



구조공학에서의 컴퓨터의 이용



김 남 희*

1. 서 론

1970년대 부터서 항공분야를 선두로 시작되었던 Computer-Aided Engineering(이하 CAE라 칭함)은 토목과 기계분야로 확산되면서 연구분야가 더욱 다양해지고 활발하게 되었다.

모델링(modeling), 시뮬레이션(simulation), 시각화(visualization), 최적화(optimization), 자동화 설계(automation of design), 자동화 생산(automation of manufacturing)등뿐만 아니라 최근에는 통합화와 관련하여 정보 모델링 (information modeling), 통신 (communication), 의사결정(decision making), 인공지능(artificial intelligence) 분야에 대해서도 많은 연구들이 다각적으로 이루어지고 있다. 이러한 과정에서 공학에서의 컴퓨터의 이용도 “number-crunching” 알고리즘으로 특징 지워지는 범위를 벗어나 대화식 응용 및 실시간 시스템 소프트웨어의 특성까지도 가지게 되었다. 본 기사에서는 구조공학 분야에서 CAE 발달에 따른 공학적 해석 및 설계에서의 변화해 가는 모습을 살펴보고, 긍정적인 발전 방향 및 극복해야 될 문제점을 통합화와 인공지능(Artificial Intelligence)의 이용 측면에서 살펴보고자 한다.

2. CAE 발달 현황

2.1 공학적 설계

공학적인 설계 문제에서는 물리적인 현상의 파악에서 시작하여 공학적인 단순화를 거쳐서 해를 얻기까지 그림 1과 같은 순서도를 따른다.

1. 공학적 모델링 : 설계 대상이 되는 물리적인 시스템에 대해서 공학적인 가정을 근거로 해석을 수행할 수 있는 정형화된 모델로 변환한다.
2. 해석적 모델링 : 자연의 법칙에 따른 적절한 역학적 모델로 설정하고, 관련된 수학적 방정식을 세운다.
3. 방정식 풀이 : 구조물의 부재 수가 많아지거나, 하중조건이 다양해지는 까닭으로 풀어야 될 연립 방정식의 수가 늘어남에 따라서 유한요소법과 같은 근사적 해석법을 이용하게 되었다.
4. 해석 결과의 음미 : 해석 결과에 대해서 구조물의 거동과 관련 지어서 살펴보고, 만일 원하는 해석 결과가 얻어지지 못했다면, 설계조건을 달리하여 이전 과정들을 반복한다.

* 본 학회 이사 · 서울대학교 지진공학연구센터, 박사

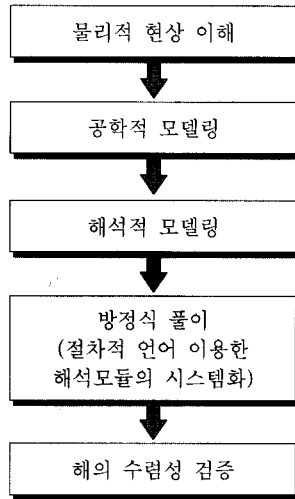


그림 1 공학적 설계과정

이상에서 언급한 작업들 중에서 구조해석과 같은 연역적인 업무들에 대해서는 수 십년 동안 컴퓨터가 성공적으로 이용되어 왔다. 그러나 경험이나 인지적인 지식이 요구되는 구조공학분야까지 확장해서 컴퓨터를 효율적으로 사용하는 것은 복잡적이며, 정의하기 어렵고 정보의 비정형성으로 인하여 많은 문제점을 안고 있었다.

2.2 CAE 발전 과정

1980년대 중반 이전까지의 CAE 시스템 개발은 그림 2와 같은 해석적 접근법에 기반을 두고 이에 관련된 분야들만이 주요 연계를 가지고 있었다. 그러나, 최근 하드웨어의 저 비용, 인터넷을 통한 통신, 정보 모델(즉, 프로덕트 모델과 프로세스 모델)의 발달, 사용자 인터페이스의 발달, 더욱 빨라진 계산 속도 등으로 인하여, 수많은 유용한 응용프로그램을 서로 연결하여 통합시스템으로 개발할 수 있는 호조건을 만들어 주고 있다. 이러한 변화 상황을 반영한 CAE 시스템 개발에 대한 주요 작업들 사이의 관계는 그림 3과 같이 표현할 수 있다. 기존의 전문분야의 해석적 모델에만 초점을 두었던 단계에서 크게 벗어나 공학적인 정보모델과 상호 협력 설계가 가능한 방향으로 나아가고 있으며, 더불어 관련된 연구분야의 범위도 다양해지고 있음을 알 수 있다.

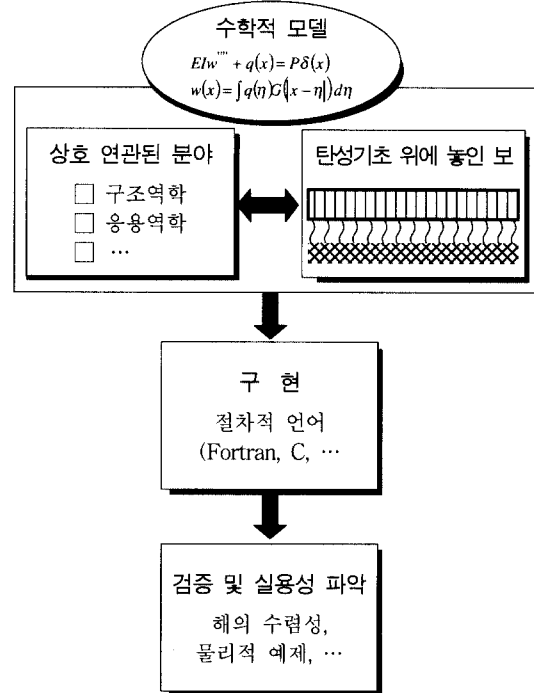


그림 2 CAE 시스템 개발에 대한 고전적인 방법

이상에서 살펴 본바와 같이 CAE 시스템 개발에서 변화 내용의 주된 특징은 다음과 같다.

1. 구조물의 계획, 설계, 구조해석, 시공, 사용, 유지보수에 이르기까지의 구조물 생애주기를 고려한 시스템을 추구한다.
2. 여러 가지의 독립적인 모듈간을 통합하여 하나의 시스템으로 엮어가는 가장 주된 방법으로 중립적인 데이터베이스(neutral database)를 이용한다.
3. 시스템의 통합화 범위가 넓어지고 관계하는 참여자(Agents)의 수가 많아짐에 따라서 협력체계를 지지할 수 있는 대화수단이 필수적이다.

3. CAE 발전과정에서 안고 있는 문제점과 대책

구조공학에서의 정보기술(Information Technology)의 이용은 앞서 언급한 CAE 관련 시스템 개발에 대한 수 많은 호조건에도 불구하고 아직도 많은 중요한 업무들에 대해서 컴퓨터의 이용은 많은

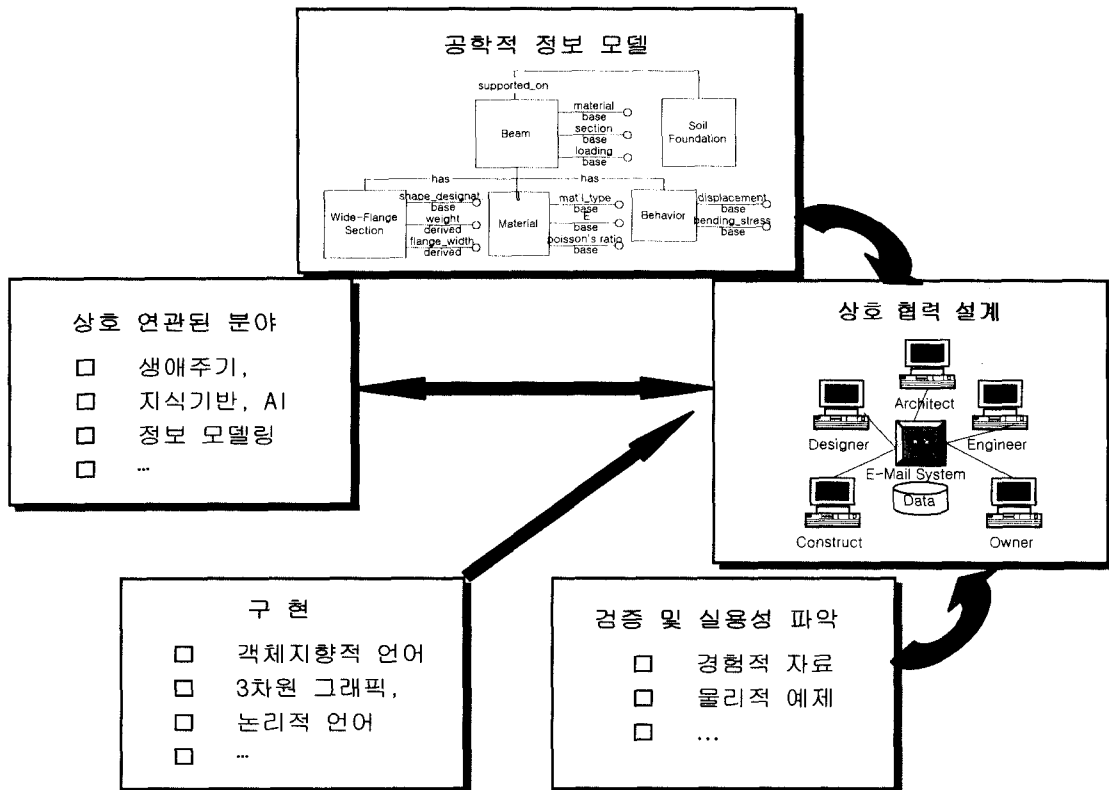


그림 3 현재 발전 해가는 CAE시스템 개발

제약을 안고 있다. 본 기사에서는 통합화 과정에서 직면하고 있는 문제점과 이를 해결하기 위해서 요구되는 일들을 크게 1) 일반적인 사항과 2) 정보의 비선형성으로 나누어서 기술하고자 한다.

3.1 통합화

약 20여년 동안 공학분야에서도 통합화 시스템에 대한 연구가 심도 있게 이루어지고 있지만 실용적으로 사용할 만한 시스템은 아직은 찾기 어렵다. 사실상 통합화의 범위와 자동화 정도를 제한사항으로 두고 살펴보면 몇몇 시스템을 열거할 수 있을지 모르나 구조물의 전 생애주기를 고려한 통합화 시스템은 현재는 없다. 이에 대한 일반적인 이유는 다음과 같다.

1. 계획에서 시공 및 사용하면서 유지 보수에 이르기까지의 종합적인 지식의 획득과 표현이 매우

어렵다. 정보 모델링에 있어서는 객체지향 모델링에 대한 정보 모델 및 구현으로 많은 부분 해결되어 가고 있다. 그러나 정보를 받아 모델링을 수행하는 자뿐만 아니라 정보 제공자가 정보 모델링에 대한 개념을 알고 있다면 보다 폭 넓은 정보들을 표현할 수 있을 것이다.

2. 구조물의 전생애에 관련되는 작업 과정들에 대한 체계적인 프로세스 모델들이 없다. 프로세스 모델과 관련해서는 모델링 도구에 있어서는 정보 흐름을 따라서 프로세스를 표현하지 말고 우선적으로 작업의 흐름에 맞춰서 표현하고 관계하는 정보들과 연관 지어주는 것이 바람직 하다. 이에 개체지향적 프로세스 모델링(entity-based process modeling)이 하나의 도구가 될 수 있다. 또한 각 작업단계별로 사용자와 자동화의 수준이 명확하게 표현되어야 된다.
3. 시스템 개발에 관계하는 전문적인 지식을 가지고 있는 학제, 기관, 개인들 사이의 긴밀하고 시

기에 알맞은 협력체제가 필요하다. 이에 대해서는 대화수단(communication system)과 컴퓨터 상의 대화수단을 이용한 협상(negotiation)과정을 통해서 의사결정(decision making)이 가능하도록 하는 환경구축이 마련되어야 한다.

3.2 정보의 비선형성

만일 하나의 통합화 시스템을 가지고 구조물 생애주기를 일관성 있게 사용하기 위해서는 구조해석 분야와 같이 정보 모델링이 비교적 수월했던 부분만 아니라 건축 계획 및 초기설계와 건물의 유지보수 단계에 대해서도 실용적인 수준으로 발전해야 된다. 사실상 설계나 구조물의 유지보수를 위한 진단(diagnosis)과 같은 응용분야에 있어서는 엔지니어가 실용적으로 사용할 만한 수준에 이르기까지는 발전되어 있지는 않은 실정이다. 그럼에도 불구하고, 엔지니어가 설계나 진단업무를 수행할 때 구조해석업무에 사용될 때보다 훨씬 더 많은 가치를 부여해주기도 한다. 이러한 어려운 점은 업무자체에서 문제점을 발견할 수 있다. 설계나 진단업무는 정보의 정의가 정의하기 어렵고 귀납적인 추론을 요구한다는 것이다. 즉, 엔지니어는 원인과 결과와 구조-거동간의 관계에 대한 역해석이 필요하다. 이렇듯 경험적인 지식에 의존하는 초기 구조설계 단계나 역해석(Inverse Analysis)을 요구하는 구조물 평가단계에 대해서는 인공지능 개념(예: 인공신경망, 퍼지, 뉴로-퍼지등)을 적용하면 효과적인 것이다. 그러나 인공지능 개념의 단순한 적용에는 구조물은 안전하고, 사용성이 좋아야 되며, 주변환경과 어울리고, 아름답고, 실용적이어야 된다는 복합적인 사항만 보더라도 많은 어려움이 있을 것이다. 그러므로, 구조공학에 인공지능 적용하기에 가장 어려운 분야중의 하나이지만, 적용 후 가능성은 기대할만하다고 생각된다.

4. CAE 관련 연구분야

현재 진행되고 있는 CAE 분야의 확장은 어느 선까지 포함할지 사실상 예측하기는 어렵다.

최근 경향을 살펴보기 위해서 대학의 CAE분야와 연계를 가진 구조분야에서 개설하고 학과목들을

바탕으로 관련연구 분야들을 정리하여 설명하고자 한다. 우선적으로 1) 전문분야(예, 구조공학, 지반공학)와 2) 컴퓨터관련분야로 대별하여 각각에 대해서 구체적으로 정리할 수 있다. 본 기사에서는 구조공학 분야와 관련되는 CAE에 대해서 정리해 본다. 구조공학 분야에서는 전문적인 전공사항은 제외하고 일반적인 분야들에 대해서만 간추린다.

4.1 구조공학일반

- 조역학(Structural and Solid Mechanics)
재료역학(Mechanics of Materials), 구조 동역학(Structural Dynamics), 판이론(Theory of Plates), 구조 안정론(Stability of Structures), 구조적 복합재료(Structural Mechanics of Composite Materials), 내진공학(Earthquake Engineering), 탄성론(Theory of Elasticity), 연속체 역학(Continuum Mechanics)
- 구조해석 및 설계(Structural Analysis and Design)
구조해석(Structural Analysis), 강구조설계(Steel Design), 콘크리트구조설계(concrete Design)

4.2 컴퓨터 관련 공학

- 시뮬레이션(Simulation)
유한요소법에 의한 구조해석(Finite Element Analysis), 공학에서의 컴퓨터의 이용(Computer Methods in Engineering), 캐드(Computer-Aided Design)
- 기하학적 모델링(Geometric Modeling)
- 시각화(Visualization)
컴퓨터 그래픽스(Computer Graphics), 3차원 그래픽스 및 렌더링(3D Graphics and Rendering), 소프트웨어 공학(Software Engineering), 사용자 접속 프로그램의 설계(Design of User Interface Software)
- 최적화(Optimization)
최적화에 대한 이론과 알고리즘(Optimization Theory and Algorithms), 최적화에 대한 컴퓨터 프로그래밍(Computational Solution of Optimization Problems)
- 동화 설계(Automated Design)
인공신경망(Neural Network), 퍼지시스템(Fuzzy

- System), 인공지능(Artificial Intelligence)
- 보기술(Information Technology)
데이터베이스 시스템(Database Systems), 소프트웨어 공학(Software Engineering), 공학정보 모델링(Engineering Information Modeling)

5. 맺음말

최근 정보기술의 발전은 통합시스템 구축을 가능하게 하였으며, 구조물의 생애주기를 고려한 설계를 위해서는 다양한 분야의 지식들의 수용과 다

양한 참여자들의 상호 협조적인 공동설계가 매우 중요하다는 것도 많이 인식되고 있다. 특히, 다양한 분야에 대한 지식 및 정보를 체계적으로 표현하고 관리할 수 있는 중립적인 데이터베이스가 통합화의 중추적인 역할을 하게 되며, 또한 관계하는 협력 파트너들 사이의 협력체계를 긴밀하게 연결해 줄 수 있는 소프트웨어적인 환경 구축이 아주 중요하게 되어가고 있다. 더불어 아직은 정보 및 작업과정을 정형화하기 어려운 초기설계 단계에서나 구조물 평가단계에서의 인공지능 개념 도입은 매우 중요한 영향을 주리라 기대한다. 