幾種：

1. 綜合施工計畫：揚重設備、出入口、鷹架。
2. 假設計畫：電力 給排水。
3. 地下工程計畫：基樁、水平支撐、擋土牆。
4. 軀體工程計畫：鋼骨、混凝土。
5. 裝修工程計畫：內外部裝修。

近年來 CAD 系統的導入，從設計圖到施工圖、製造圖的製作變得容易，甚至數量的估算，加上勞務量、工期、資材等資料的輸入，即可同時完成基本計畫之提案等應用。

（一）計畫作業

工 法 計 畫

施工計畫包括施工管理上所必要的計畫，其中主要計畫之一係與現場生產活動直接相關的工法之計畫，即工法計畫。所謂工法計畫其目的在於既有的施工條件中謀求最適的工法，找出生產設備及作業順序最適的工法（如圖一），工法即建築物的組立方法、製作方法、施工方法，著重於實現構法的手段、順序。

工法計畫包含工法選擇與作業計畫二個部份，工法不決定則無法進行作業，而作業計畫沒做，則無法評估工法。所謂作業計畫乃為實現特定工法，對於如何進行工區分割、組編作業小組，如何建立工程進度計畫等問題，提出最適的方案。決定工法時，要考慮工期、品質、環境、成本、安全等因素，重要的是從整體的工程考慮這五個要素，選出最能取得彼此平衡的方案。工法計畫的順序如下所述：

1. 列出適合施工條件之所有工法。
2. 進行其本項目的初步作業計畫，篩選適當的工法。
3. 就篩選出來的方案，實施細部作業計畫。
4. 實施工法評估。

日本所開發完成的工法軟體技術有下幾種：

1. MAC (Multi-Activity-Chart)

由清水建設所開發，將施工的作業計畫最適當化的一種方法，即一層樓分製成幾個工區，實行系統化施工時，仔細分析每個循環內的作業項目，編制作業小組，並分配小組的作業順序、作業時間。

2. DOC 工法 (One Day-One Cycle)

由三井建設所開發，又稱為「多工區同期化工法」的一種系統施工法。於分類山來的作業工區內，作業人員每日重複相同工作，本系統係將工場的生產時程應用於現場。詳細的工法內容介紹如第二章 DOC 工法計畫。

3. 四循環工法 (Four Day-Cycle)

由鹿島建設所開發，將每層樓分割成四個工區，各工區再分成混凝土工程、鋼筋工程、模板工程及 PC 工程等工區，以 4 日循環的連續重複施工。為確保循環須計畫各工程項目。

4. HI-TACK(Horizontally Integrated)

由竹中工務店所開發，以傳

統上垂直方向「一層幾天」為循環天數的 tact 工程進度表為準，同樣地利用在水平方向的展開，以進行螺旋式的工程進度，即一層多工區化，各工區內單職種單工作的細分方式，進行作業。

(二) CAD/CAM 及模擬系統

施 工 動 畫 模 擬 系 統

將建築生產的過程以動畫模擬方式表達，乃評估最適當施工法的一種有效方法。從前對工法、工程進度的模擬也常用電腦來做，雖然對於特別的構工法也可以從施工計畫到工期計畫做整合性生產系統的模擬，但是要將模擬結果以簡單易懂的方式呈現，電腦容量尚不夠充分。

但最近電腦性能提升，已經可以將模擬結果清楚地以電腦影像 (Computer Graphic) 表現。正式應用於施工方面的模擬系統，也已經開發成功。大型工程因採用複雜的構工法，很難將施工的整體意象簡單地掌握。若將施工過程呈現在電腦上，可使各相關施工廠商理解工法、施工順序，順利推動工程。

對於特殊工程可將動畫模擬結果與感測結果所掌握的實際施

工比較，將模擬系統精緻化，可助益於資訊化施工。也可利用於模擬施工機械人的動作，確認其安全性。總之，施工動畫模擬將應用於各種用途上。

5-1.2 施工管理之自動化應用

近年工地之施工管理隨著施工技術之工業化、機械化、自動化而省管理化。所謂省管理化並不代表完全可省掉必要的人力而是減少管理對象，使用 OA 機械等來縮短資料製作時間，或是管理標準等書類的定型化，以節省管理者的作業量。建築工程之各細項工程進度具有彼此關連，所以不只是品質管理而已，與次項工程之協調，亦即工程管理也很重要。另外相關的作業員安全、勞務管理也是重要的管理項目，與變更設計、下包間的契約相關的成本管理也是工程管理的項目之一。

現場作業人員的不足、管理員的不足；使傳統的管理手法，不只工程進度緩慢，甚至於影響建築品質。在日本等超高層大樓的施工現場已開始使用電腦、電子看板等 OA 機器，資訊化施工管理及 ID 卡的就勞管理系統、裝修工程檢核系統等。工程管理手法雖然隨著 OA 化進步，但基本的管

理項目，仍與既有的不變。即品質管理、成本管理、進度管理、安全管理等，本小節的名詞篩選也依此原則提出。

(一) 品質管理

品質管理自動化

最早推動利用電腦做系統開發，並應用於現場案例中，最多的部分乃品質管理的自動化，其主要內容係將品管的資料 (data) 以電腦處理。其主要開發趨向大致可分為下列 3 大類：

1. 混凝土品質管理的軟體技術，已完成開發進入實用階段。
2. 結構體、擋土支撐等自動監測及計測管理系統的開發實例也很多。
3. 裝修工程管理系統的開發也正在進行開發中。

上述項目中，有關結構體工程的品質管理系統，已由開發完成、現場應用、回饋檢討、改良升級進入成熟的階段，而裝修的品質管理系統目前已進入開發及試驗階段。品質管理系統的開發對象移轉到裝修工程，係現場監工人員不足之故，特別是完工前的補修工程的檢核，需要龐大的

人力，此系統的目標在顧達到現場人員的管理業務省力化。

有關品質管理自動化的成果有混凝土品質管理系統 擋土牆自動監測系統（熊谷組，1990年）、裝修工程檢核系統（竹中工務店，1988年）、bar code 式裝修管理系統（藤田工業，1988年）。

（二）勞務、資材管理

ID 卡 勞 務 管 理 系 統

ID 卡乃 Identification Card 的簡稱，是一種確認身份的卡片，用於營建工地之工務所入口，作為核對等使用。其使用目的及系統簡介如下：

一、使用目的：

營建工地關於勞務之生產管理方面，現場管理者希望能在每天變化的作業環境下，能充分掌握作業人員，達到順利運用勞務，防止作業人員的意外災害。

但每天的作業中，單就收集、掌握數百或數千個工人的大量基本資料，若以人工作業處理，就必須耗費很長的時間，所以以 ID 卡為工具，達到作業所營運的 OA 化。

具體而言，將「個人資料」（如表 5-1）及個人照片鍵入 ID 卡內，結合電腦以存取作業員資料，加以整理，製作成工地營運管理資料（如表 5-2）。

其目標大致可分下列 3 點：

1. 提高作業人員的認同感，增進作業所內的紀律。
2. 即時掌握勞務狀況，達到調度的迅速化。
3. 確實分配適當的作業人員，將節省下來的時間充分應用於品質、成本、工期管理。

固 定 的 登 錄 內 容	變動的登錄內容
1. 姓名	5. 受雇公司
2. 性別	6. 通訊住址、電話
3. 出生年 月日	7. 職種
4. 籍貫	8. 開始從事的年份
	9. 血壓量測值、量測日期
	10. 身體檢查日期
	11. 各種資格、講習證明等

表 5-1：ID 卡登錄內容

二、系統概要：

此系統的構成包括：ID 卡、卡片讀取裝置、ID 卡製作機器、卡片資訊收集分析用的電腦等。ID 卡的儲存容量，以各工地可通用的情況，最好能達到 144bit。

電腦操作方面不採按鍵式的操作處理，而以系統卡片方式立即處理，因為不需要必要的操作技能，很適合上工記錄系統。目前此系統的問題在於各家公司所開發的內容，尚缺乏共通性，而無法交換資訊，尚待克服。

管 理 目 標	傳票資料名稱
勞 務 管 理	作業員名簿、出席名冊、承包商別進場人數一覽表、動員人數月報
安 全 管 理	血壓、年齡需注意者之一覽表、有資格者之一覽表、資淺者一覽表、作業指示書、工作日報
健 康 管 理	身體健康檢查期限一覽表
進 場 管 理	進場者姓名一覽表、加班者一覽表
成 本 管 理	職種別勞務狀況比較表、公司別勞務狀況比較表

表 5-2：工地營運管理傳票

條 碼 式 資 材 管 理 系 統

條碼系統（Bar Code System）乃將物品的編號、資料加以編碼之後，以寬度不同之平行線與間隔排列組合印製，經由條碼掃描

機的機器自動辨識，加以資料庫系統管理，可精確快速將資料輸入，達到正確輸入資料及降低成本的目標。此管理系統應用於自動化之範圍如下：

1. 物料進存貨控制及揚重資材管理

針對工地物料的品名、規格、型號及屬性編碼建立資料庫，從材料供應商、包商、業主等皆以標準化。藉由條碼系統的快速辨識，可以透過資料庫控制工地進貨及存貨狀況，統計物料使用情形，或資材揚重時機器使用頻率，以計算營運成本的分攤。

2. 施工進度時程管制

將印有所有作業條碼的作業指定表或類似手冊，給工地現場的負責人員，做為快速輸入的工具，取代傳統工程日報表的登錄方式，透過條碼系統與軟體的相結合，更容易達到有效管理工程進度、控制成本的目的。

3. 圖說、文件之管理

藉由資料庫管理系統的整合，工程圖說、文件、標單合約等資料可透過條碼系統，達到快速辨識、查詢相關性及追縱文件流向等工作。經編印條碼的工程圖，較以往以圖號為導向的查詢管理方式更容易且迅速。其應用

範圍尚包括機具設備管制、人員考核管制等，而實際應用例子有揚重管理、預鑄構件吊裝時程監控系統等。

5-1.3 施工管理資訊化

隨著勞工不足、市場價格的競爭與社會環境的變化，也影響將來施工的業務，因此下列事項成為必要的考量。

1. 省力化的施工
2. 效率化施工
3. 充分活用實績、經驗的最適化施工。

為實現上述事項，要活用資訊系統技術的網路與資料庫，推動業務。

施工階段從成本管理開始進行各種管理。且管理資料相互關連之處很多，可經由資訊系統的使用，共用資料或進行更細的管理。例如資材租借的資料與會計結算處理的連結。同時管理資料可收錄到成本資料庫內經由網路加以利用。

作業所內要製作各種對內及對外的計畫書、檢討書、報告等書類，此類業務也可善用網路及資料庫、參考案例及必要資料有

效率地處理。小規模工地也可利用網路迅速獲得各種管理支援。工程變更也可活用整體系統迅速檢討處理。現場的各種檢查也可與電腦連結，使檢查結果的整理、處理更迅速。

以上是施工管理資訊化對現場工程管理所帶來的各種變革。因此本節乃針對將來施工管理業務資訊化之相關名詞加以說明。

(一) 產業資訊化

應用專家系統的 施工管理

一、架構

所謂專家系統(Expert System, ES)係將專家所具備的知識經驗，建構於電腦中成為知識庫，然後將所需的專門問題輸入，讓電腦推論以解決問題的系統稱之。專家系統軟體的架構，具備下列幾種要素：

1. 管理專門知識的知識庫 (Knowledge base)
2. 利用知識推理的推理機制 (Inference mechanism)
3. 為使用者容易使用的使用者介面 (User interface)
4. 支援從專家系統獲得知識構築知識庫的知識擷取介面

5. 向使用者說明結論根據的推理過程說明模式
6. 管理資料的資料庫機能，即工作記憶區

二、專家系統的應用案例

利用專家系統決定或解決問題，大致可分為選擇、診斷等分析型，與設計、時程等設計型二大類，以下介紹二者案例。

1. 軟弱地盤的基礎工法選定系統

土壤液化或軟弱粘土層地區必須檢討高信賴度的基礎及地盤改良工法，利用各種構造別、地盤條件的施工性、實績等定性條件，與基礎工法、地盤改良工法特性所建立的知識庫提示較適合的工法，然後設定基礎工法、地盤改良工法，進行計算、估算，選定最適當的工法組合。

2. 作業計畫製作支援系統

對於多工區分割型系統化工法的作業計畫，必須考慮其作業順序、編組、機械、工作區等限制，而這些計畫要素相互影響，計畫作業也變得很煩雜。因此將計畫內容之相互關係構造化，並規則地敘述作業分節的經驗法則，再由推理製作滿足條件的工程表。

三、今後展望

專家系統的開發，大多利用工作站、PC，適用的領域也從診斷型逐漸朝設計、計畫型系統發展。也有人正嘗試與既有系統的結合及既有資料庫的利用等。

（二）企業體資訊化

管 理 資 訊 系 統

Management Information System

管理資訊系統（Management Information System, MIS）係由數種資訊技術共同整合而成的系統，主要用以協助各層級的人員管理，處理龐大的資料及繁雜的工作，以達到提高工作的效率，降低成本的目的。營建管理資訊系統，除結合週邊配合軟體系統外，更整合橫向與縱向之營建資訊。其應用如下：

一、協力廠商事務管理系統

一般營造工程係由許多協力廠商及專業人員進行施工，由於各項工程順序前後的關連、工作空間有限、工作介面定義不清等原因，產生介面互相干擾、工程進度、工程品質等問題，需透過召開協調會議來解決這些問題。

本系統利用「關連式資料庫」的觀念，在 PC 上發展的一套雛形系統，針對工地事務進行管理，其主要功能有：

1. 協調會議之記錄及分配工作之登錄。
2. 各廠商負責工作之彙整、追蹤及考核，以提高工地管理成效。
3. 工程相關事件之查詢。

二、成本管理資訊系統

有效的營造工程的成本控制包含預算編制與實際成本控制兩大部份。其主要作業，在預算編制方面有數量估算與預算書製作，在實際成本控制方面有工程發包、估驗作業與施工日誌填寫。本系統期透過資訊技術的應用，以提高成本控制與管理的效率。其主要功能有：

1. 高階管理
提供工程別成本分析、及各相關統計分析功能。
2. 估算作業
包括工程估算、預算全額計算及修正、預算書製作等功能。
3. 發包作業
含有廠商報價查詢、發包記

錄查詢、輔助發包作業、日報管理廠商估驗狀況、統計分析等功能。

4. 會計作業

有工程別成本統計、估驗資料統計、會計處理等功能。

(三) 現場資訊化

資 訊 化 施 工

一、建築生產之資訊處理

從現場管理的觀點看建築生產的情形，乃某一段期間內陸續搬入各種材料，且多種勞工受雇參與，且伴隨著工程內容的複雜化、高難度化、現場所需的資訊及現場所產生的資訊，其種類、量也增加。在生產活動的合理化上，適當地處理龐大的資訊，並活用之乃重要的課題，但現場層面尚不了解資訊的價值、功能，其管理也明顯落後。

從工程管理的觀點，雖然過去的工程實例資料乃最珍貴的資訊，但施工過程幾乎沒有累積貯存，即使所累積的少數資料，其檢索方法也未建立，因此常無法有效利用。為經常正確地掌握工程狀態，並做適切處理，資訊管理系統的建立乃當務之急。

5-2 自動化施工之規劃及應用

一、機械化施工的界限

過去的建築生產係以現場為生產基地，不需大規模的生產設備，只要有工匠即可將建築物完成，此生產原則隨著構造方式的變遷，即木造、磚瓦造到 S、RC、SRC 造，及各種工具、機器重機的開發，已形成由各種技術工所構成的單純工種的生產體制。

雖然機械化施工的建築生產一直持續發展，但是在先進國家除了勞工不足外，對於作業環境提昇的要求，既有的現場作業方式已難繼續維持現狀，被迫再重新思考現場工場化的問題，因此在創造出不受天候影響的作業環境方面，已有初步成效。這種將工場自動化生產理念導入現場的嘗試，打開了比機械人化的發展更容易的途徑。

營建業的施工現場，傳統上屬於生產過程之最下游，而被視為獨立的個體來處理，因為有關工地的自動化、機械人化的嘗試，目前為止大多以熟練勞工所從事的一部分作業為對象，由單一機能的機械人取代之。然而單一機能的機械人在機能與作業項目上皆受到限制，所以現場生產

系統之整體效果未必良好，尤其這些單機能機械人多屬於內裝設備或維修工程方面，而結構體組立的尚未出現。

因此從單一機能的營建機械人開發的方向也做了以下的修正：

1. 以前後關連的作業視同一條工程生產線；設計適合機械人或自動裝置的作業；達到系統化、效率化。
2. 更進一步地以今後建築生產的未來像為目標，為達到施工現場的 FA 化，應包含從設計開始的生產管理、機械人、自動機械群管理、資材管理等。

二、今後課題

雖然我們可以期待自動化（裝置化）施工能帶給建築生產很多優點，但尚有很多課題待克服解決，如下所述：

1. 自動化施工需要現場高額的設備投資，其轉用良否，決定其經濟性。
2. 為提高生產效率，設計者所設計的內容要符合自動化施工的特性，業主對此工法可縮短工期、降低成本的優點也能理解，而實際上要得到設計及業主的了解是很困難的。
3. 此工法所需的各種技能、技術

是從前所沒有的，所以作業員的養成教育是必須的，且要求的技能屬通才型而非目前的單一技能體制。

4. 目前所使用的單獨自動機械人並無共通性，因此規格的建立要仰賴專業製造商，積極地開發適合自動化施工的機械人，或推動各廠商規格的共通化。

5-2.1 自動化施工之規劃

實施機械自動化或現場導入新的施工機械時，建築物的構成方法需根本上變革乃必要的。適合自動化構法的開發，在鋼構造方面的全自動構法提案已經相當多，但鋼筋混凝土構造方面的案例尚不多見。對於採現場澆置施工的典型鋼筋混凝土構法，所要求的是現場施工簡易化，因此從鋼構造與鋼筋混凝土造的複合化、預鑄部材與混凝土的複合化、半預鑄模板的利用來看，實施「鋼筋混凝土施工上的有效複合化」是有必要的。

工廠生產的預鑄化部材具有很大的自由度，且必須考慮適當的形態、搬入的資材輸送、搬運系統，因此部材尺寸的彈性標準化乃不可欠缺的前提。

如上所述自動化適合型構

法，乃以鋼構造等預鑄化為前提的乾式構造，比較容易實現。但鋼筋混凝土類的建築物目前仍需仰賴技能型的施工方式，為適合自動化，仍要很多的研究開發。實施自動化適合型鋼筋混凝土構法的開發，必須仰賴建築技術的支援及開發條件。

RC 造高層建築自動化施工系統

一、概要：

本工法（又名 BIG CANOPY）由日本大林組初次使用於關西住宅、都市整備公團所發包的 33 層高樓集合住宅。乃世界首次以 RC 造高層建築物為對象，而開發的全天候自動化施工系統，希望提高生產性，以更短的工期，建造更高品質、高精度的建築物。於 1995 年正式試用，工期 26 個月，結構體工期只花 9 個月，比傳統的 12 個月縮短 3 個月。

二、構成：

此系統係由「CANOPY」、「並列搬運系統」、「資材綜合管理系統」3 部分所構成。CANOPY 即建設時覆蓋建物的大屋頂，利用它可在不受天候左右，且舒適的作業環境下進行建築物的構築。

本工程所使用的 CANOPY 面積約 1600 m² (36m×46m)，重量約 600t 的假設性屋頂，由 4 根支柱支撐所構成。且支柱與塔吊的支柱相同，增加其共通性。假設屋頂具有爬昇系統，每完成 2 層後由 4 根支柱支撐爬昇，CANOPY 下方有 2 台資材搬運組立用之吊車。

並列式搬運系統是將徹底預鑄化、單元化的柱、梁、陽台等部材，以高速的 lift（施工電梯）垂直搬運，由設於 CANOPY 下面之 hoist crane 將部材銜接後，由水平搬送到所定位置。Lift 速度為 55m／分，最大載重為 7.5t。在吊車與 lift 的有效作動下，一層樓的地板材料可在 5～6 小時內吊裝 129 片，柱子 4 小時可組裝達 36 支。

資材綜合管理系統，乃從工廠搬出各種部材時，先貼上記載種類、按裝位置等資料的條碼，由電腦管理約 10000 點資材的支援系統。資材管理資料庫與施工圖 CAD 連結，使資材從搬入到吊裝的作業計畫與實績管理等業務達到合理化、省力化。

三、特色：

本工法特色有下列幾點：

1. 在不受天候影響的良好作業環境下，提供預鑄化、單元化的高品質、精度佳的建築物。
2. 單純化、標準化與高效率的搬

送系統導入，達到軀體工程的省力化比傳統工法節省 60% 的勞動力。

圖 5-1：BIG CANOPY

3. 高效率的搬運系統，其搬送能力及吊裝能力約塔吊的 2.5 台。
4. 有假設屋頂，施工中無需設止水層，可提早進行內裝工程縮短工期。
5. 作業環境顯著改善，作業員日晒減少，減輕肉體負擔等。

自 動 化 施 工 適 合 型 構 工 法

建築領域的機械化 - 自動化，正從施工的各種過程中廣範地被研究開發，並朝實用化努力。也就是企圖將手工生產的置換成機器代勞，達到省力化或省人化，但是只靠機械要取代人的作業也有其界限，例如鋼筋綁紮，純以機器取代人工綁紮的效果是無法節省人力的。

即不拘泥於手工時代所沿習而來的構造形式或施工方法，而以容易機械化，機械易處理的形式去考慮是必要的，因此新的構工法即適合自動化生產的構（構

造型式)工(施工方法)的方法開發,是今後斬新的建築生產不可欠缺的。

考慮適合自動化施工的構工法時,應從現場生產及工場生產兩種層面。鋼骨造的自動化在工場的機械化已佔很大比率,但鋼筋混凝土則以現場加工組立為主,因此鋼筋混凝土的自動化首先應擴大工場生產的部分,將鋼筋與混凝土在工廠預鑄化,再搬入現場組立以機械建造,預鑄工廠因機械自動化較進步,所以此 Pca 化工法可實現兩種層面之自動化。

再進一層將鋼骨與工業化 RC 積層工法組合成新的自動化適合型構工法,即所謂鋼骨鋼筋混凝土複合構造或混合構造的實現。

工廠生產化

一、建築構材的部品化、單元化動向

嘗試將現場加工、組立及裝修作業,減少而提高工場加工比率;已經過相當長時間。建築部材的工廠生產化(Prefabrication或Industrialization)其目的在於縮短工期、節約材料、減少現場勞務量、安定品質、降低成本,所以經過預鑄化、預製化的過程,又朝高度部品化、單元化發展。

目前工廠生產化的對象,已從最初混凝土結構體相關部品,到天花隔間等裝修材、整體衛浴、管道配管、設備部材等所謂建築工程構成材。

二、工廠生產化在現場施工的優點

建築構材的工廠生產化的第一優點是品質安定、不受氣候左右,在穩定的勞工及設備及充分管理體制下所生產的部品,與現場需要高度技能的手工作業比較,可大量製造安定的部材。其二是縮短工期及減少現場勞務。現場作業單純化、標準化可大量降低勞務量。第三是量產化降低整體造價,但只是多使用工廠生產的部品並無法發揮其優點,必須以工廠與現場的整體工期觀點進行工程管理才能達到其正工廠生產化的目標。

5-2.2 施工自動化應用

近年日本各綜合營造廠相繼推動裝置化施工,並已應用於實際案例,如大林組的 ABCS (Automated Building Construction System)、清水建設的 Smart System、大成建設的 T-UP、前田建設的 MCCS (mast climbing construction system)、竹中工務店的 R-UP、熊谷組的 K-ACE

(Kumagai-Automated Construction Erection System)。

這些工法名稱，大多以高度機械化及全自動化為目標，雖各家名稱不同，但共通的想法是在建築物上部設置某種「裝置」，而在其中進行各種建築作業，再依完成狀況讓此裝置爬昇。其基本想法是一種裝置化施工，採用及配置在技術性、經濟性已具可行性的機械人，進行自動化施工，其他部分以手工作業或工程機械的方式施工。

特別值得注意的是「裝置」內所採用自動化或半自動化的搬運系統做資材的揚重，成功地達到搬運效率。此裝置化施工的概念圖如圖 5-2 所示，頂部的覆蓋作業環境提供了可實施全天候施工，作業者可不受天候左右，無論在下雨、炎陽、寒冷的天氣環境下也可作業，確保工期進度。

圖 5-2：自動化施工的概念圖

自動化施工帶給營建業很大的影響，首先是全天候施工使作業者工作安定，並隨著逐漸習慣自動化施工，促進作業員與裝置間之協調，改善生產性。其主要概念就是視現場全體為一裝置，構成一施工設備，從綜合性觀

點，企圖從資材搬運、保管、安裝加工等廣泛作業，提高生產性。

全 自 動 化 施 工

因營建勞工的高齡化及新進年輕勞工的短缺，使勞工不足的情況顯著，工期延滯、品質降低等問題逐漸浮現。除了勞務的惡化外，現場易受風雨影響。為達到省力化機械化，而開發出多種工法，並應用於實際案例。

近年更將省力化、機械化提昇到整體建築物構築自動化系統的研究、開發。如日本大林組全自動大樓營建系統（簡稱 ABCS），竹中工務店（Roof Push Up 工法），大成建設（T-UP 工法），清水建設（SMART 工法）等，皆以實際案例完成建築。

各工法類似之處，首先將最上層的部分，先行在地面組裝完成後，將其壓昇以利用它的正下方當做作業層（或稱作業工場），再逐次構築地上層。最上層具有傘的功用，而不受天候影響作業，同時在最下層的下部裝載天花行走吊車、機械人（Robert），而達到現場作業的自動化。

全自動化施工之主要特徵如下：

1. 工期縮短

最上層的上下空間可同時作業（上部空間鋼骨吊裝，下部空間外牆板吊裝）。提高施工空間的利用，且施工現場在頂層的覆蓋下，不受季節影響。必要時可連續施工，縮短工期。

2. 品質確保

因部材的預製（鑄）化，施工機械化及電腦施工管理，使施工精度及品質提高。

3. 省力化

因機械化使既有的勞力作業量降低，節省大量人力，並降低工程造价。

4. 作業環境改善

因資材的預製化及機械施工，現場作業環境清潔，且作業層為內部空間，減少對鄰房噪音干擾。

5. 安全性

高空作業大幅減少，安全性提高。

此系統的主要構成可分為下列幾項：

1. 最上層全天候屋頂

又可稱為作業工場，有屋頂遮蓋，含爬昇用支柱等構成，確保全天候的舒適作業空間。

2. 爬昇機構

一般使用油壓千斤頂，隨著構築的高度將最上層壓昇的裝置。

3. 自動揚重搬裝置

分為建築物外部大型資材搬運的天花行走吊車，及建築物內部裝修材料搬運用的高速貨梯、水平搬運機二部分。

4. 自動化施工機械系統

如鋼骨自動焊接機械人、外牆 PC 版安裝機械人、混凝土打設機械人等。

5. 中央控制系統

將勞務、品質、工程進度等管理項目，加以電腦化，與自動搬運系統連動，資材組裝完成後可同時進行完成度計算。

自動構築裝置系統

一、構成

構成自動化施工系統之一部分的自動構築裝置，日本各大綜合營造廠所開發的系統，大致相同，其主要特徵是利用結構柱子當反力，設置油壓千斤頂以支援本裝置，並逐層上昇組立建築物。

本裝置的外部是覆蓋著不受天候影響，具備屋頂、牆的功能，乃建築物組立時的 FA 工廠。清水建設的系統稱之為 SCF（Super

Construction Factory)。在假設屋頂，裝設有天花式吊車，進行吊裝柱、梁外，尚有鋼骨組立機械人、自動銲接機械人等各種機械人，自動進行鋼骨部材組立、焊接檢查、樓板部材組立、內裝部材配置等作業。

圖 5-3：T-UP 工法生產平台
(Plat Form) (大成建設)

二、特徵

1. 各種管理控制室可設在本裝置內。
2. 資材的揚重、搬運、梁柱等重物由建築物外周搬到構築裝置內，其他資材則由建築物內的施工管道搬入。
3. 構築裝置的上部結構骨架可當建築物的最上層使用，所以構築裝置不必全部解體，只要將吊車及自動化機器撤走即可。

圖 5-4：Smart System 的 hut truss
(清水建設)

綜合自動管理系統

構成自動化施工系統之三大部分之一的綜合自動管理系統，

主要包括現場生產管理系統與設備控制系統二種，其所使用的電腦也有區分。雖然自動機械的控制需要高度的立即性，而設有專用系統，但實際上工程管理與設備控制兩種系統，在現場皆以區域網路 (local area net work) 連結構成。

圖 5-5：中央控制室內部

工程自動管理系統係依據現場的物件資料庫執行各種部材的製作、搬入、組裝、實際狀況掌握等生產管理業務。設備控制系統乃依工程管理系統所題示的部材，考慮當日的各種設備狀況，進行時程安排，及對各設備做運轉指示。

由上述兩種主要的自動管理系統，進行各種自動化機器及結構體精度等計測、控制管理，其所構成次系統主要有下列幾種。

1. 爬昇裝置控制管理系統

構築裝置爬昇時，計測構築裝置的變位、slider 的油壓，並控制管理數根爬昇裝置同步動作。

2. 構築裝置控制管理系統

依施工模擬的結果、順序，讓天花自動行走的吊車等，有

效的安全地運行系統。

3. 內部揚重搬運控制系統

即控制資材搬入場、高速升降機的揚重及自動搬運車的水平搬運等運行的系統。

4. 機械人控制系統

依據構築控制管理系統或結構體精度計測管理系統所傳送來的資料。

5. 結構體精度計測管理系統

除計測管理柱梁等軀體及外牆板等組立精度外，也將必要的資訊傳送到其他系統。

6. 施工管理支援系統

支援工程進度、資材、品質、安全等種種工程管理業務的系統。

了循環式吊車（cycle crane）及有回旋臂的天花水平行走吊車。

自動搬送系統的開發可分成作業所外與作業所內部二個系統，作業所內部的搬運，可成為

表 5-3：搬運系統分類表

結構材及裝修材。除上述的天花式水平吊車搬運結構材及外牆裝修外，搬運裝修材料的自動移動式 lift，在各層所設置的架台間做垂直搬運及移動。此系統由事先登記的日期、廠商、品名、數量、搬運樓層等搬運予約，搬入時只要簡單輸入即可指示搬送指示與搬入管理。

T - U P 工 法

一、前言

T-UP (TOTALLY MECHANIZED CONSTRUCTION SYSTEM) 工法係由日本大成建設所開發，並實用化的一種自動化施工系統。以目前可行的技術，將建築的機械化生產的未來像具體化的成果。此構想係參考某種橋樑構法及押出成型品之生產設備與產品之相對位置，將其逆向配置所得，視現場為建築物生產工場，結合構法、材料、設計、管理等之軟硬

自 動 搬 運 系 統

高樓結構體工程的資材揚重，目前為止其垂直、水平搬運是以塔吊（Tower Crane）為主。由手臂、回轉、捲揚的作業組合，可將資材搬運到任意點，但自動化新工法，建築物上部的空間為全天候屋頂，而受到某些限制。若要計畫採塔吊的情形，只能將其延伸到屋頂外。因此在屋頂部的下方設置揚重，採天花式水平吊車，除傳統的形式外，也開發

體技術與機械技術，所構成的自動化建築生產系統。

今後為實現以建築機械人為主的自動化，必須要經歷四個階段，但又無法將其明確地加以區分。如表 5-4 所示：

階段	目 標
1	針對部分工程機械人的研究
2	構工法、材料、設計對自動化因應的研究
3	包括機械人之整體自動化施工系統之開發
4	自動化施工系統之高度技術化、普及化

表 5-4：自動化階段表

二、構成

本工法主要以高層辦公大樓、集合住宅、旅館、醫院等有標準層平面的建築物為對象，由下列之 6 種標題技術，相互支援連動的方式，實現高效率之生產力。

1. 核心先行構築與最上層爬昇 (CLIMB UP)

一般中高層建築之平面計畫，將電梯、樓梯、幹管線、空調衛生設備管道等集中留設核心

部 (Core)，構成所謂建築物的脊椎骨或中樞系統，通常將其配置於平面之中央的類型最多。T-UP 工法即先行構築核結構體，

圖 5-6：T-UP 工法

然後將在地面預組完成的「最上層」配置於核之外周區。預組的「最上層」則以核心為支軸，靠幾組油壓千斤頂爬昇。「最上層」於工程完工階段，即為結構上真正的屋頂層。通常面積約 2,000 m²，其重量約 1,500Ton 2,000Ton。本工法之工程順序如圖所示。核結構不論 S 造、RC 造皆可適用。

2. 「最上層」之下部空間及其上部空間的自動化施工

在「最上層」的下面裝設天花水平移動式吊車及各種作業用操作裝置，從事安全且高效率之構件搬運與按裝。「最上層」也扮演雨傘的任務，於天候不良時不受影響，可全天候施工。在「最上層」上部設置各種吊車，可先行組立核結構，因此可說是一部具備各種操作裝置之建築結構體組立用的巨大機械人。

3. 各層之機械化施工

各層作業階段，導入各種機械人與省力機械並連接雷射計測

系統，實現品質管理提升、工期縮短與作業輕量化的目標。

圖 5-7：Self Building System 的順序

4. 地下地上工程同時進行

有效縮短工期之手段之一，即地下結構體與地上結構體同時施工。因此地下工法採逆打工法，依各細項計畫採反循環積層工法、接地模板（GROUND FORM）工法，在縮短工期的同時，亦實現省假設、省力型的地下工程。

5. 地下機械化施工

將連接各種計測系統之自動化機械，導入逆打工法之地下挖掘工程，土方搬運工程，意圖提高施工速度。

6. 資材之構件化與預鑄化

資材與構件之導入，依外部工廠（1次工廠）、現場工地（2次工廠）、各樓層（3次工廠）之順序執行，以此過程進行資材之組件化即預鑄化、規格化、小品種化、複合化、大型化。組件之生產極力推動預鑄化，即依3次工廠到2次工廠，2次工廠到1次工廠或上游工廠的生產流程來

進行，在安定的工廠內品質管理下，可確保優良組件，改善現場的工作環境，提高生產力達到預鑄化的效果。

三、今後動向

這次實施的 T-UP 工法，並沒有將自動化構想的 6 個標題技術，全部拿來選用。但其中地下地上同時施工法，與為提高自動化成效，須整體資材的徹底預鑄化兩項，可列為今後的課題。

另外，外部工廠（1次）到現場（3次）之各級工廠的自動化比率提高，與「CAD/CAM」之導入，使 CIM 化更充實，將來日本建築業之生產系統，也可達到與製造業並駕齊驅的生產力。

T-UP 工法的研究及實施乃循表一之 I、II 階段之研究成果，並踏出第 II 階段整體自動化施工系統的第 1 步。今後，第 I、II 階段的成果，將配合第 III 階段的研究繼續回饋修正，以累積更具

體的研究。

圖 5-8 : Self Building System 的順序

參考文獻

1. 楊逸詠 1986.12 建築模矩配合應用手冊 中華民國建築師公會全聯會
2. 楊逸詠、陳邁 1995.06 生產合理化之建築工程設計—以實際案例模擬 內政部建築研究所
3. 楊逸詠 1996.06 學校教室建築工程自動化施工技術之應用 內政部建築研究所
4. 楊逸詠 1994.07 高層集合住宅之構法開發與生產合理化方向 內政部建研所論文集
5. 李威儀、楊逸詠、張效通 1997.06 從空間計畫探討集合住宅生產合理化之研究
內政部建研所
6. 李政憲 1994.06 高層集合住宅複合化工法開發之研究 內政部建研所
7. 李政憲 1995.06 高層集合住宅建築與設備界面之整合 內政部建研所
8. 洪君泰 1994.06 高層集合住宅建築構法合理化之研究 內政部建研所
9. 許榮方 1995.06 集合住宅構法計畫之研究 — 構法之評估與選擇 工技碩論
10. 陳淑如 1993 高層建築結構體施工合理化之研究 — 以鋼筋混凝土構造為對象
成大建研所碩論
11. 內田祥哉編著 1997.02 建築構法 市 出版社
12. 日本建設省住宅局住宅生產課編 平成四年 中高層 丸善株式會社
13. 松村秀一等 1995.06 平成建築生產事典 彰國社
14. 加賀秀治監修 1996.06 次世代建築生產 東洋書店
15. 內田祥哉編著 1997 建築施工 市 出版社
16. 日本建築學會編 1996.12 構造用教材
17. 官武保義著 建築生產論 丸善株式會社
18. 現代建築施工用語事典編輯委員會編 現代建築施工用語事典 彰國社
19. 建築技術施工雜誌 1994 年 3、9、10、12 月號 彰國社
20. 建築技術 1993 年 1 月號、1997 年 8 月號 建築技術株式會社
21. 彰國社編著 1993.04 建設 大圖鑑