

건설분야에서의 전자계산기술 : 그 변화와 전망

Computing in Civil and Building Engineering
: Changes and Opportunities



김 문 영*

각종 구조물의 내구연한 동안에 이루어지는 계획, 설계, 시공, 유지관리 등 여러 단계의 건설실무에서 계산도구의 활용은 필수적이라 할 수 있다. 전자계산 분야에서 지난 40여년 동안에 일어난 주요한 변화를 살펴보고, 미래의 발전 전망에 대하여 알아보려고 하는 본 기고문은「The Seventh International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCBE-VII)」에서 카네기멜론대학의 Steven J. Fenves 교수가 발표한 논문을 번역한 것이다. 이 분야에서 종사하는 모든 연구자나 실무자들에게 조그만 도움이 되기를 기대한다.

1. 서 론

「The Sixth International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCBE-VI)」에서 나는 건설실무에서의 전자계산분야에 대한 지금까지의 발전상과 앞으로의 전

망에 대하여 데이터 작성, 개략 디자인, 모델링, 해석, 평가, 최적화, 이들의 통합화, 그리고 상세 디자인 [Fenves 1995]과 같은 일곱가지 범주로 나누어 소개한 바가 있다. 또한, ICCBE-VI에서는 수공학[Cunge 1995]과 프로젝트 관리분야 [Paulson 1995]에서 이와 유사한 두 가지 연구 사례가 발표되기도 했다.

건설분야에서 소프트웨어 제공자, 실무조직, 국제표준화기구 등의 활발한 노력으로 인하여 이루어지고 있는 실무조직들간의 통합화와 이에 대한 미래의 전망을 알아보려고 하는 이번 연구를 위해 나는 근래에 폭발적으로 발전하고 있는 네트워크, 인터넷, 그리고 WWW(World Wide Web) 등의 도움을 받았다. 나는 "어떻게 하면 이러한 분야의 연구를 위한 아이디어를 제시하고, 이의 결과를 실무에 적용하고 활용할 수 있는가?" 하는 점에 많은 흥미를 가지고 있다. 이번 강연에서는 먼저 지난 과거 40여년 동안에 내가 경험한 이 분야의 변화에 대하여 설명하고자 한다.

* 성희원·성균관대학교 토목공학과, 부교수

2. 전자계산분야의 변화

1957년에 나는 2개의 기둥으로 이루어지는 π 형 교각을 해석하고 설계하기 위하여 2000개의 기계어로 이루어지는 프로그램을 작성한 적이 있는데, 이렇게 방대한 프로그램은 하루에 두차례의 실행만 할 수 있었을 뿐이었다. 그 이후에 실로 엄청난 변화가 있었다. 이것을 전자계산 기반 : 프로그램 개발환경 : 프로그램 이용환경 : 그리고, 전자계산의 영역확대 등과 같은 몇가지 범주로 나누어 알아보자.

2.1 전자계산 기반의 변화(Changes in computing infrastructure)

첫번째 변화는 컴퓨터 하드웨어의 발전으로 인하여 실무조직들간의 긴밀한 상호협력이 가능하게 되었다는 점을 들 수 있다. 구조해석분야에서 수많은 반복계산이 가능한 일괄처리방식(batch processing), 1970년대에 들어서는 설계공정에서 매우 효율적인 시분할처리방식(time-sharing)이 개발되었다. 1980년대 초기에 들어서는 개인용컴퓨터가 활용되기 시작하면서 제한적이거나 엔지니어 자신들의 전자계산도 가능해졌다. 또한 네트워크(LAN, VAN)이 가능해지면서 실무참여자들간의 직접적인 커뮤니케이션과 정보의 공유가 이루어지게 되었다. 오늘날, 인터넷과 WWW의 출현으로 지구촌 어느 현장이나 사무실에서도 실무에 참여하는 건설기술자들간의 원활한 업무협조와 정보의 공유가 가능해졌다.

이러한 변화는 종이테이프와 펀치카드로부터 전자매체로 변화한 커뮤니케이션 매체의 발전이 없이는 불가능했을 것이다. 또한 표현방식도 초기의 숫자나 문자표현방식으로 부터 점차 건설실무자도 이해가 가능한 목적지향적 언어(problem-oriented languages)로 변화했다[Miller 1963], [Fenves 1965]. 그래픽을 이용한 표현방식도 개발되었는데, 이러한 방식은 처음에는 출력시에만 적용되다가 점차적으로 CAD(computer-aided drafting)에서의 벡터형태와 지리정보시스템(GIS)

에서의 2차원 공간벡터와 같이 입력시에도 적용되기 시작했다. 이러한 변화는 현재 애니메이션도 가능한 3차원 기하학적 모델링기술로 이어졌으며, 스캐너의 사용으로 오늘날에는 영상처리방식도 출현하게 되었다.

2.2 프로그램 개발환경의 변화(Changes in program development environments)

이러한 변화는 건설분야 응용프로그램의 개발을 위한 도구나 환경의 중대한 변화로 인해 가능했는데 이러한 경향은 다음과 같은 것들을 들 수 있다.

첫번째 경향은 초기의 기계어나 어셈블러는 고급언어(higher-level languages)로 대체되었으며, 이로 인하여 대다수의 실무자들도 이 언어의 사용이 가능해졌다는 점일 것이다. 컴퓨터 언어와 이를 위한 디버깅 도구의 진보로 실무에서의 생산성은 엄청나게 향상되었다.

두번째 경향은 과거의 엔지니어-프로그래머는 하나의 문제에만 적용되는 특수한 프로그램만을 개발하고 사용했지만, 오늘날에는 하나의 언어나 패키지 등을 이용하여 폭넓은 분야의 일을 처리할 수 있게 되었다는 점이다. 즉, 표준화된 인터페이스 도구나 응용프로그램 등의 도움으로 데이터베이스 관리, 그래픽, 기하학적 모델링, 인터페이스 관리, 네트워크 커뮤니케이션 등이 하나의 패키지로 가능해졌고, 프로그래밍의 개념도 하나의 실무단위에 대한 프로그래밍(line-by-line "programming-in-the-small")으로 부터 종합적인 응용프로그래밍("programming-in-the-large")으로 변화하게 되었다.

세번째 경향은 소프트웨어의 개발에 있어서도 여러 가지 접근방식이 가능해졌고, 이것은 또한 실무자들에게 폭넓게 교육되었다는 점이다(e.g., [Jacobson et al. 1992], [Rumbaugh et al. 1991]). 이로 인해 다양한 응용프로그램이 개발되기도 했지만, 더욱 중요한 의미는 프로그램 개발이 소규모로부터 대형산업으로 전환하는 계기가 되었다는 점일 것이다.

2.3 프로그램 이용환경의 변화(Changes in program sources and production environments)

이러한 수많은 변화의 노력은 프로그램 개발자와 이용자가 분리되고 계층적으로 조직되도록 했다. 지난 20년동안에는 대부분의 건설 실무조직들은 그들만이 필요한 응용프로그램을 독자적으로 개발해 왔다. 하지만, 고급언어가 널리 사용됨으로써 "완전한 기술적 지식의 집합체"의 의미로써 프로그램 개발의 필요성이 증가하였고, 이로인해 전문화도 이루어졌다. 오늘날에는 소프트웨어 제작자들로 부터 수많은 상업용 소프트웨어가 제공되고 있다. 또한, 기술이나 산업동향과 표준화 등에 도움을 주거나, 응용프로그램의 개발, 유지관리 등을 위한 조직도 생겨났다. 혹은 건설분야의 소프트웨어 시장이 현재 포화상태에 이르렀고, 여러가지 상업용 프로그램들로부터 얻어지는 결과들도 대부분 비슷하지 않느냐고 반문할지도 모르지만 이러한 경향은 이제 현실이 되고 있는 것이다.

각 분야의 실무조직마다 데이터베이스 관리자와 기하학적 모델러 그리고 응용소프트웨어들과 같은 하드웨어, 운용체계, 소프트웨어들의 이용환경은 다양하게 변화하고 있다. 패키지나 응용 프로그램들간의 통합화를 이루기 위한 전자계산 시스템 관리조직도 생겨나고, 이들의 기술적 역할도 증대하고 있다. 이러한 통합화는 모든 실무 조직들의 가장 상위의 관리개념이 되고 있다. 현재, 건설회사의 대부분이 CEO, COO, CFO의 역할을 보조해주는 CIO(Chief Information Officer)를 가지고 있으며, 이러한 관리조직의 변화로 인하여 건설회사에서는 CIO와 소프트웨어 분야를 위한 전자계산 분야의 조직원들도 증가하고 있다.

2.4 계산영역에서의 변화(Changes in scope of computing)

위와 같은 변화의 노력으로 인해 건설 실무분야에서의 계산영역도 엄청나게 확장되고 있는데 이러한 경향을 다음과 같은 세가지 단계로 나누

어 설명하고자 한다.

전자계산에 대한 초기의 응용분야는 전체의 공정중에서 특별한 하나의 실무단위에 대한 자동화만을 의미하는 부분적 도구(point tools)라 할 수 있었다. 이것은 해석과 설계 혹은 평가나 시공단계에서의 프로젝트 일정관리 등과 같은 하나의 실무단위만을 위하여 사용되는 도구를 말하는데, 대부분 수작업으로 이루어지는 전체 공정중에서 부분적 자동화("islands of automation")를 의미하는 것이었다. 처음에는 CAD가 설계도면을 만들어내는데 있어서 주된 부분적 도구였는데, 이로부터 수작업으로 입력데이터가 만들어지고 다시 CAD시스템에 입력되곤 했다. 점차적으로 이러한 부분적 도구들의 수가 증가하고, 그들의 영역이 중복됨에 따라 하나의 도구로부터의 결과를 다른 도구의 입력데이터로 전환하는 작업이 증가하게 되었다.

두번째 단계는 앞서 「실무조직내의 통합화」라 말했던 것처럼 개개의 도구들을 연결하고자하는 노력으로부터 비롯되었다. 수작업으로 복사하는 방식보다 flat file을 사용하는 기본적인 데이터의 전환방식이 보편화되었으며, 초기에 사용되었던 프로그램들간의 데이터 전환방식이 나중에는 각각의 데이터베이스들을 공유하는 방식으로 확장되었다. 서로 다른 프로그램 제작자들로부터 구입한 여러가지 프로그램들의 데이터를 공유하기 위하여 번역기나 중립파일(neutral files)등이 필요하게 되었다. 설계공정에서 사용된 CAD 시스템은 그외의 많은 공정에서 기하학적 표현의 공통양식이 되었으며, 이후 건축, 토목, 기계와 같은 여러 실무분야에서 널리 사용되게 되었다. 또한, 초기의 2차원 기하학적 모델링 도구는 빠르게 3차원으로 확장되었다.

세번째 레벨은 「실무조직들 간의 통합화」를 의미한다. 즉, 전체의 실무공정, 즉 구조물의 계획, 설계, 시공, 운용, 유지관리 등의 통합화("cradle-to-grave")를 의미하는데 정보기술의 발전으로 이러한 경향은 더욱 가속화("technology push")되고 있다.

3. 연구의 역할

지금까지는 건설분야에서 각 실무 단위의 통합화를 통하여 이루어진 발전상에 대하여 설명하였다. 아직도 소프트웨어의 상호 불호환성, 교육이나 훈련의 미비, 실무기준에서의 국가간에 존재하는 차이점 등으로 인하여 이러한 의미에서의 통합화에는 여전히 많은 장애물이 존재하고는 있지만 이러한 조류를 바꾸지는 못할 것이다. 또한, 건설분야에서 관심을 가지는 모든 현상들에 대한 해석적 모델링능력의 향상은 이 분야의 발전에 많은 기여를 하고 있다. 여기서는, 건설분야에 대한 연구가 지금까지 살펴본 실무에서의 전자계산 기술의 발전에 어떻게 기여하였는가를 살펴보자.

첫째, 건설분야에서 흥미로운 현상들에 대한 전자계산 모델링을 위한 도구 즉, 구조물의 거동에 대한 행렬 혹은 유한요소 모델링, 지반공학적 재료의 침하나 안정해석, 프로젝트의 CPM 혹은 PERT 모델링 등은 실무가 아닌 연구로부터 비롯된 기술이다. 불연속체의 선형, 정적해석으로부터 연속체의 비선형, 동적해석으로 발전한 예에서 보는 바와 같이 이러한 구조해석 도구의 성능 향상도 연구단체의 연구로부터 비롯된 결과이다. 그러나 사실상 전자계산 모델링에 대한 연구의 상당한 부분은 현장실무자들의 요구로부터 비롯된 것이기도 하다. 내 자신의 경험을 말하자면, 1960년대 초기에 동료들과 함께 개발했던 구조해석 프로그램과 그것과 관련된 프로그래밍 언어는 당시 재빨리 실무에 적용되어졌고, 그 이후 많은 상업용 프로그램의 선구자가 되었다[Fenves et al.]. 그러나, 1970년대에 나와 동료들은 그 프로그램의 표준화를 이루었으며, 1980년대와 1990년대에는 개략적인 디자인 능력까지 포함시켰지만, 실무에서는 그다지 이용되지 못하였다.[Fenves et al. 1995]. 나는 이러한 사실은 부분적으로 전문화된 실무에서는 표준화된 처리과정이나 이의 통합화보다는 오히려 하나의 부분적 도구의 채택이 더 필요했기 때문일 것이라고 생각한다.

둘째, 연구는 실무의 단점을 극복할 수 있는

이론적인 기초를 제공한다는 필요성으로부터 나온다는 점이다. 실무에서의 필요성을 절감한 경험적인 선각자들에 의해 상대 데이터베이스(re-relational database)와 구조물의 기하학적 경계조건 모델들로부터 얻어진 확고한 수학적 기반은 이후 각각 계층적 네트워크 데이터 모델이나 기하학적 모델의 기초가 되었다. 이러한 실무와 연구에서의 상호보완적 경향은 다음과 같이 말할 수 있다. 즉, 연구의 역할은 실무에서의 경험이 보다 합리적이 되도록 기본적인 원리를 제공하고, 이를 실무자에게 교육시키는데 있다. 반면에, 실무능력의 향상은 연구의 이론적 바탕을 발전시킬 수 있는 원동력을 제공하기도 한다. 이것은 그 이전의 경험적인 실무로부터 지금의 19세기 구조공학으로 발전되어온 양상이랄 수 있다.

셋째, 지금까지의 여섯 번의 「proceedings of the International Conference」, 그리고 그의 다른 학술발표회 같은 곳에서는 건설실무에서의 모델링이나 통합화에 있어서의 전자계산과 정보기술분야에 대하여 많은 연구사례가 발표된 바가 있다. 이러한 연구의 대부분은 실무의 단점들을 보완해주고자 하는데 그 목적이 있었다. 그러나, 실무조직내의 그리고 조직들간의 통합화를 이루기 위한 실무조직과 소프트웨어 제공자들의 엄청난 노력들은 연구단체의 도움으로부터 비롯된 것은 아니다. 실무에서의 프로그래밍 언어, 전문가 시스템, 인공지능, 모델링 등과 같은 기술들은 어느 정도 연구로부터 이루어진 성과들이지만, 새로운 실무에서 발견되는 문제점들에 대하여 연구분야에서는 아직 이론적 바탕을 제공하지는 못하고 있는 실정이다. 오늘날, 통합화와 같은 중대한 분야에서는 분명히 실무가 연구보다 앞서고 있으며, 실무자들은 연구분야에서 새로운 이론적 바탕이 출현하기를 기다리고 있다.

4. 결 론

건설분야에서의 전자계산기술은 지난 40년전에 우리가 상상했던 것 보다 훨씬 더 진보해 왔다. 이러한 발전의 일부는 컴퓨터 하드웨어와

소프트웨어 분야에서의 혁명으로 부터 비롯된 것이지만, 대부분은 새로운 기술을 개발하고 적용하고자 하는 실무자들의 노력으로부터 이루어진 것들이다. 고객으로부터 요구되어지는 건설 서비스를 위한 실무능력들은 전자계산분야의 통합화를 위한 발전이 없었다면 결코 이루어지지 않았을 것이다. 이 분야에 종사했던 한사람으로서 나는 지금까지의 성취에 대하여 자랑스럽게 생각하며, 또한 미래에 대해서도 낙관하고 있다. 나는 미래의 발전에 주역이 될 젊은 후배들의 성취를 기대한다.

참 고 문 헌

1. Cunge, J.A., (1995), "Overview of Informatics Applications in Water Engineering,"in P.J. Pahl and H. Werner (editors), Computing in Civil and Building Engineering, A.A. Balkema, pp.3-12.
2. Fenves, S.J., Logcher, R.D., Mauch, S.P. and Reinschmidt, K.F., (1964), STRESS-A User's Manual, MIT Press, Cambridge, MA.
3. Fenves, S.J., (1965), Problem-Oriented Computer Languages, Applied Mechanics Review, 18(3):175-180.
4. Fenves, S.J., (1995), "Successes and Further Challenges in Computer-Aided Structural Engineering,"in P.J. Pahl and H. Werner (editors), Computing in Civil and Building Engineering, A.A. Balkema, pp.13-20.
5. Fenves, S.J., J.H. Garrett, Jr., H. Kiliccote, K.H. Law and K.A. Reed, (1995), Computer Representation of Design Standards and Building Codes: U.S. Perspective, International Journal of Construction Information Technology, 3(1):13-24.
6. Jacobson, I., M. Christerson, P. Johnsson and G. Overgaard, (1992), Object-Oriented Software Engineering, Addison-Wesley.
7. Miller, C.L., (1963), "Man-Machine Communication in Civil Engineering,"Journal of Structural Division, ASCE, 89(4):5-30.
8. Paulson, B.C., Jr., (1995), "Computer-Aided Project Planning and Management," in P.J. Pahl and H. Werner (editors), Computing in Civil and Building Engineering, A.A. Balkema, pp.31-38.
9. Rumbaugh, J., M. Blaha, W. Premerlani, F. Eddy and W.Lorensen, (1991), Object-Oriented Modeling and Design, Prentice-Hall. 