

# 建設業에 있어서의 컴퓨터의 利用

李 丙 海 / 漢陽大 教授

## ABSTRACT

This paper will describe the background and "dynamics" of system integration of construction industry. It will address questions such as, why the construction industry needs to integrate work process through computer based system. Then it describes about 3D modeling, project, management, procurement, engineering data bases, construction CAE. Also the paper presents recent project experience at school environment.

### 1. 序 言

우리 建設業界는 70년대 후반과 80년대초를 통하여 海外建設業體의 中東市場에서의 好調와 최근의 國家적인 政策에 따른 住宅建設과 社會기반시설의 확충에 따라서 量的으로는 많은 發展을 하였다. 이러한 發展의 原動力은 우수한 人력들의 比較적 싼 노동력이라 말할 수 있다. 그런데 최근에 우리는 많은 變化를 맞이하였다. 노동력은 오히려 부족하여 수입을 하여야 하는 形편이고, 建設市場은 개방하여 先進技術과 값싼 勞動力에 對항하여야 하는 形편에 놓여있다. 우리 建設業界는 이러한 環境을 극복하기 위하여 量的의 시대에서 質의 시대로의 體질개 善을 要하는 變換기를 맞고 있다. 殊 競爭에서 우 위를 유지하기 위하여 技術集約的인 體제로 바뀌야 할 形편에 놓여 있다. 앞으로 겪어야 할 高騰스 러운 體질개 善을 爲하여 動員할 수 있는 方法이 여러 가지가 있겠으나 그 중에서도 業務의 電算化가 가장 효과적 인 方法이라는 것은 一般的인 常識이 되고 있다.

사실 建設業 자체의 特性이 他業種에 比하여 勞動集約的이기 때문에 첨단技術의 적용이 뒤진 것만은 사실이나 치열한 競爭이 建設業에서도 첨단技術의 導入을 재촉하고 있는 實情이다.

컴퓨터를 이용한 設計(Computer Aided Design), 製造(Computer Aided Manufacturing), 組立(Fabrication), 品質管理(Quality Control), 工事管理(Management), 로보트와 人工지능(Artificial Intelligence)등은 建設業에서도 혁명적인 도구로 등장하고 있다. 그러나 지금까지 우리에게 익숙치 않은 이러한 새로운 기법을 받아들이는 것에 對한 저항은 他業種에 比하여 강하게 나타나고 있는 實情이기도 하다.

外國에서의 電算시스템 응용은 초기에는 科學·技術計算에서 필요로 하는 多量의 計算을 짧은 時間內에 처리하기 爲하여 우선적으로 이용되었으며 管理部門에서의 이용은 電算시스템 비용의 부담이 경감

된 후 부터였다. 그러나 國內의 상황을 보면 科學·技術計算에 對한 電算應用은 아직도 부진한 상태이며 電算 시스템의 導入初期부터 그 이용형태는 극히 초보적인 管理部門에서 시작되었다.

이러한 現象의 主된 理由로는 첫째, 國內技術者들의 電算시스템에 對한 이해가 부족하고, 둘째 현재 國內技術分野가 당면하고 있는 구체적 인 문제들이 電算시스템을 이용하여 해결할 수 있도록 定型化가 되어있지 않고, 셋째 外國에서 도입된 소프트웨어를 이용할 수 있는 技術的인 바탕이 성숙치 못했기 때문이다. 國內에 電算 시스템이 導入된지 20여년 이 지나면서 海外에서 많은 經驗을 쌓은 科學·技術人 力이 國內 활동 기회를 갖게 되었으며 國內에서도 많은 人員이 훈련되어 연구기관, 학교, 기업체에서 활약함으로써 이러한 狀況은 많이 개선되고 있으나 아직도 대부분의 企業體에서는 電算시스템의 이용이 技術部門보다는 管理部門에 치우치고 있는 實情이다.

### 2. 情報化 社會에서의 建設業

소위 情報化社會(Information Society), 후반기 産業社會, 혹은 Computopia 라고 부르는 社會가 20세기 후반에 들어서 우리에게 급격히 몰아닥치고 있다. 우리는 이 새로이 닥쳐오는 여건에 對하여 원 하는 원치않은 間에 새롭게 適應하여야 한다.

建設業에 있어서도 취급하여야 할 새로운 분야가 많이 나타나고 있다. 여기에는 종래의 우리 建設業이 갖고 있던 Hardware의 분야에서 축적된 技術뿐 아니라 점점 Software분야의 비중이 중요시 되어가고 있다. 建設業의 情報 시스템은 이러한 變化에 對하여 신속한 對應이 필요해지고 있다.

EC(Engineering Constructor)화의 움직임에서 보 는 것처럼 프로젝트의 企劃, 調査, 立案, 設計, 施工 나아가서는 After Service까지 一括된 직접통제

가 가능한 企業體質, 技術情報 시스템이 建設業에서 요구되고 있는 것등은 그 하나의 例로 들수있다.

이러한 움직임은 具體的으로 都市住宅開發, 에너지備蓄, 플랜트建設, 海洋開發, 環境保存등 모든分野에 걸쳐서 나타나고 있다.

高度情報化 社會로 향한 사회 전반에 걸친 再編에 우리 建設業도 빨리 적응하여야 하는 커다란 課題를 안고 있는 것이다. 즉, Computer를 基盤으로 하는 System을 고려한 企劃, 設計, 施工技術을 될수 있는대로 빨리 導入하는 것과 이러한 企業活動을 지원하는 情報 시스템의 整備가 필요해지고 있다.

예를들면, 纖維 Cable의 도입은 종래 Cable과 비교해서 가벼우면서도 작은 공간에서 보다 多量의 通信을 가능케 한다. 따라서 케이블시설을 위한 공사도 대폭 바뀌었다. 그래서 건물의 설계와 공사관리를 위한 시스템의 再檢討도 필요해졌다.

高度情報社會를 위한 基幹施設(Infra-Structure)의 確立과 함께 이것을 전제로 한 각종 建築物에 대한 새 技術의 반영은 점점 더 증가되고 있다.

각종 뉴미디어의 發展은 단순히 새 미디어가 탄생했다는 작은 사실이 아닌 새로운 文化的 創造라고 할 수 있다. 築造物의 構造와 施設 등의 직접적인 變化에 덧붙여서 종래와는 다른 새로운 概念과 構造를 가진 生活空間의 出現이 예상된다. 이러한 새로운 情報社會의 實現에 建設業이 맡은 역할은 점점 커져간다고 말할 수 있다. 그리고 이러한 기업활동을 지탱하는 情報處理 시스템도 보다 質을 의식한 變革이 要求되고 그 중요성도 높아간다.

### 3. 建設業의 情報 시스템의 特質

建設業에서는 사회로부터의 要請에 응할 수 있는 新分野로의 참여와 동시에 企業內에서도 눈을 돌려 體質強化를 위한 活動이 병행되어 실시되고 있다. 각사에서 활발히 실시되고 있는 TQC활동으로 대표되는 것처럼 늦춰질 줄 모르는 改善이 계속되고 있다. 예를 들면 하나의 건물에는 약 50万個의 部品과 部材가 사용된다고 말해진다. 더구나 建設現場에서는 여러 業種이 相互關聯을 맺으면서 복합적인 作業을 수행하고 있는 것이다.

建設業은 他産業에 비해서 이러한 극히 많은 部品과 복잡한 工程을 거쳐야만 製品이 될 수 있는 특수한 産業形態를 지니고 있다.

여기서 品質과 合理化의 추구가 경영을 위한 필수 불가결한 요소인 것은 말할 것도 없다. TQC活動이 활발해지고 있는 것은 하나의 단적인 예로 볼 수 있다. 이 TQC활동의 일환으로서도 企業情報 시스템의 役割이 크게 대두되고 있다.

設計分野를 예로 든다면 品質向上과 合理化를 위해서 CAD가 急速한 기세로 導入되고 있다. 建設業界에 있어서 設計業務의 컴퓨터 이용은 歷史도 깊고, 國內의 일부 기업에서는 이미 정착한 分野이나 CAD의 극히 제한된 기능 즉, 전통적으로 말하는 製

圖板을 대신하는 役割정도가 일반적이다. 일부를 제외하고 CAD의 보급, 投入가 본격화하는 것은 지금부터라고 볼 수 있다. CAD는 建設技術者의 活動을 보다 創造的 分野로 轉換하여 부가가치가 높은 부문에 이용함으로써 生産性을 향상시키는 效果를 기대할 수 있다. 또 현재는 建設部門뿐만이 아닌 企劃部門, 營業部門 등과 같이 企劃이나 營業活動과 밀착한 分野에서도 適用 범위가 점점 넓어지고 있다. 이와같은 建設分野生産의 各分野에서의 개별적인 이용뿐만 아니라 이제는 一般機械나 電子部分에서 한 발 앞서서 이루어지고 있는 각 System들을 一貫되게 運用할 수 있는 소위 Total system화가 이루어지고 있다. 住宅産業의 例에서 보면 營業所에서부터 나아가서는 住宅展示場에까지 CAD시스템이 계속 浸透하고, 모든 消費者와 直結되는 形態도 나오고 있다. 이와같은 CAD시스템은 이미 國內에도 몇개 建設業體에 활발히 導入되기 시작하여 초기에 기대했던 것보다 좋은 效果를 얻는 업체도 찾아볼 수 있다.

한편 建設을 하나의 生産管理로서 전체를 파악해 본 경우 建設現場 - 즉 공장이 지역적으로 수백, 수천개소로 分散되어 있다는 특징이 있다. 여기서는 本社部門과 支店, 그리고 建設現場이라는 階層을 지닌 분산형의 管理시스템과 거기에 수반되는 情報 시스템이 필요하다. 이러한 情報시스템을 채용하는 것과 함께 컴퓨터 이용자의 범위는 급속히 擴散되고 있다. 예를들면 建設現場내에서, 퍼스널 컴퓨터를 직접 이용해서 工事管理, 簡易技術計算, 計測 등을 손쉽게 하는 것은 이미 實施되고 있다. 금후는 이 分野에도 새로운 通信網과 미디어의 適用이 시작되고, 보다 고정밀도의 情報處理가 보다 낮은 가격으로 實現될 수 있다고 생각한다.

### 4. Package적용에 의한 시스템構築의 합리화

量에서 質로 급속한 轉換이 要請되고 있는 오늘날 情報시스템의 개발에 대해서도 변화에 대한 對應이 要求되고 있다. 크고 많은 開發待機業務(Back log)를 책임지고 있는 시스템開發部門에 있어서 시스템開發期間의 短縮과 開發費의 절감을 피하면서 요청된 시스템을 어떻게 빨리, 確實하게 실현할까 하는 것이 큰 課題이다.

이 문제에 대해서 Package의 適用은 하나의 답으로 들 수 있다. 建設業 및 關聯 業種의 각각의 業務에 대하여 필요한 소프트웨어를 확보하는 방법은 自體內에서 처음부터 開發하는 方法과 外部에서 이미 開發된 Package를 확보하는 方法을 들 수 있는데, 이 두 방법은 각각 長·短點을 가지고 있다.

자체개발의 경우는 비용이 많이드는 시스템 Analyt와 Programmer를 투입해야 하고 개발될 시스템의 成敗여부를 알 수 없는 단점이 있는 반면, 目的에 가장 적합한 시스템을 開發, 發展시킬 수 있는 長點

이 있다. 外部 구입의 경우 사용자의 요구에 맞는 패키지를 구할 수 있다면 경제적인 방법이지만, 이 경우의 短點은 항상 소프트웨어 Vendor에 의존해야 되기 때문에, 시스템을 改良한다든지 發展시켜야 될 경우에는 오히려 많은 費用이 소요될 短點도 가지고 있다.

최근 電子技術의 發達로 인하여 Hardware의 가격은 대단히 低廉하여지고 있으나 소프트웨어의 費用은 開發要員의 많은 需要에 供給이 따라가지 못하는 이유로 인하여 급상승하고 있는 형편이다. 이제는 컴퓨터 출현 初期의 Hardware를 중시하는 概念에서 벗어나 소프트웨어에 더 많은 關心을 集中시켜야겠다.

### 5. Computer를 基盤으로하는 建設業務의 통합화

一般建設業에서는 다양한 종류의 工事を 수행하면서도 좋은質(Quality), 저렴한 가격의 공사(Cost), 계약공기(Delivery)에 맞고 그리고 安全(Safety)이라는 어려운 조건들을 전부 수용하여야 한다.

이일을 성공적으로 이끌기 위해서는 주변에 산재해 있는 情報를 收集하고, 이 收集된 情報를 가공 정리하여 적절한 시간에 소정의 부서에 傳達하여 最適의 결정을 내린다음 이들 施行을 計劃에 따라 施行하여야 하므로 建設業이란 대단히 複雜한 産業이다.

이런 複雜性 때문에 他産業에 비하여 오히려 Computer를 基盤으로하는 情報技術이 더 要求됨에도 불구하고 더 뒤져 있는 것도 또한 建設業의 特性인 業務自體의 不定形性 즉, Dynamic하다는 弱點을 갖고 있기 때문이다.

機械産業이나 혹은 電子分野같은 裝置産業에서 업무의 統合化 System인 CIM (Computer Integrated Manufacturing)이 建設分野에서는 그 적용수준이 뒤떨어져 있다.

그러나 이와같은 業務의 特性인 非定形的인 문제에 따른 예로서는 Computer 技術의 發達에 따른 Human machine interface, Communication 人工知能(AI) 技術, Data Base技術등과 같은 Software의 技術과 극적으로 發展하는 Hardware의 技術은 우리 建設業의 統合化 技術에 결정적인 영향을 끼치고 있다.

지난 20여년간 機械나 電子등의 一般製造業에서는 생산과정에서의 電算이용이 각광을 받아왔다. 그러나 이제는 우리 建設業務 즉, 엔지니어링, 施工, 유지 보수등에도 성공적인 電算應用이 주목받고 있다.

오늘날의 建設業에서 電算基盤으로 하는 業務의 統合化 정도는 一般製造業에서 말하는 소위 CIM(Computer Integrated Manufacturing)의 1970年代의 수준 정도로 생각된다.

建設業務는 점점 大型化되고, 국가와 국가간, 회사와 회사간의 競爭은 점점 度を 더해가고 있기 때

문에 높은質과 低廉하면서도 적정 時間에 맞추어 遂行할 수 있는 最適의 Service를 갖지 못하면 명백을 유지하기 어려운 실정이다.

Computer技術은 대형 建設業務를 遂行하는데 예전에는 상상도 할 수 없었던 기능과 기회를 만들어 내고 있다. 電子通信의 技術은 音聲 data, 映像, 畫面등을 여러장소로 동시에 자유자재로 보낼 수 있게 되었고 이 通信手段의 費用은 대단히 빠른 速度로 낮아지고 있다. 그래서 이와같은 수단의 보급은 매우 빠르게 擴散되고 있다.

우리가 당면하고 있는 建設業에서의 高級技術人力의 不足은 電算을 바탕으로 하는 技術의 도움을 적극적으로 받아들이는 경우 劃期的인 解決을 볼 수 있다고 생각한다.

엔지니어들은 이제는 CAD와 병행하여 CAE(Computer Aided Engineering)을 사용하는 단계가 되었다. 즉 構造解析, 設計, 대지정리(Site engineering), 도로선형결정, Slope Stability Analysis 등등의 技術計算을 시행하는일이 피할 수 없는 것이 되었다.

이 경우에 문제되는 것이 각기 개별의 System을 사용함으로써 연관된 엔지니어나 設計者들 사이에 data의 互換이 용이치 않다는 점이다. 이로 인하여 설계자들은 자기들이 담당한 業務 테두리에서는 最適의 결과를 얻으려고 하지만 많은 경우 전체적인 最適의 결과를 얻는다는 미치지 못하고 있다.

다음단계는 Computer를 기반으로 작업을 進行 하는데서 data의 양을 최소화하는 문제이다. 지금까지는 建設業務의 각단계에서 入力이 되었거나 혹은 작업중에 발생한 data를 여러번 反復하여 입력하거나 발생시킴으로서 非效率化를 갖었으나 이제는 이를 극복하기 위한 여러가지 方法이 試圖되고 있다.

예를들어 構造物의 平面이나 立面등의 Graphic data로부터 屬性 data들을 추출하여 解析의 입력데이터를 자동 생성한 다음 그것을 이용하여 解析을 施行한다. 이 해석결과를 System내에서 정리한 다음 부재설계를 위한 資料가 자동 생성되고 그 결과를 이용하여 부재설계를 施行한다.

일단 부재설계가 완료되면 그 결과 圖面을 작성하는데 필요한 Parameter를 抽出하여 圖面을 作成하게 된다. 이와같은 과정들을 밟음으로서 한번 입력이 되었든지, 혹은 발생한 data는 反復되는 일이 없도록 하고 있다.

이 복잡한 業務를 遂行하기 위하여는 대단히 많은 data량이 존재하기 때문에, 이를 效率적으로 관리하기 위한 소위 Engineering DataBase가 필요하게 된다.

또 한가지 문제는 Computer와 技術者간의 interface 양을 줄이자는 시도이다. 즉, Computer에 우리 技術者가 제공할 data양을 줄이자는 것이다. 이 시도는 최근 소위 人工知能(AI)技術의 발전으로 인하여 상당한 進歩를 보이고 있다. 즉 專門家 시스템(Expert System)을 말하는데 機械內에 우리 인간이 사물을 판단할때 자기가 지금까지 蓄積했던 지식을

바탕으로 자기가 갖고 있는 推論過程을 통하여 判斷을 내리는 과정과 같은 技能을 Computer에 내장함으로써 技術者가 이러한 Process를 통하여 나온 결과를 Computer에게 알려주는 과정을 줄이자는 시도가 다.

지금까지 우리는 3-D의 모든 建築物을 만드는 데 2-D인 圖面의 媒介體를 통하여 의사전달하는데 익숙해져 있다. 그런데 이와같은 2-D의 圖面을 통하여 실제로는 3-D인 建築物 사상을 System으로 하여금 파악케 하려면 대단히 어려운 문제가 된다. 그래서 자인히 3-D Computer Model의 導入의 필요성이 대두된다.

지금까지 3-D Model의 이용이 우리 업무에 導入되지 못했던 주요한 원인을 두가지로 말할 수 있다. 첫째는, 복잡한 建築物의 모든 data를 3-D로 만들려면 방대한 것이 되어 지금까지 Computer의 능력으로 쉽게 接近할 수 없었던 技術적인 문제이며, 두번째의 문제는 모든 업무가 2-D 즉 圖面에 의하여 運營이 되었기 때문에 아직 普遍化되지 못했으나 Computer H/W 와 S/W 技術의 급진적인 발전과 이에 따른 사회적인 요구에 따라 3-D를 기반으로 하는 技術은 一般化가 될 것이다. 즉, 3-D를 基盤으로 하여 建築物의 電子的인 Model이 만들어지고 이것을 바탕으로 하여 엔지니어링이 이루어지고, 또 電子的인 Model을 통하여 실제공사의 simulation을 시행하여 實在工事中에 일어날 수 있는 문제점을 파악하여 시정할 수 있다. 그리고 이 3-D Model을 통하여 資材 산출을 할 수 있고 建設工事に 도입하기 시작한 로봇이나 數值制御機 (NC machine) 등을 制御할 수 있을 것이다. 필요에 따라서 현재 사용하고 있는 2-D 圖面도 이 3-D Model로 부터 抽出할 수 있다.

이와같은 技術들이 정착되면 우리 建設 業務에서도 On line화가 가능하여질 것이다.

## 6. 시스템 統合化에 필요한 요소

위에서 언급한 다양한 배경의 각기 다른 建設業의 단계에서, 電子的인 Model을 통하여 일련의 情報의 효율적인 운영에 의한 統合이 이루어지기 위하여는, 다음과 같은 Computer技術들이 동원되어야 할 것이다.

### ① 工事 Data Base

會社 전체에서 일어나고 있는 工事들에 대한 정보는 한개의 工事 data base에 貯藏되어 運營되어야 될 것이다. 여기에는 2D 와 3D CAD, 엔지니어링計算, 資材管理(購買), 工事管理, 각종 시설을 위한 유지관리 등의 Data를 포함한다. 물론 이들 일부분의 Data는 全 Project에 관련되지 않고 일부에만 관련된 것도 포함되고 있다. 例로서 공장의 어느 부분의 graphic의 屬性 data는, 반드시 3D Model 내에 存在해야지만 해당되는 project data base의 일부로만 존재한다. 또

어느 資材物量 情報은 Project Dbase에 위치하여 購買部署, 施工部署, 유지보수부서 등에서 공동으로 사용될 수 있는 것이다.

### ② 專門家 시스템 (Expert System)

최근에 AI(人工知能)의 技術진전에 따라서 專門家 System이 우리 建設分野에도 활발히 導入되고 있다. 앞에서 언급한 바와같이 專門家の 판단에 의하여 어떠한 data를 導出하여 Computer에 입력하는 것이 아니고 시스템 자체에서 우리 專門家와 같이 蓄積된 知識을 基盤으로 하여 인간과 유사한 推論을 통하여 data를 發生시키는 System을 말한다.

이 Expert System을 3D Model에 내장되어 있는 資材情報, 設計 Code, 시방서 table등과 접속함으로써 다양한 결정을 시스템 자체에서 이룰수가 있게된다. 이와같은 과정을 통하여 우리 技術者들과 System간의 interface양을 줄여 줌으로써 生産性を 向上시킬 수가 있게 된다.

이 AI 技術의 계속적인 발전은, 오늘날 Computer에게 맡길수 없고 인간만이 하여야 될 수 있는 문제들이 차츰 機械가 담당하도록 옮겨가게 할 것이다. 이 expert system의 導入은 지금 우리가 當面하고 있는, 經驗을 갖고 있는 技術者의 부족현상 문제에 있어서, 새로운 기술자를 투입하여서 극복할 수 있는 수단이외의 새로운 技術者들을 訓練시키는 좋은 Tool이 될 수 있다. 즉, 혼란 시키는데에 있어서 時間과 費用을 節減할 수 있는 것이다.

일본등지에서 시행되고 있는 土質分野에서의 專門家 system의 몇가지 예를 들어 보기로 한다.

### <<土質分野에서의 Expert System 開發事例>>

#### ● 擁壁방법선택 System

이 시스템은 boring log data를 갖고 擁壁의 측면에 작용하는 土壓을 결정하는 專門家 system이다. <참조 #1>

#### ● Tunnel 工事計劃을 위한 專門家 System

Tunnel공사를 위한 掘鑿方法, 投入裝備 및 시기결정을 하는 System으로서 假設計劃, 人力計劃, 安全計劃은 掘鑿方法和 裝備 및 시기등이 결정되면 부수적으로 결정된다. <참조 #2>

#### ● 斜面安定方法 선정 System

이 System은 計劃과 設計過程에서 各地質 조건에 따라서 最適의 斜面安定 방법을 결정하는 專門家 System이다. <참조 #3>

#### ● 斜面切土設計 지원 System

이 專門家 System은 經驗을 갖지 못한 土質技術者가 斜面切土設計를 함에 있어서 많은 經驗을

蓄積한 技術者와 같은 수준의 設計가 가능토록 도와주는 System이다. 이 System은 만일 주어진 條件을 갖고 만족한 設計가 불가능할 때는 追加되는 試驗과 調査를 지시하게 된다. <참조 #4>

### ③ 資材管理(Material Management) System

建設業의 統合 system에서 資材管理의 電算化는 필수적인 부분이 된 것이다. 一般製造業에서는 CIM중에서 MRP System이 핵심부분인데, 建設業에서도 매우 중요한 부분을 차지한다. 이 System은 資材購買, 發送, 現場入出庫, 現場에서 貯藏狀況등을 統括한다. 이 System에 Compter CRT screen상에서 쉽게 접근할 수 있도록 構築하여야 할 것이다.

### ④ 設計業務의 自動化

여기 참석하신 대부분은 Computer의 응용중에서 設計業務 自動化에 흥미를 갖고 계신분들일 것이다. 매일 우리 技術者들이 遂行하는 作業을 보면 극히 반복적인 똑같은 作業을 遂行하고 있음을 발견할 것이다. 실제작업을 잘 분석하여 보면 創意的인 부분과 도면을 그린다든지 計算書를 작성하는등의 機械的인 일로 분류된다. 기계, 즉 Computer가 아니고 우리 인간만이 할 수 있는 創作的인 일의 부분은 극히 적은 부분인 것을 발견할 것이다.

設計業務에서 이와같이 기계적으로 할 수 있는 부분은 Computer에게 넘겨버리고, 우리 엔지니어들은 인간만이 할 수 있는 創作的인 일에 專念하므로써 生産性을 높이고 業務의 高級化를 꾀할 수 있을 것이다. 이것을 이루기 위하여는 築造物의 3-D Model을 생성하여 그것을 바탕으로 주변에 CAE Tool들을 組織하고 이것에 연관된 다양한 Data들을 組織적으로 管理하고, Computer Graphic기능 등을 동원하여 실제에서 일어날 수 있는 상황들을 Simulation을 통하여 確認하는 과정을 통하여 설계를 進行하도록 한다. 여기에서 확정된 설계결과는 後續되는 製作, 施工, 事後管理등에 自動적으로 연결되도록 준비하는 過程까지를 말한다. 물론 이때 설계결과를 전통적인 2-D도면으로 의사전달을 원하면 圖面 製作도 여기에 해당된다.

### ⑤ 施工過程 Simulation

이제 실제공사 진행의 각 단계를 3-D Model을 만든다음 施工技術者들에 의하여 檢査하여 볼 수 있다. 3-D Model은 電子的으로 완전히 표현될 수 있게 되었다. 여기에서 3-D Model의 詳細圖는 목적에 따라 각각 다르게 표현하여야 할 것이다. 예로서 건물의 配置를 따질때는 대충의 Block정도 표현이 되겠지만, 건물의 마감들을 따질때의 Model들의 경우는 수 mm정도까지 되어야 할 것이다.

바로 여기에서 지적하고 싶은 것은 傳統的인 手作業의 방법을 써서 飛行場을 施工할 때 수 Km의 滑走路로부터 수 mm의 건물의 detail까지 따지는 경우 手作業의 경우 많은 어려움을 겪게 되지만 CAD등을 통한 作業을 하였을 경우에는 이 어려움을 극복할 수 있게된다.

추가하여 3-D Model로부터는 CPM을 통한 工程管理을 위한 Data가 생성될 수 있을 것이다. 이 단계에서는 단순한 3-D Model에서 築造物의 실제 data뿐아니라 施工 技術者들에 의한 築造物의 工事順序, 施工를 위한 필요한 시간등의 추가 data가 입력되어 project DB에 연결되어야 될 것이다. 重量物의 設置등은 CPM등과 연관지워서 실제 설치시점에서 築造物의 형태에 어떻게 설치할 것인가등을 電子的으로 施行해 볼 수 있을 것이다.

### ⑥ 工事 Schedule 管理

3-D Model을 통한 統合 System에서 이룰수 있는 또 중요한 요소는 현장에서 工事의 進捗을 電子的으로 관리할 수 있다. 현장 관리자는 築造物의 각부분을 분류한 다음 완성된 부분과 未完成部分을 現況別로 색깔로 표시한 다음 그것을 통하여 管理를 하면 대단히 效率的이 될 것이다. 즉 設計完了, 製作, 設置, 現場到着, 設計完了 등과같은 단계를 Graphic적으로 표현하고, 각 Graphic의 屬性들을 나타내는 非Graphic data를 동시에 운용하면 lead time이 필요한 장비등에 대한 관리도 시간에 맞도록 관리할 수 있다.

앞에서 언급한 Expert System의 응용을 이 부분에 效果的으로 사용하여 많은 경험을 쌓은 現場管理者의 역할을 대신할 수도 있을 것이다.

### ⑦ Facility Maintenance

지금까지는 어떠한 築造物 建設을 完了하였을 때 As built drawing을 그려서 보관하고 있지만, 이것은 실제적으로 후에 그 築造物을 維持管理하는데 별도움을 주지 못하고 있다. 築造物은 사용하기 시작하면서 부터 계속하여 수선, 改築등을 통하여 變形되기 때문에 고정된 圖面을 통하여 이 變形 狀況 情報를 유지하는것은 不可能하다. 그러나 3-D Model을 통한 電子的인 data 보관을 하였을 경우에는 충분히 실제적인 필요에 응할 수 있게 된다. 이때, 유지보수를 위한 築造物의 data는 이미 前段階 즉 設計, 施工段階에서 발생한 data가 project DB를 통하여 얻어진 것을 그대로 이용하면 되는 것이다.

### ⑧ 汎社的인 DB와 Data Communication

각 project를 위한 DB를 構築하여 그 project를 遂行하는데 있어서 情報를 效果的으로 活用하게 되는데 회사의 입장에서 보면 그 project란 회사에서 수행중인 여러개중의 하나이다. 따라서 회사의 모든 業務分野와 project들간에서 필요한 汎社的인 DB가 필요하게 된다. 즉, 會計管理, 給與, 人事, 勞務生産, 機資材 Catalog와 그

리고 각 공사에 연관된 示方書 등은 각 project에서 共有되어 連繫되어야 할 것이다. <참조 #5>는 建設業에서 統合情報의 모양을 보여주고 있다.

최근에 發展되고 있는 Computer 通信 System은 각 部署間 혹은 Project간의 장소나 시간의 문제점을 극복하여 音聲, 圖面, 文書 등을 效率的으로 전달할 수 있게 되고 있다.

E-mail등을 통하여 文書傳達를 한다든지 혹은 Video-conference를 통하여 遠距離會議를 개최함으로써 遠距離旅行을 피하고, CAD圖面을 電子的으로 傳達하는 手段 등은 우리 業務를 急變시킬 것이다.

## 7. 시스템 統合化 Project의 산학연계 사례

우리 研究室에서는 Computer를 基盤으로 하는 시스템 統合化의 중요성에 대하여 關心을 가지고 一連의 Project를 遂行중이다.

建設業 전반에 걸친 엔지니어링, 施工, 사후보수 관리 등 一貫된 System의 개발이 중극적인 目標이겠지만 이와같은 作業은 일시에 일어날 수 없을 것이다.

本 研究室에서는 전체적인 System을 염두에 두면서 엔지니어링부분 특히, 본 연구실의 특성인 構造部分에 중점을 두어 다음에 열거 하는 몇가지 Project를 遂行중이다.

### 연구과제 1

#### 高層 아파트 構造物의 統合 設計 自動화

(Integrated Design Automatization of High-Rise APT. Structures)

#### A.1 統合 電算化의 背景

部分 電算化에 관한 問題點들을 克服하기 위하여 建築이라는 공통된 目標아래 建設業 全般에 걸친 "統合 電算化"의 필요성이 날로 增大되고 있는 실정이다.

이 중에서 특히 建築構造 分野의 構造解析 및 構造設計, 構造圖面 作成, 構造物量 算出, 構造計算書 作成등과 같은 많은 反復 作業과 時間이 所要되는 이러한 作業에 컴퓨터의 이용은 必然的이며, 이러한 建築 構造分野의 統合 電算化는 더 더욱 그 必要性이 增大되고 있는 실정이다. 이러한 統合 電算化를 통하여 技術水準 및 作業能率을 向上시키고, 이를 통하여 신속 精確한 分析에 의한 의사결정을 追求하고, 設計業務에 一貫性을 부여 함으로서 體系的인 電算化를 통한 技術 蓄積이 가능하리라고 생각된다.

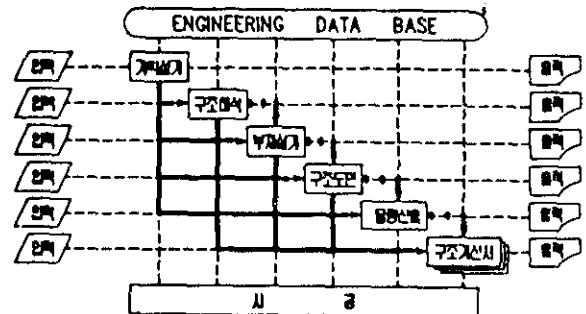
#### A.2 研究 對象 및 範圍

本 研究에서는 위에서 언급한 問題點들을 극복하

기 위하여 研究對象과 그 範圍를 설정한후, 이에대한 統合電算化를 추진하였다. 먼저 國家的인 시책으로 推進되고 있는 住宅供給政策에 따라 '高層 아파트 構造物'을 統合電算化의 研究對象으로 설정하고 '建築計劃과 建築 構造分野'를 그 範圍로 제한하였다. 즉 高層 아파트設計의 統合電算化의 일환으로 建築計劃 및 建築構造 分野의 精確한 電算業務體系를 提示하며 연속적인 作業進行을 통해 設計業務를 보다 신속 精確하게 遂行하도록 하는데 본 연구의 目的이 있다.

#### A.3 研究 方法

計劃段階의 CAD시스템과 構造段階의 CAD시스템을 연결하고 作業上的 誤謬를 방지하기 위하여 最小한 入力情報를 작성한다. 이를 이용하여 構造解析, 部材設計, 構造圖面 自動作成 및 이를 통한 構造物量 自動算出과 構造計算書 自動作成에 이르기 까지 연속적인 作業이 進行되도록 시스템을 統合化 한다. 그리고 각 단계에서 發生한 데이터와 엔지니어링 데이터베이스(Engineering DataBase)에 構築된 데이터가 一貫性을 갖도록 함으로서 현재의 部分的 전산 효과보다 統合 電算化를 통한 體系的이고 連續的이며 全體的인 효과를 얻도록 하였다. 이상의 과정을 간단한 構成圖로 圖式化하면 (그림 1)과 같으며, 굵은 실선으로 나타난 것은 統合 電算化에 의한 데이터들의 흐름을 나타내고 있다.



(그림 1) 統合電算化에 관한 構成圖(建築計劃 및 構造)

#### A.4 建築圖面으로 부터의 構造解析 모델링

##### A.4-1 建築圖面으로 부터의 데이터베이스 構築

이 단계는 計劃設計에서 이미 생성된 建築圖面으로부터 構造解析에 필요한 데이터를 생성시키는 段階이다. 構造解析에 필요한 데이터는 크게 CAD시스템으로부터 추출가능한 데이터와 사용자 정의 데이터로 분류할 수 있으며, 後者는 사용자가 임의로 정의할 수 있도록 입력하는 것을 그 方法論으로 한다.

計劃設計에서 결정된 平面과 立面으로부터 다음 단계의 작업이 연속적으로 이루어질 수 있도록 CAD 시스템으로 작성된 圖面情報로부터 최대한의 情報를 발생시킨다. 이때 이러한 情報를 추출하기 위하여 建築圖面과 構造圖面의 차이점을 감안하여, 計劃圖面에서 構造解析에 필요한 構造 레이어(Layer)를 設定하고 計劃段階에서 이 레이어(layer)에 작업을 실시한다.

본 研究에서는 작업의 連續性 뿐만 아니라 部分的인 進行을 위해서 計劃段階에서 구축된 데이터베이스(Data Base)와는 별도로 위에서도 같은 방식으로 따로 CAD 시스템상에서 데이터를 作成할 수 있도록 하여 構造分野에서 獨立의 作業을 수행할 수도 있도록 하였다. 본 研究에 사용된 CAD시스템은 計劃分野에서는 GDS(Graphic Design System)와 構造分野에서는 AutoCAD(Automatic Computer Aided Design) 시스템을 각각 사용하였으며, 이들을 DXF(Drawing eXchange Format)화일단위로 데이터 互換을 하였다.

#### A.4-2 入力 데이터의 分類 및 自動化 方法論

본 研究에 사용된 SAFE(Slab Analysis by the Finite Element Method)프로그램의 入力 데이터는 自動化 성격상 크게 세가지로 分類가 가능하다.

- (1) 準備 作業에 의해서 CAD 시스템상에 構築된 그래픽 및 비그래픽 정보들로부터 抽出이 가능한 데이터이다.
- (2) 사용자가 選擇의 自由로 定義해야만 하는 데이터이다. 슬라브 해석상 이러한 데이터는 적지않은 부분을 차지하고 있으며 從前까지는 항상 Manual을 참조해야하는 문제점이 있었다. 본 研究에서는 이러한 점을 고려해서 각 데이터마다 충분한 說明을 프롬프트로 출력해 주고 사용자가 이에 應答을 함으로써 入力 데이터가 自動 作成되도록 프로그램화 하였다.
- (3) CAD 시스템상의 정보와 사용자 定義 정보를 병행하여 데이터베이스화하는 데이터이다. 大韓建築學會 設計標準의 磨勤材料 重量標에 따라 磨勤狀態 등을 데이터베이스화 하여 磨勤狀態를 이미 분류된 斷面 特性值에 부여함으로써 自動적으로 荷重 計算이 되도록 하였다.

#### A.4-3 入力 데이터 自動化를 위한 準備 作業 및 自動 生成

入力 데이터의 自動化를 위한 準備 作業은 작업 성격상 다음과 같이 連續的인 進行과 部分的인 進行의 두가지로 분류할 수 있다.

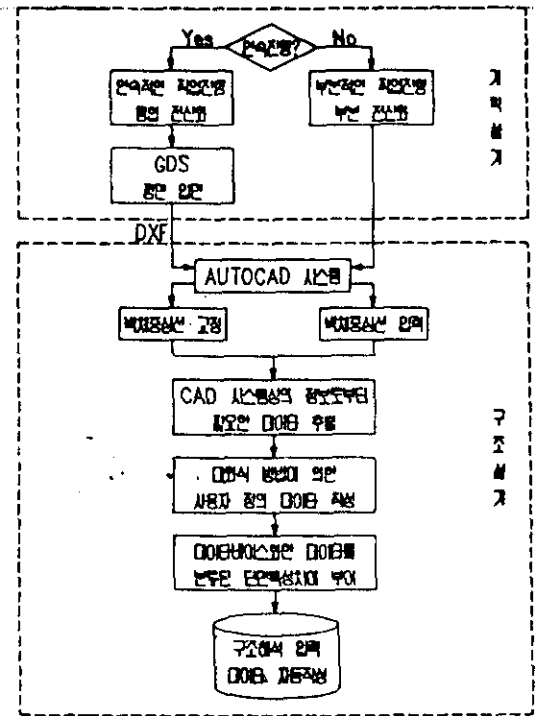
##### (1) 連續的인 作業 進行 方法인 경우

統合 電算化의 일환으로 建築 計劃段階의 GDS 構造 레이어에서 이미 작성된 計劃圖面을 DXF 화일 단위로 構造分野에서 사용하는 개인용 컴퓨터의 Auto

CAD 시스템으로 옮긴다. 이때 耐力壁에 따른 中心線(center line)을 찾아내고 이를 수정하여 構造解析用 圖面으로 自動 변환되도록 프로그램화 하였다. 이렇게 생성된 構造解析用 圖面은 다음에 설명될 部分的인 進行 方法과 같은 절차로 入力 데이터가 自動 作成된다.

##### (2) 部分的인 作業 進行 方法인 경우

構造段階에서 獨立的으로 작업을 進行할 수 있도록 하기 위하여 個人用 컴퓨터의 CAD 시스템에서 다음과 같은 準備 作業을 통하여 入力 데이터를 自動 生成한다.



(그림 2) 連續 및 部分的인 作業 進行에 관한 構成圖

##### ① 初期化 (Initialize)

I 절점(node)과 J 절점(node)의 변의 길이 및 격자 간격을 入力하여 모델링을 할 수 있는 初期 作業 環境을 설정해 준다.

##### ② 構造 要素의 斷面 特性值 (Property)

슬라브 시스템의 대표적 構造 要素인 보(beam), 슬라브(slab), 壁(wall), 기둥(column) 등의 斷面 폭, 두께, 높이 그리고 層高 등의 斷面 特性值를 入力하면 自動적으로 部材 形狀과 단면적, 단면 2 차 모멘트 등이 계산되어 데이터베이스 안에 貯藏 된다.

##### ③ 構造 解析用 部材 作成 (create)

初期 作業 環境을 만들고 斷面 特性值의 入力이

끝나면 構造要素中 壁(wall)과 보 그리고 기둥을 마우스로 입력한다. 이때 각각의 構造要素마다 색깔을 달리하여 사용자의 혼란을 방지한다. 이렇게 하여 構造解析用 圖面을 작성한다.

④ FEM 解析을 위한 四角形 要素의 反復 生成 (Mesh Generation)

初期 作業 環境下에서 각각의 構造要素의 入力이 끝난 후 FEM(Finite Element Method) 解析을 위하여 四角形 要素로 構造 解析用 圖面의 스라브를 格子化 한다. 이때 壁體 中心線에서 양쪽으로 15cm 間隔으로 格子를 두었고 四角形 要素의 長이 30cm를 넘지 못하도록 하여 四角形 要素의 가로 세로 形狀比가 3:1을 넘지 못하도록 프로그램 化하였다.

⑤ 格子 番號의 自動定義 (Auto Grid Numbering)

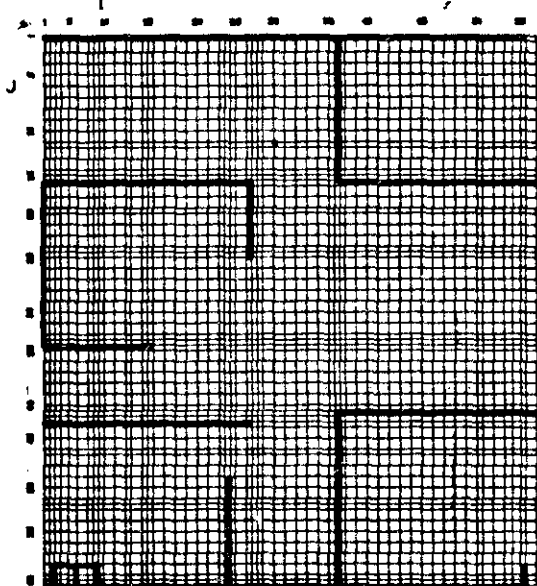
I, J 양 방향의 格子 番號는 1부터 시작하도록 하였으며 J 절점의 최대값이 I 절점의 최대값보다 크거나 같고 I 절점의 최대값이 반듯이 2 이상이 되도록 프로그램화 하여 格子 番號를 自動定義하도록 하였다.

⑥ 荷重 條件 (Loading)

지금까지 생성된 構造 解析用 圖面을 일반층 레이어(layer)에 저장하고 이 중에서 外角 壁體 中心線만을 지붕층 레이어에 새로 저장되도록 한다. 즉 지붕층과 일반층을 나타내는 두 레이어가 작성된다. 이때 각각의 하중을 面荷重, 線荷重, 點荷重으로 구별하여 마우스(mouse)로 構造要素를 選擇하면 이 構造要素의 固定荷重(dead load)과 積載荷重(live load)이 자동으로 계산되도록 한다.

⑦ 誤差 發生時의 수정(Edit)

모델링 作業 過程中 誤差가 發生하였을 때에는 그래픽데이터를 수정함으로써 데이터베이스에 貯藏되어 있는 정보가 자동 변경되어질 수 있도록 하여 작업이 一貫되게 進行될 수 있도록 한다.



(그림 3) CAD시스템을 이용한 슬래브 解析 모델링

이상의 部分的 혹은 連續的인 作業 進行 방식에 의한 準備 作業에서 생성된 그래픽 정보와 비그래픽 정보는 이미 데이터베이스에 貯藏되어 있다. 그리고 構造 解析 入力 데이터중 사용자가 定義 하여야만 하는 데이터는 직접 入力을 한다. 이때 각 入力 데이터의 간단한 說明을 프롬프트(prompt)로 출력하고 이에 사용자가 應答을 함으로써 사용자 定義 데이터 역시 데이터베이스에 모두 貯藏한다. 이상에서 구축된 모든 構造 解析 入力 데이터는 새로운 入力화일 (\*.dat)을 열고 指定된 形式에 따라 출력됨으로써 構造 解析用 入力 데이터가 自動 作成되는 것을 그 方法論으로 하였다.

A.5 骨造 解析 및 部材 設計

본 研究의 骨造 解析 및 部材 設計는 「耐震 設計 指針書 作成에 관한 研究」(建設部, 1988)와 「極限 強度 設計法에 의한 鐵筋 콘크리트 構造 計算 規準 및 同解説」(大韓 建築學會, 1988)에 의거하여 進行하였다.

固定荷重과 積載荷重도 위 規準에 따라 算定하였다.

A.5-1 사용된 컴퓨터 프로그램

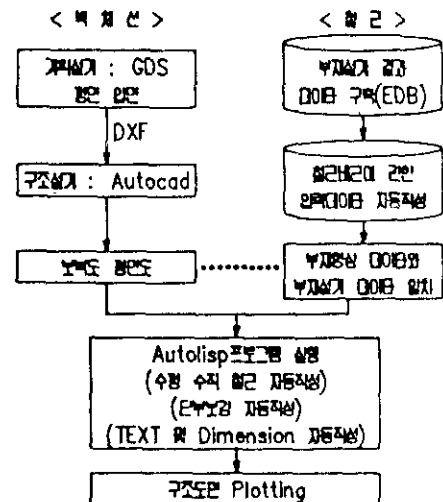
(1) 구조해석

: 슬래브 解析-SAFE(Slab Analysis by the Finite Element Method)

: 骨造(壁) 解析-ETABS(Three Dimensional Analysis of Building System)

(2) 部材 設計: 極限強度 設計法에 의해 작성된 BASIC 프로그램을 사용하였다.

A.5-2 AutoCAD에 의한 構造圖面 自動作成



(그림 4) 構造圖面 自動作成에 관한 構成圖



計劃段階에서 이미 생성된 圖面을 DXF파일단위로 AutoCAD시스템에 電送한다. 이때 構造解析段階에서 부여한 부재의 固有番號와 부재설계단계에서 결정된 該當 固有番號의 鐵筋에 관한 정보를 現단계 까지 구축된 데이터베이스(Engineering DataBase)로부터 추출한다. 이렇게 추출된 데이터는 새로운 화일에 構造圖面 自動作成을 위한 입력데이터로 自動生成된다. 鐵筋정보화일의 종류는 水平(H), 垂直(V) 및 一般層(S), 地下層(D)으로 분리하여 4종류의 확장자(extention)를 가진 입력데이터가 생성된다.

- \*.HVS : 一般層의 垂直鐵筋 입력데이터
- \*.HVD : 地下層의 垂直鐵筋 입력데이터
- \*.HHS : 一般層의 水平鐵筋 입력데이터
- \*.HHD : 地下層의 水平鐵筋 입력데이터

Field Name	Type	Width	Dec	Index	Descript
MEMBER NO.	CHAR.	3	0	y	부재번호
LENGTH	NUM.	4	2	y	부재단면유효길이
DEPTH	NUM.	4	2	y	부재단면유효두께
STORY-HEI.	NUM.	4	2	y	층고
V-BAR TYPE	NUM.	2	0	y	수직철근 종류(D)
H-BAR TYPE	NUM.	2	0	y	수평철근 종류(D)
V-BARSPACE	NUM.	4	1	y	수직철근 간격
H-BARSPACE	NUM.	4	1	y	수평철근 간격
V-BAR NUM.	NUM.	3	0	y	수직철근 갯수
H-BAR NUM.	NUM.	3	0	y	수평철근 갯수
S-STORY	NUM.	2	0	y	시작층 번호
E-STORY	NUM.	2	0	y	끝층 번호
DESCRIPT	MEMO	10			참고사항

(그림 5) DataBase에 構築된 鐵筋정보의 構築體系

1	10	300	1	10
2	10	450	1	10
3	10	300	1	10
4	10	450	1	10
5	10	300	1	10
6	10	450	1	10
7	10	450	1	10
8	10	200	1	3 10 300 4 6 10 450 7 10
9	13	200	1	3 10 200 4 6 9 200 7 10
...	...	...	...	...
17	16	200	1	3 13 200 4 6 10 200 7 10
18	10	300	1	10

(그림 6) 自動生成된 入力데이터 例 (\*.HVS)

### A.6 構造物量 自動算出

構造物量 自動算出을 위해서는 算出될 모든 사항이 CAD시스템상에 나타나야만 한다. 이는 작성된 構造圖面과 밀접한 관계를 가지고 있다. 현재 構造物

量算出을 위한 프로그램은 PC DataBase 와 Quick BASIC으로 이미 개발되어 있다.

PC DataBase 프로그램은 부분전산화의 一環으로 사용자가 積算을 위한 모든 정보를 圖面을 보고 入力해야 하는 문제점을 가지고 있다. Quick-BASIC 프로그램은 統合 電算化를 위해 개발하였으나 先行作業과 後續作業間의 연속성의 결여와 物량산출을 위한 추가 작업으로인해 데이터가 重複정의 되는 문제점이 있다. 특히 鐵筋物量算出을 위해 圖面要素에 屬性值(Attribute Value)를 부여해야 하는 先行作業이 요구되어 진다.

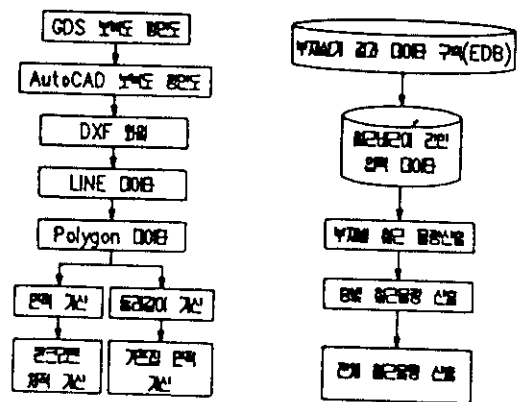
본 研究에서는 이상의 문제점을 補完하고 連續的인 作業進行을 목표로 다음과 같은 방법으로 構造物量을 自動算出 하였으며, 진정한 統合 電算化의 一環으로 앞으로 進行될 研究 方法論을 제시하였다.

#### A.6-1 本 研究의 物量算出 部材와 對象의 分類

物量算出 部材 : 벽(WALL), 슬라브(SLAB)  
 物量算出 對象 : 콘크리트 체적, 거푸집 연면적, 철근중량

#### A.6-2 物量算出 方法論

本 研究에 사용된 構造物量 自動算出의 方法論에 관한 構成圖는 (그림 7)과 같으며, CAD시스템과 EDB에서 각각 필요한 情報를 抽出하였다.



(그림 7) 構造物量 自動算出에 관한 構成圖

### A.7 構造 計算書 自動作成

本 研究에서는 PC DataBase에서 제공하는 報告書用 프로그램을 應用하여 構造計算書상의 一般事項 및 構造設計 概要등을 지정된 形式에 따라 미리 프로그램화 하였다. 사용자는 화면상에서 나타난 計算書의 양식을 보면서 각 항목에 입력한다. 이렇게 작성된 構造計算書는 페이지 단위로 프린트가 가능하도록 하였다.

앞으로는 構造計算書상의 각 항목을 좀더 細分하여 엔지니어링 데이터베이스(EDB)상에 構築된 데이터

들로부터 構造計算書상의 입력데이터를 抽出하여 構造計算書を 自動作成하도록 한다. 즉 최소한의 入力情報로 構造計算書가 自動作成되는 연속작업에 관한 研究가 요망된다.

#### A.8 高層 아파트 構造物의 統合設計 自動化시스템 開發 結論

##### A.8-1

이상에서 敘述한 바와 같이 統合 電算化를 위한 建築計劃과 建築構造分野의 연관성 및 이를 이용한 構造解析 모델링, 構造解析, 部材設計, 構造圖面 自動作成, 構造計算書 自動作成에 이르기까지 一貫된 데이터베이스관리를 통해 효과적으로 설계작업을 進行하는 방법을 제안하였다.

- (1) 連續적인 作業 進行을 통해 設計業務를 보다 신속·정확하게 수행함으로써 使用者에게 신속한 判斷資料를 제공한다.
- (2) 간단한 모델링 作業을 통하여 資料 入力時間을 절약할 수 있으므로 다각적인 解析을 할 수 있다.
- (3) 汎用 컴퓨터와 小型 컴퓨터를 각 특성에 맞게 효과적으로 이용함으로써 시스템 運營상의 어려움이나 容量制約등을 극복할 수 있었으며, 디스켓 단위(diskette base)로 화일을 관리할 수 있었다.
- (4) 전체 시스템을 一貫적으로 사용할 수도 있고 필요에 따라 部分的으로 사용할 수도 있도록하여 作業에 融通性을 부여하였다.
- (5) 각 段階에서 發生한 데이터와 엔지니어링 데이터베이스(EDB)에 構築된 데이터가 일관성을 유지함으로써 현재의 部分的 電算 효과보다 統合電算化를 통한 全體的 효과를 얻을 수 있으며 이를 통한 技術蓄積이 용이 할 것으로 생각된다.

##### A.8-2 研究課題

본 研究는 統合 電算化의 對象을 아파트 構造物로 설정하고 建築計劃 및 建築構造分野를 研究 範圍로 제한함으로써 모든 作業이 一貫적으로 進行되도록 하는 연구의 一環으로 進行되고 있다.

- (1) 데이터 入力 방법을 더욱 單純化시켜 最小한의 入力로 連續作業이 進行될 수 있도록 持續적인 研究가 필요하다.
- (2) 實務에서 많이 사용되고 있는 斷面을 효과적으로 데이터베이스화 함으로써 最適設計를 수행할 수 있도록하며, 斷面假定을 위한 여러가지 提案式들을 適用해야할 必要性가 있다.
- (3) 構造解析用 프로그램인 SAP90과 TWO-D로 CAD 시스템을 이용한 構造解析 모델링 方法을 사용하며, C-ONCER, WALLER, STEELER와 같은 部材設計 프로그램을 전체 시스템에 應用하는 研究가 필요하다.
- (4) 構造圖面 自動作成, 構造物量 自動作成 및 構造計算書 自動作成에 관해서는 前述한 앞으로의

研究方向에 따라 계속 修整·補完 되어져야 할 것이다.

#### 연구 과제 2

#### 鐵骨 構造物의 統合 設計 시스템에 관한 研究

##### B.1 研究의 背景 및 目的

근래에 들어서는 建築의 細分化 및 專門化가 심화되어 같은 建築을 하는 사람이라도 自身の 專門分野가 아니면 이해하기가 곤란하여 一連의 作業 運營과 進行에 문제가 있어왔다. 우리 나라에서는 建築의 一連 作業들을 위하여 이미 널리 보급된 既存 構造 設計에 관련된 소프트웨어들을 短篇의으로 사용하고 있다. 그러나 이들 시스템들은 강력하기는 하나 대부분 全過程 중 특정한 分野에 치우쳐 있으며 국내 실정에 맞지 않는다. 특히 反復, 單純 作業을 요하는 構造 解析 및 實施 圖面 分野에서는 노동력의 高賃金化 및 專門 노동력의 缺如로 인해 절대적으로 불리한 상황에 있다 하겠다.

이와 같은 상황에서 우리는 소프트웨어의 자체 開發 및 改正과 끊임없는 研究를 통하여 이러한 어려움을 극복해 나가야 하며, 建築의 全 過程의 一括處理 시스템의 構築에 대한 研究가 있어야 한다. 이에 본 研究室에서는 이와 같은 建築 全般에 대한 統合 시스템의 構築을 위해 一連의 作業을 進行하고 있다. 본 研究는 그 중에서도 實施 圖面に 필요한 知識 基盤(Knowledge Base) 시스템과 Engineering 데이터 베이스를 導入하여 立體 鐵骨 構造物에 대한 一貫 設計 시스템을 構築하는 것을 그 목적으로 한다.

##### B.2 研究의 範圍 및 方法

###### B.2-1 研究의 範圍

本 研究의 範圍는 前處理(Pre-Processing), 後處理(Post-Processing) 및 主處理(Main-Processing)에서 構造物의 設計 모델을 入力, 解析하고 部材 設計하여 데이터 베이스를 構築하고 實施 圖面 作業을 위해서 專門家 시스템 (Expert System)을 導入하여 實施 圖面을 작성하는 것으로 한다.

###### B.2-2 研究의 方法

1. 前處理에서는 해당 모델을 入力하여 形狀데이터, 部材性質, 荷重값 등을 간단한 그래픽으로 構造形狀 및 斷面 假定을 檢討하여 데이터 베이스를 構築한다.
2. 主處理에서는 線形 解析 및 AISC 規準에 의한 設計를 하며, 그 결과로 생성되는 荷重, 變形, 部

材크기 등을 데이터베이스에 構築한다.

3. 後處理에서는 構築된 데이터를 받아들인 후 그래픽을 이용하여 斷面을 檢査하여 再設計을 할 경우에는 다시 前處理로 보내 修正하여 데이터 베이스를 更新하게 된다.
4. 後處理를 통해서 이상이 없는 경우에는 專門家 시스템과 데이터 베이스 技法을 導入하여 實施 圖面의 入力 데이터를 자동으로 생성한다.
5. 實施 圖面 處理에서 나온 그래픽 데이터를 일반 CAD 시스템 또는 前處理에 보내어 에러를 檢査해 다시 遂行하거나 圖面으로 出力한다.

### B.3 鐵骨 構造物의 構造 解析 및 設計

#### B.3-1 構造 解析 및 설계(Analysis and Design)

構造 解析은, 汎用 立體 鐵骨 構造 解析 프로그램인 SACS III를 모델로 本 研究의 시스템에 맞도록 修正, 補完하여 開發하고 국내의 여건에 맞도록 設計 規準을 추가한 HYSAD 시스템을 사용하였다. 이 중에서 本 研究에서는 靜的 解析과 AISC 設計 모듈 만을 적용하였다.

HYSAD는, 陸上 鐵骨 構造 뿐만 아니라 海上 構造物의 解析까지도 가능하여 장차 海上 構造로의 발전에 대비한다는데 그 특징이 있다. 또한 HYSAD는 모든 部材 그룹을 AISC 와 API RP2A에 의해 設計하며 設計의 選擇 사항은 깊이(Depth)의 유지, 最少 重量, 그리고 사용자가 넣어진 部材 등에 의한다.

#### B.4 實施 圖面(SHOP Drawing)

本 研究에서는 立體 鐵骨 構造物의 자동 圖面化를 위해 SOMEL 프로그램을 모델로 하여 국내 실정과 本 研究의 컴퓨터 시스템에 맞게 修正하고 一括 處理 形態(Batch Mode)인 프로그램의 構成을 對話 處理 形態(Interactive Mode)로 轉換한 SHOP 프로그램을 사용한다.

이러한 SHOP 프로그램은 立體 鐵骨 構造物의 組立(Fabrication), 設置(Erection), 加工등에 필요한 圖面(General Drawing), 接合部에 대한 詳細圖와 物量 算出書(Bill of Material) 등을 작성하며 鐵骨 部材에 관한 코드(Code)로 KS, AISC, JIS 등을 이용할 수 있다.

#### B.4-1 實施 圖面을 위한 專門家 시스템의 導入

實施 圖面 작업은 방대한 資料를 處理함과 동시에 專門 知識 및 풍부한 經驗을 갖는 專門家의 노력을 필요로 한다. 특히 다양한 形態를 갖는 鐵骨 接合部의 設計는 數值的인 계산보다는 인간의 知識과 판단을 요하는 典型的인 작업이다. 때때로 技術者들

은 既存의 데이터로서는 결정할 수 없는 鐵骨 接合部의 設計를 해야할 경우가 있는데 이러한 것이 接合部 設計를 非專門家가 할 수 없게 만드는 이유이며 既存 接合部 設計의 補完 및 새로운 接合部 設計에는 많은 經驗과 知識이 필요하게 되는 것이다.

### B.5 데이터 베이스 構築

既存 構造 解析의 사용에 있어서는 데이터 베이스의 管理 및 運營까지 요구하는 필요성을 크게 느낄 수 없었다. 그러나, 全 建築 分野를 統合 構築하려 할 때는 현재까지 사용하고 있는 File단위의 데이터 概念으로서의 한계를 느끼게 된다. 이는 建築 全分野에 사용되는 데이터가 방대하고 각 分野에서 공통 데이터를 보는 관점이 전부 다르기 때문이며 이로인해 더욱 강력한 데이터 運營과 管理의 필요성을 절감하게 되었다. 이에 이러한 問題點을 해결하고자 本 研究의 立體 鐵骨 構造物의 統合 시스템을 開發하는 과정에서 構築된 데이터 베이스의 構成을 紹介한다.

#### B.5-1 데이터 베이스의 構成

1. 前處理에서 발생되는 데이터를 세 가지로 나누었으며, 다른 處理 過程과 공통적인 부분이 가장 많은 데이터로 構成되어 있다.

- 1) 形狀(Geometry)에 의한 데이터 베이스
- 2) 部材(Member Property)에 의한 데이터 베이스
- 3) 載荷荷重(Load)에 의한 데이터 베이스

2. 主處理에서 주로 발생되는 데이터로서 後處理 및 SHOP 處理에서 공유한다.

- 1) 材料(Material)에 대한 데이터 베이스
- 2) 應力 및 變位(Force & Deflection)에 대한 데이터 베이스

3. SHOP 處理에서 사용한 데이터 베이스를 두가지로 나누었으며 專門家 시스템 프로그램에서 주로 생성된다.

- 1) 接合部(Connection)에 대한 데이터 베이스
- 2) 實施 圖面(Drawing)에 대한 데이터 베이스

### B.6 鐵骨 構造物의 統合設計 시스템에 관한 研究 結論

1. 高層 鐵骨 構造와 같이 複雜한 構造를 갖는 데이터를 체계적으로 構築함으로써 非專門家도 용이하게 시스템을 사용할 수 있었다.

2. 重複된 내용을 최소화함으로써 데이터 베이스의 용량을 효과적으로 관리하여 經濟적으로 構築하였다.
3. 지금까지 手作業만으로 해왔던 接合部의 設計에 일부나마 專門家 시스템을 導入하여 작업 시간 단축과 노동력 절감의 효과를 얻었으며 圖面의 質을 높였다.
4. 각각의 환경에 맞는 시스템을 그대로 사용하여 實行함으로써 데이터의 傳送 및 速度에 문제점이 있었으나, 어떠한 기종의 컴퓨터도 互換이 가능하다는 자신감을 갖게 되었으며 효율적인 데이터 傳送을 하게 되었다.

### 연구 과제 3

#### 立體 트러스 構造物의 設計 自動化

(Design Automatization of Space Truss Structure)

#### C.1 序論

오늘날 立體 鐵骨 트러스 構造物은 장스판 지붕構造, 送電鐵塔 및 기타 여러 분야에서 사용되고 있고 또한 그 수요가 증가일로에 있어 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 本 研究室에서도 일련의 작업들이 수행되고 있는데 本 鐵塔 프로그램도 그 중의 하나이다.

그러나 오늘날의 대규모 構造物들은 複雜하고, 수많은 部材들로 이루어져 있어 構造解析을 할 경우에는 入力 데이터가 방대해지고 이를 手作業으로 할 경우에는 誤謬가 발생할 수 있는 여지가 많다.

다행히 이런 複雜한 立體 構造物은 근래의 高速 디지털 컴퓨터의 도입과 매트릭스 代數學의 이용으로 손쉽게 解析할 수 있게 되었다.

本 研究에서는 Space Truss중에서도 특히 鐵塔 構造物을 대상으로 하여 하였으며 방대한 入力 데이터의 自動生成을 프로그램화하여 構造物의 幾何學의 자료를 생성하였다. 이 생성된 前處理 데이터에 대한 情報를 共通資料로 構築하여 對話式의 간단한 入力에 의해 전체 데이터를 생성한 다음 그에 대한 構造解析, 部材設計를 하고 그 結果를 가지고 汎用 CAD시스템인 Autocad를 사용하여 構造設計 圖面까지 自動 設計하는 立體 鐵骨 Truss 構造를 위한 Total System을 개발하는데 그 目的이 있다.

#### C.2 研究 모델

本 研究에서 送電 鐵塔 構造物을 선택한 이유는 많은 構造物중 하나를 擇하여 집중 研究해 봄으로써 다른 트러스 構造物까지도 접근 가능하다는 假定에서였다. 이 트러스의 幾何學的 형상은 팔(Arm)과 브레이스(Brace)라고 불리는 형태들로 組合되어 있으며 그 材質은 동일하다고 假定한다.

本 研究에서는 20종류의 荷重 狀態를 고려하여 가

장 不利한 條件에도 견뎌내는 604種類의 다양한 構造物 設計를 대상으로 하고있다.

그러나 이러한 조건하의 鐵塔의 部材를 手作業으로 결정하기란 엄청난 시간과 人力이 필요한 문제였다.

그리하여 本 研究에서는 많은 양의 幾何學의 데이터와 荷重狀態를 간단한 對話式의 데이터 자동생성 프로그램으로 構成하여 생성하였다.

#### C.3 構造物의 設計 自動化 과정

##### C.3-1 일반 사항

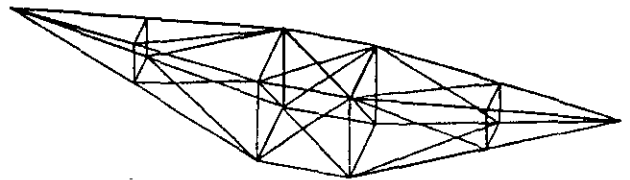
送電 鐵塔은 팔(Arm)과 브레이스(Brace)로 構成되어 있는데 팔(Arm)의 종류를 42종류로, 브레이스(Brace)는 52종류로 細分, 프로그램 속에 저장되어 604 경우의 서로 조금씩 다른 鐵塔 構造物 생성시 필요한 형태를 지시하면 위에서부터 아래로 節點 및 部材에 대한 座標가 자동생성된다.

또한 위에서 構築한 원래의 데이터를 생성하기 위하여 또 한번의 前處理 작업을 對話式으로 간단히 실행한다. 入力 파라메타로는 불과 5가지내지 6가지의 변수만 入力하면 入力 데이터를 생성하는데 있어서 手作業에 의한 노력을 3시간내지 4시간에서 5분 정도로 단축시켰다.

##### C.3-2 데이터 자동생성을 위한 前處理 과정

本 前處理 프로그램들은 鐵塔 解析 및 디자인을 위한 프로그램의 入力 데이터를 자동 생성하기 위하여 완성되었다.

한 예로 ARM이라고 불리는 부분을 생성시키면 다음과 같다.

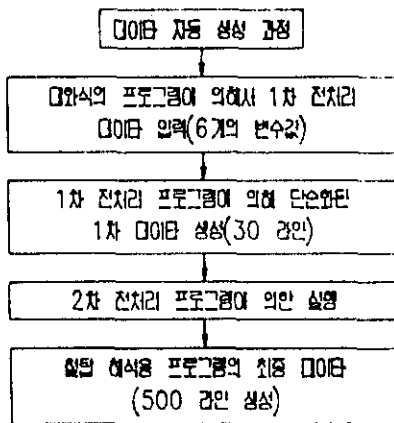


(그림 C1) Arm 11의 형상

하나의 ARM에 대해서 節點 및 部材에 관한 정보를 SUBROUTINE화하여 저장시켰다. 먼저 節點에 관한 座標를 잡고 X축, Y축에 관해 대칭이면 無表示, X축에 관한 대칭이면 SX, Y축에 관한 대칭이면 SY로 구분하여 N31과 N32라고 지정되는 장치에 저장하였다. 部材의 연결에 관한 정보는 N40에, 部材의 細長比 등 性質에 관한 정보는 N50에 모아 두었다. 그 후 우리가 필요로 하는 鐵塔을 선택한 후, 그 ARM과 BRACE의 組合에 따라 프로그램내에서 불러서 위에서부터 아래로

節點 및 部材에 대한 정보를 생성시키면 40라인 정도의 간단한 入力 데이터를 얻을 수 있으며 따라서 500-600라인의 鐵塔 解析用 데이터를 자동으로 생성시킬 수가 있다.

여기에서 그치지 않고 Pre-Processing Program에 의해서 단순화된 入力 데이터를 다시 한번 Program화하여 加一層 鐵塔 解析을 위한 Input Data 생성 작업의 단순화가 가능토록 했다.



### C.3-3 트러스 구조물의 解析 방법

構造物의 解析에는 直接剛性法(Direct Stiffness Method)를 사용하였으며, 방정식의 解法으로는 밴드드 솔버(Banded Solver)를 사용하였다. 部材 設計時에는 국내의 鋼構造 規準를 적용하였고, JEC規準를 첨가하였다.

트러스 構造物의 解析은 일반적인 變位法(Displacement Method)를 사용하였다.

### C.3-4 AutoCAD를 이용한 도면 자동화 작업

다음은 構造物의 設計 자동화 작업의 마지막 단계인 圖面 자동화 작업에 대하여 기술하고 있다.

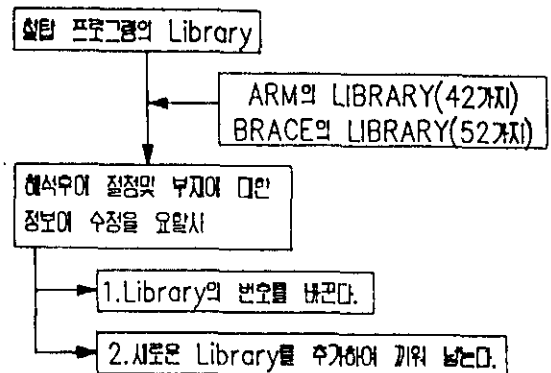
鐵塔 解析 및 디자인 프로그램의 入力 데이터는 節點 및 部材에 관한 정보 및 荷重에 관한 조건등으로 이루어져 있고 解析 및 디자인 프로그램의 실행후에는 荷重 조건하에서 最適인 部材의 크기가 결정되어 나온다. 따라서 節點 및 部材에 대한 정보, 最適인 部材의 크기가 入力 데이터가 되어 Autocad上에서 자동으로 임혀지므로 手作業時의 人力의 소모, 오류의 발생을 피할 수 있었다.

## C.4 프로그램의 구성 및 실행에

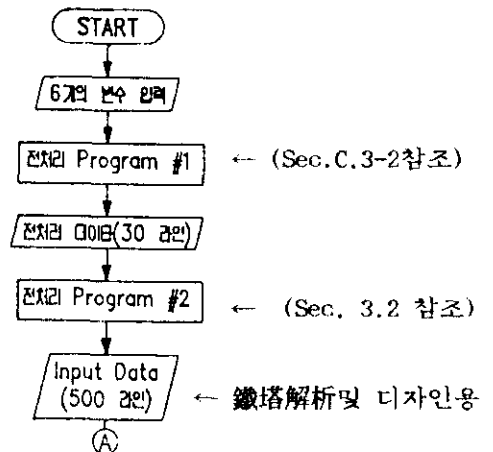
### C.4-1 Database의 적용

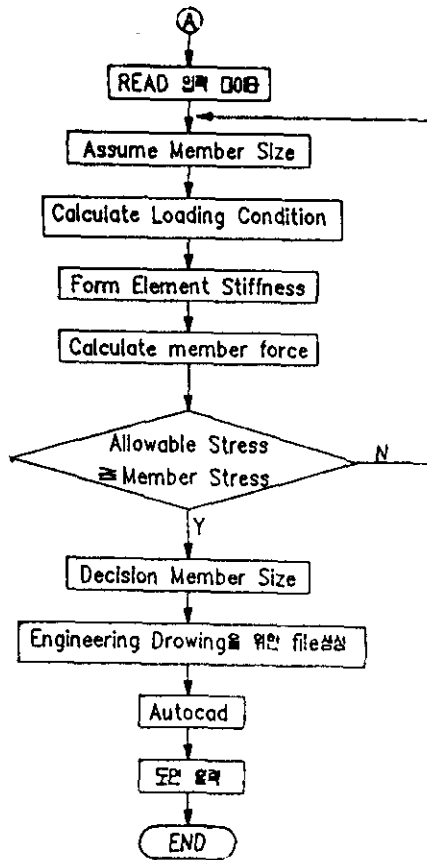
鐵塔 構造物 解析時 디자이너의 요구에 의해서 構造物의 중간 部分에 다른 형태의 팔(ARM)이나 브레이스(BRACE)의 대체가 필요한 경우가 있다. 이 때 手作業로 데이터를 생성할 경우에는 構造物 解析 및 디자인을 하기 위해서 처음부터 데이터를 다시 작성해 나가야한다. 이를 대비하기 위하여 本 Pre-Processing Program에서는 전체 데이터의 節點 및 部材에 대한 정보를 수정하지 않고 그 部分만 분리, 다른 Library로 교체하면 가능하도록 되어있다.

本 프로그램에서는 팔(ARM)과 브레이스(BRACE)의 가능한 모든형을 프로그램속에 Library화하여 組合, 사용하고 있기 때문에 다른 형으로 바꾸는 것이 가능하고 또는 디자이너가 Library에 저장되어 있지 않은 새로운 형태의 解析을 요구하면 그 모양에 적합한 Library를 프로그램화하여 끼워 넣으면 가능하도록 되어있다.



### C.4-2 프로그램의 구성





### C.5 立體트러스 構造物의 設計 自動化 結論

지금까지 수행해 온 컴퓨터를 이용한 一貫處理 작업을 통해 데이터 생성시에 소요되는 人力과 所要時間을 절감할 수 있었다.

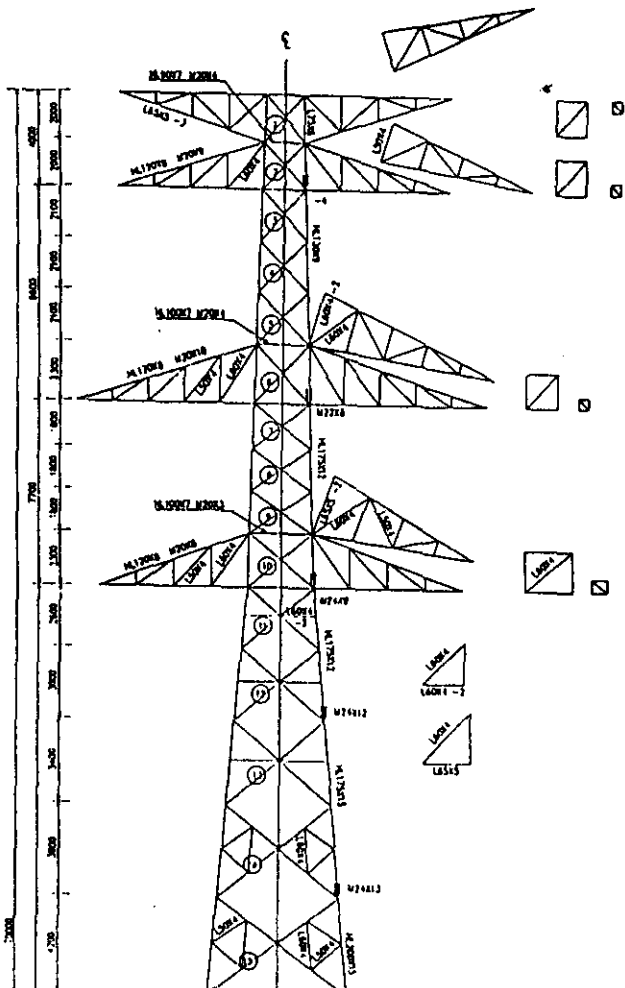
本 研究는 특정한 立體 트러스, 즉 送電線 鐵塔에 관한 자동화 작업이며 前處理 작업을 통해서 비로소 간단하게 一貫處理 되었다. 이와 같은 과정을 대경간 지붕構造나 혹은 통신 방송용 受信 안테나 등의 立體 Truss에 같은 방법으로 적용할 수 있으며 본 System 개발 과정에서 다음과 같은 經驗을 얻을 수 있었다.

- ① 전체는 비정형이지만 部分 部分을 Library화하여 System안에 저장함으로써 그것을 組合하여 전체 데이터 생성을 가능케 하였다.
- ② 解析, 設計 및 圖面에 필요한 정보를 생성하여 Data Base를 통하여 Autocad에 연결함으로써 一貫된 자동화 작업이 가능해졌다.
- ③ 本 研究에서는 立體 鐵骨 트러스 構造物中 送電 鐵塔이라는 비정형 構造物을 선택하여 간단한 對話式의 入力에서부터 解析, 部材 디자인 그리고 圖面 자동화 작업에 이르기까지 一貫處理하여 기존의 手作業 수행시 소요되었던 人力과 時間을 획기적으로 절감할 수 있었으며 手作業에서 일어날 수 있는 데이터 入力者의 오류를 제거할 수 있었다.
- ④ 本 研究은 트러스 構造物中 送電 鐵塔에만 국한시켰으나 수 많은 양의 조급식 다른 형태의 立體 트러스 設計에 이와 같은 패턴을 프로그램화 하여 적용할 수 있으며 또한 여기서는 기본 엔지니어링 (Shop drawing)을 생성하고, 製作 생산 과정에서 數値制御(N.C)에 필요한 入力 데이터를 완성하는 작업이 이루어 질 것이다.

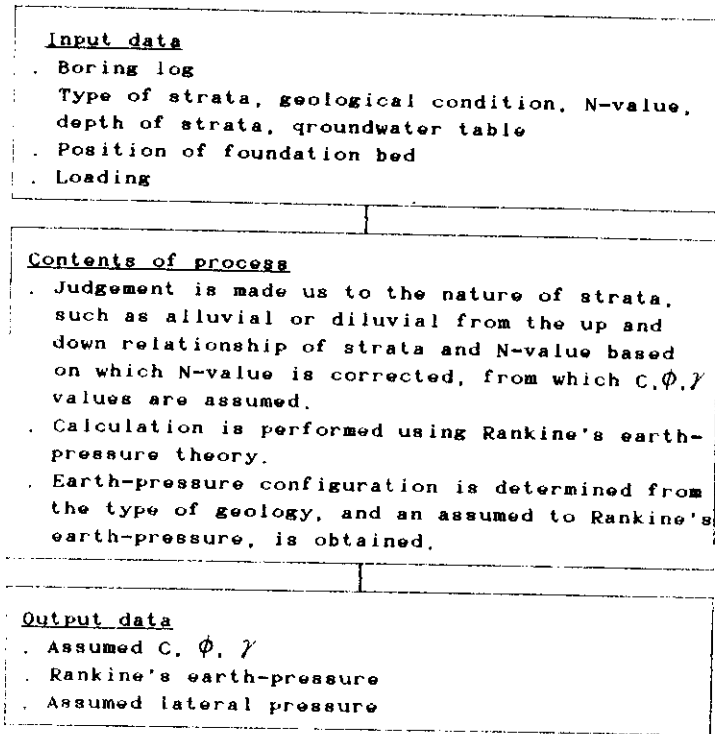
### 8. 結 論

앞으로 Computer이용의 發展이 加速化 될 것이라는 것은 疑心의 여지가 없다. 특히 Computer技術의 發展중에서 Data Base技術의 發展과 人工知能(AI)은 대표적이다. 장차 이들의 發展은 man-machine interface를 容易하게 할 것이고 모든 業務를 統括하는 Total system화를 加速化시킬 것이며, 또한 建設業務에도 Robot 裝備등을 自動的으로 運營하는 方向을 提示하게 될 것이다.

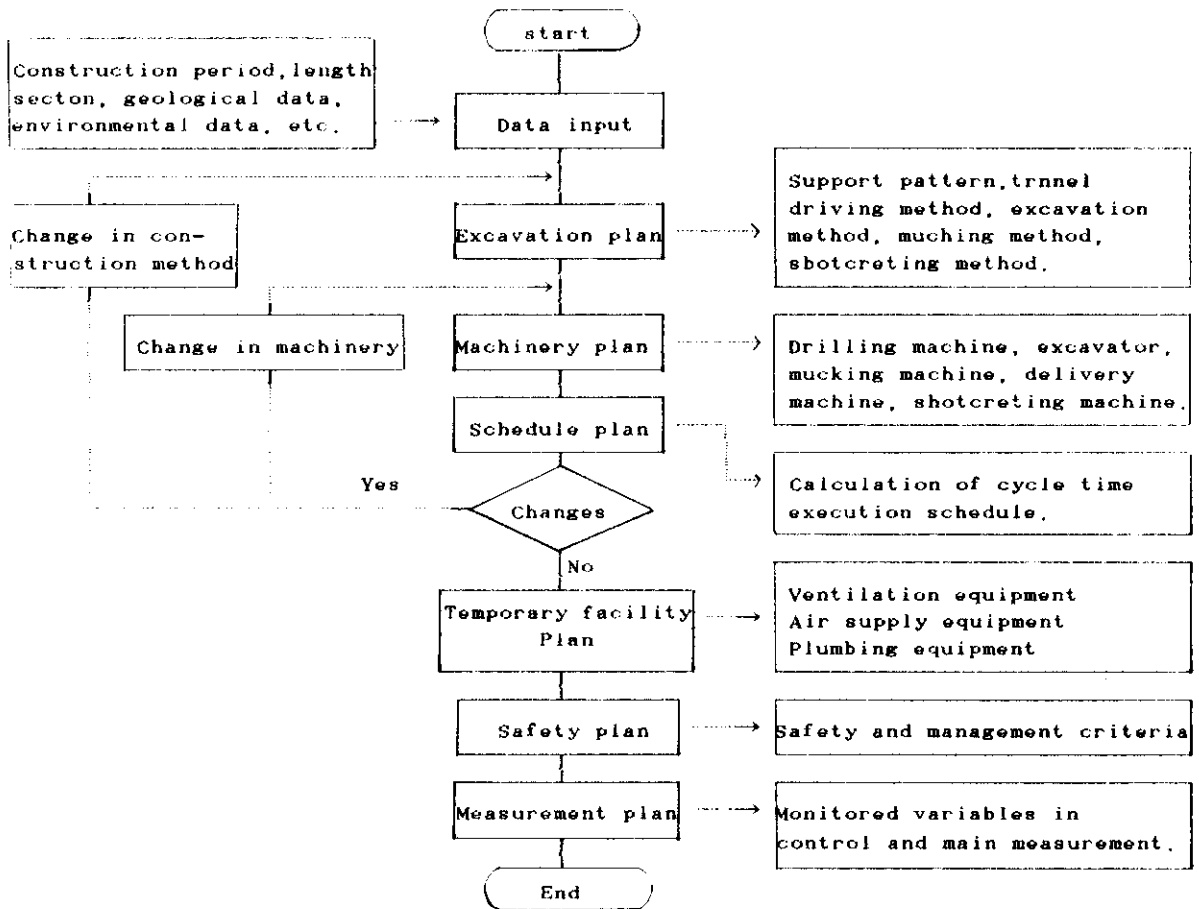
그렇기 때문에 우리 建設 技術者들은 이러한 조류에 適應하려는 피나는 努力이 필요할 것이다.



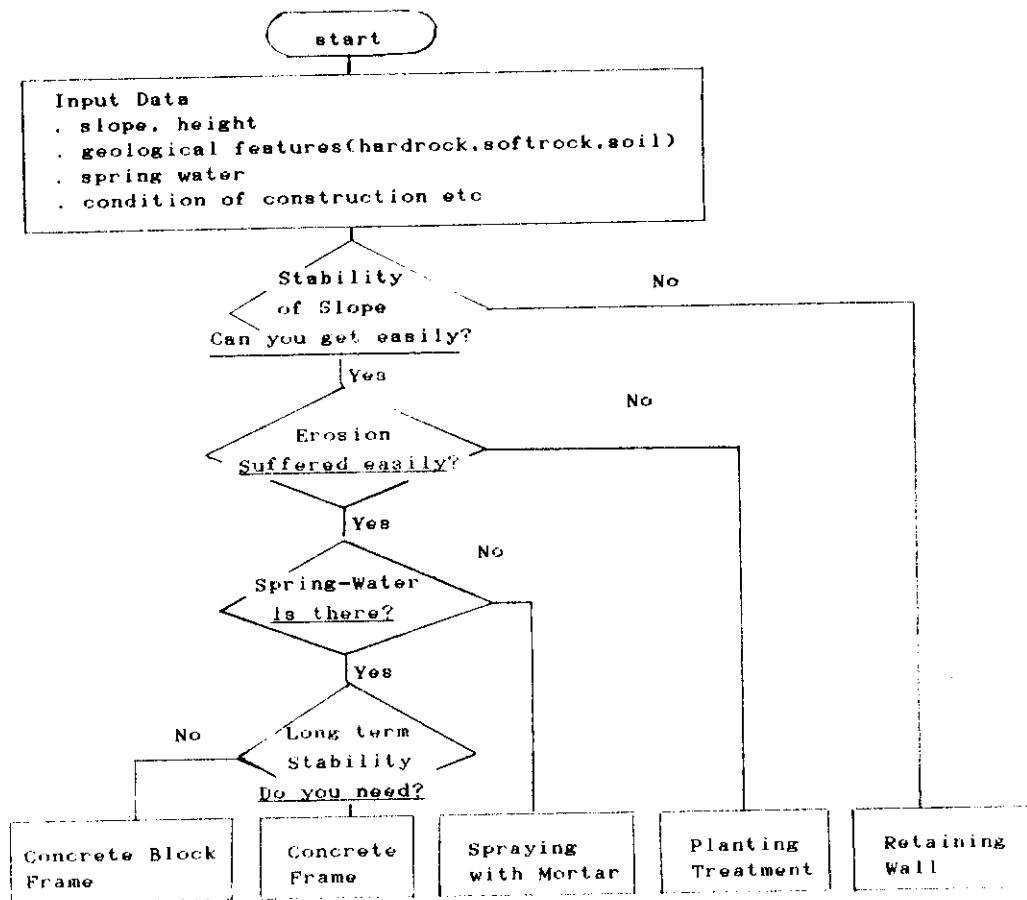
(그림 C2) 프로그램의 實行例



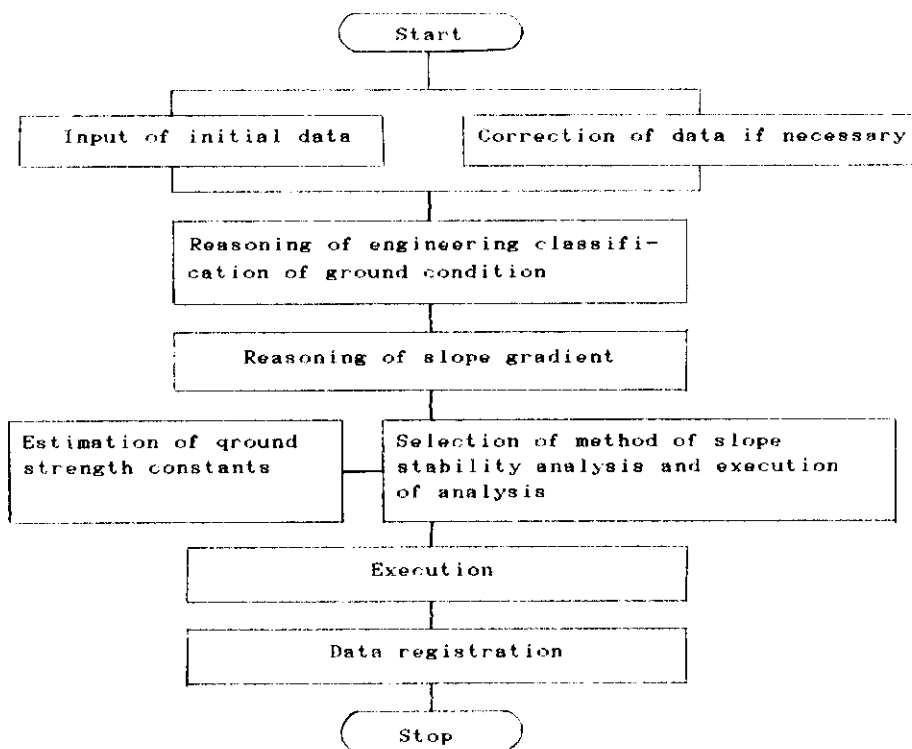
<참조 #1> 擁壁방법선택 Sytem



<참조 #2> Tunnel 건설을 위한계획 ES

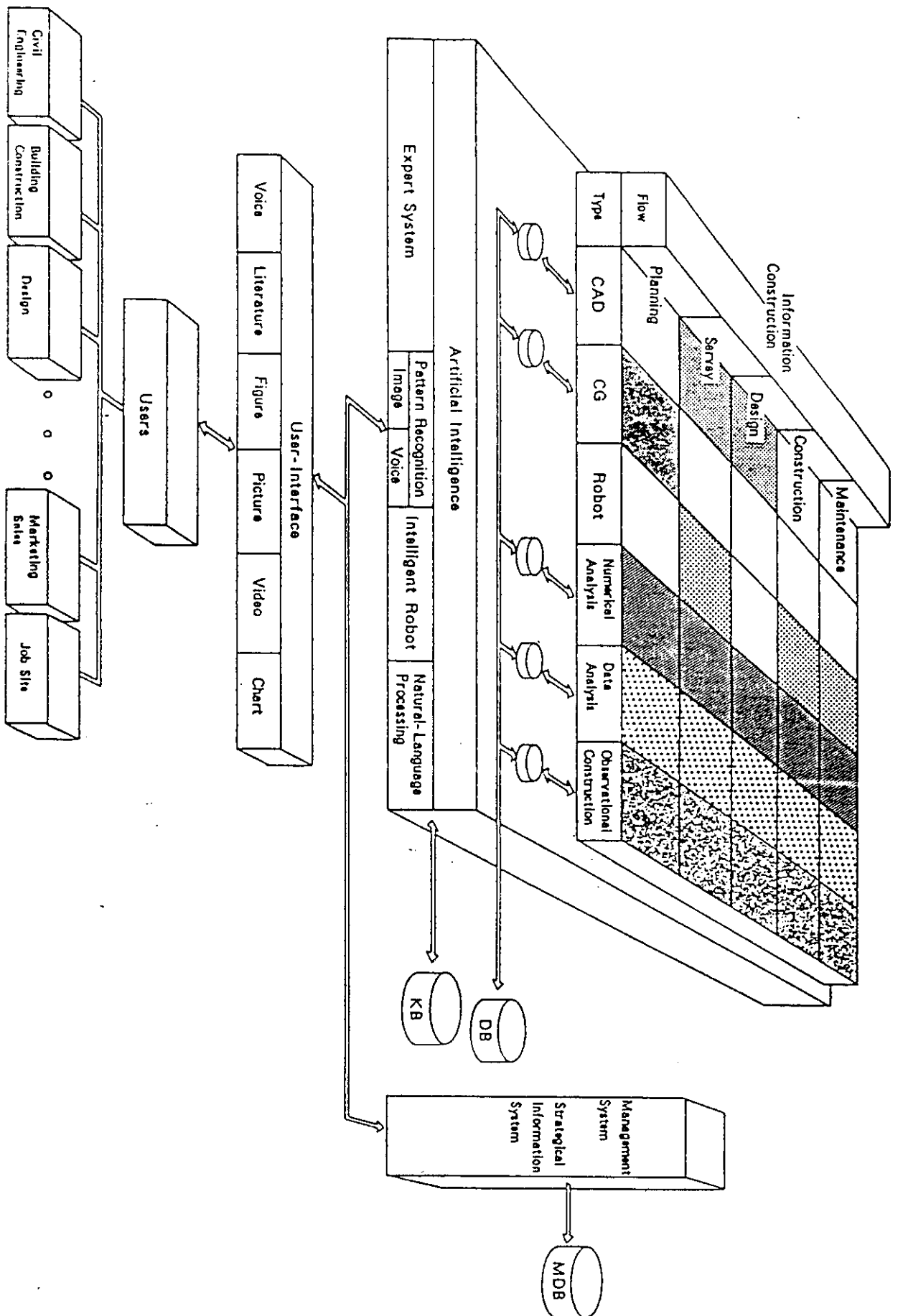


〈참조 #3〉 Slope stability 최적방법 제시



〈참조 #4〉 切土設計 Export System





<참조 #5> 建設現場の 情報統合에 관한 흐름도