비정형 건축물 구조시스템 설계를 위한 디지털 요소기술

Digital Technologies for Structural System Design of Irregular Shaped Buildings

이 재 철*
Lee, Jae-Cheol

요 약

최근 계획되고 있는 초고층 건축물은 높이에 따른 기술경쟁력의 과시와 함께 비정형의 자유로운 건축적 형상을 통한 디자인 형태의 상징성을 강조하는 경향을 보이고 있다. 이러한 비정형 건축물의 구조시스템은 기술적, 경제적 문제로 인해 한정된 수의 가능성 있는 대안만이 고려되어 왔으나, 첨단 디지털 기술의 발전에 따라 비정형 건축물의 구조시스템에 대해 이전에는 적용이 불가능하였던 다수의 구조시스템 대안을 생성하고 동일한 컨셉을 가진 다양한 구조시스템 대안의 비교평가를 통해 검토안의 수를 최소화하는 것이 가능해졌다. 본 연구에서는 비정형 건축물 구조시스템 설계를 위한 디지털 요소기술에 대해 현재까지의 연구현황을 분석하고 앞으로의 연구방향과 과제를 제시하고자 한다.

keywords : 비정형 건축물, *parametric modeling, evolutionary computation, computational design*

1. 서 론

최근 계획되고 있는 초고층 건축물은 높이에 따른 기술경쟁력의 과시와 함께 비정형의 자유로운 건축적 형상을 통한 디자인 형태의 상징성을 강조하는 경향을 보이고 있다. 그림 1에서 보듯이 최근 세계의 여러 주요 도시에 제안되거나 건설되고 있는 초고층 건축물의 경우에도 이러한 비정형적 디자인 경향은 뚜렷한 현상으로 나타나고 있으며, 국내에서 현재 추진 중인 6~8개의 100층 이상 초고층 건축물 프로젝트들 중 일부도 비정형적 디자인 형상을 취하고 있다.

(a) 잠실 제2롯데월드 (b) 여의도 S-Trenue (c) Phare Tower (d) The Legs (e) Agbar Tower

그림 1 국내외 비정형 초고층 건축물 계획 및 시공 사례

* 정회원 • 동명대학교 건축공학과 조교수 Email: jclee@tu.ac.kr

이와 같이 최근 들어 초고층 건축물의 설계는 높이에 대한 기술적 경쟁과 함께 형태적인 측면에서 현재의 기술적 한계를 극복하는 차별적 개성을 강조한 브랜드화 경쟁이 치열해지고 있다. 따라서 형태 측면에서 개성을 갖추고 브랜드화 될 수 있는, 기존의 한계를 극복하는 경쟁이 국제 초고층 시장의 진출 및 점유를 위한 핵심 요소 중 하나가 될 것으로 예상된다. 현재 국제 비정형 초고층 건축물 시장은 자신들만의 기술적 노하우를 보유한 선진 설계 및 엔지니어링 업체들이 장악하고 있는 실정이다.

정형 건축물과는 다른 특성을 갖는 비정형 건축물의 구조시스템 설계를 위해서는 첨단 디지털 기술의 활용이 무엇보다 중요하다. 기술적, 경제적 문제로 인해 이전에는 적용이 불가능하였던 비정형 건축물의 구조시스템에 대해 첨단 디지털 기술을 활용하여 다수의 구조시스템 대안을 생성하고 동일한 컨셉을 가진 다양한 구조시스템의 비교평가를 통해 검토안의 수를 최소화하는 것이 가능하기 때문이다. 이에 따라 본 연구에서는 첨단 디지털 기술을 활용한 비정형 건축물 구조시스템 설계 요소기술에 대해 현재까지의 연구현황을 분석하고 앞으로의 연구방향과 과제를 제시하고자 한다.

2. 비정형 건축물의 동향

비정형의 자유로운 건축적 형상은 현대건축이 추구하고 있는 새로운 디자인 패러다임으로서 시애틀의 EMP(Experience Music Project), 스페인 빌바오의 구겐하임 미술관, 베이징 올림픽 스타디움 등의 저층건물에 주로 적용되어 왔다. 새둥지를 모티브로 설계된 베이징 올림픽 스타디움의 경우, 7,500개에 이르는 외부 강골조가 최적화 설계 과정을 통하여 서로 다른 규격의 부재로 설계되었다. 이는 시공성을 확보하기 위해 부재 유형을 줄여야 한다는 기존의 구조설계 관행과 공학적 한계를 극복한 사례로서 디지털 기술을 활용한 수천 개의 구조설계 대안의 생성을 통하여 최적화되었다.

이러한 비정형 건축물의 설계 및 시공은 소수의 선진 설계회사에 의해 독점적으로 수행되고 있다. 이들은 비정형 형태의 건축적, 구조적 표현, 부재나 외피의 제작을 위한 다양한 기술과 경험을 축적하고 이를 지원하는 첨단 디지털 시스템도 갖추고 있으나, 축적된 비정형 건축물에 대한 경험과 지식을 공개하지 않고 기술적 독점력을 유지하고 있다. 따라서 앞으로 비정형 건축물이 점차 증가하고 특히 초고층 건축물에서도 비정형 형상이 점차 증가할 것으로 예상되나, 현재로서는 해외는 물론 국내의 프로젝트에도 독점적 기술을 확보하고 있는 이들 해외 설계회사에 의존할 수밖에 없는 실정이다. 비정형 건축물의 설계 및 시공과 관련한 대표적인 선진 설계회사는 영국의 Arup, 미국의 Gehry Technologies 등을 들 수 있다.

3. 비정형 건축물의 디지털 요소기술

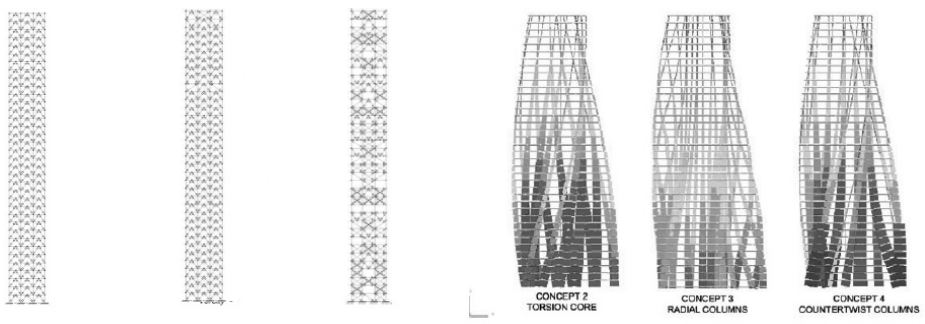
3.1. 파라메트릭 모델링

파라메트릭 모델링(Parametric Modeling)이란 상호 관련되는 파라미터와 구속조건을 통하여 해당 지오메트리를 정의하는 방법을 말한다. 이를 통해 하나의 형상을 수정하면 상호 관련되거나 구속된 다른 형상의 사이즈나 위치가 자동으로 변하게 되며 디자인 프로세스의 형상변형에 맞추어 부재의 상세도면이나 부재 데이터 등을 자동으로 추출해낼 수 있다. 사선과 곡선으로 이루어진 비정형 형상을 기하학적으로 정의하여 디지털화 하는 것은 비정형 건축물을 위한 핵심적인 부분이며, 파라메트릭 모델링 기법은 가장 경쟁력있는 대안이 될 수 있다. 비정형 건축물의 형태생성을 위해 활용되고 있는 상용 파라메트릭 모델링 어플리케이션으로는 Dassault Systèmes의 CATIA, Bentley Systems의 Generative Components, Gehry Technologies의 Digital Project 등이 대표적이다.

3.2. 진화연산에 의한 구조설계

대용량의 계산을 아주 짧은 시간 안에 적은 비용으로 수행할 수 있는 컴퓨터의 능력을 이용한 진화연산(Evolutionary Computation, EC) 기법이 건축물의 구조설계 분야에서 다양한 구조시스템의 해석과 최적화 문제를 해결하기 위한 도구로 활용되고 있다. 진화연산 기법은 자연현상을 모사한 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm, GA), 진화전략(Evolution Strategies, ES) 등의 방법을 포함하며, 이중 유전자 알고리즘은 이산적인 변수의 처리와 넓은 설계공간의 탐색능력과 더불어 문제의 비선형성과 관계없이 전체 최적해를 찾아낼 수 있기 때문에 구조최적화 문제에 널리 활용되고 있다.

미국 조지 메이슨 대학의 R. Kicinger 등은 1990년대 중반의 이론연구를 거쳐 2000년대 초에 진화연산 기법을 이용하여 초고층 건축물의 구조시스템을 자동적으로 생성해내는 디지털 도구인 “Inventor 2001”을 개발한 바 있다. 그림 2는 진화연산 기법, 파라메트릭 모델링 등의 디지털 기술을 구조시스템의 생성 및 평가에 활용한 사례를 보여준다.

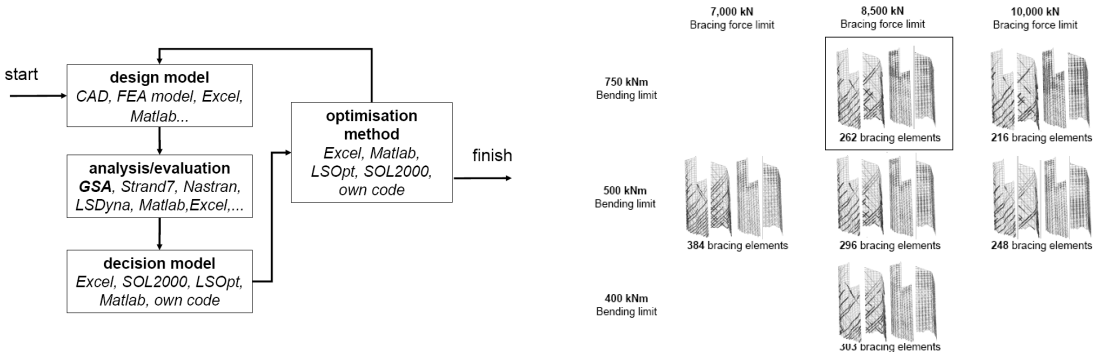


(a) 진화연산 기법에 의한 구조패턴 생성 (b) 파라메트릭 모델링에 의한 대안평가

그림 2 디지털 기술을 활용한 구조시스템 생성 및 대안평가

3.3. Computational Design

영국의 Arup사에서는 그림 3과 같이 CDO(Computational Design & Optimization) 프로세스를 통해 비정형 건축물의 수많은 구조시스템 대안을 빠르고 정확하게 생성, 검토하여 최적의 디자인 대안을 도출하는 기술을 개발하여 비정형 건축물 설계에 활용하고 있다.



(a) CDO 흐름도 (b) 형태생성 및 대안선정 과정

그림 3 CDO 프로세스에 의한 형태생성 및 대안선정

4. 결 론

본 연구에서는 비정형 건축물의 구조시스템 설계를 위한 첨단 디지털 요소기술로서, 형태생성 기법으로 적용되는 파라메트릭 모델링 기법, 다양한 구조시스템 대안의 생성을 위해 적용되는 진화연산 기법, CDO 프로세스 등에 대해 고찰하였다. 이들 첨단 디지털 요소기술은 기술적, 경제적 문제로 인해 이전에는 적용이 불가능하였던 구조시스템의 전산생성과 동일한 컨셉을 가진 다양한 구조시스템 대안의 합리적 평가에 효과적으로 활용될 수 있다.

아울러 비정형 건축물 구조시스템 설계를 위해서는 이상의 요소기술 이외에도 건축가의 설계의도를 반영하는 초기 구조시스템 선정에 필요한 규칙과 제한조건의 분석, EC, GA, Metamorphosis 등의 첨단 디지털 기법의 적용을 통해 형태를 자동 생성해내는 구조시스템 전산생성 알고리즘, 디지털 형태생성 기법을 통해 생성된 다양한 구조시스템 대안에 대한 평가항목 도출 및 가중치 설정, 구조시스템 대안의 빠른 해석과 최적화된 구조요소의 신속한 설계를 위한 고속설계 알고리즘, 구조시스템 대안의 합리적 비교 평가를 위한 구조시스템 대안평가 기술 및 통합 전산 시스템의 개발 등이 요구된다.

현대건축의 새로운 디자인 패러다임으로 부상하고 있는 비정형의 자유로운 건축적 형상의 구현을 위해 비정형 건축물 구조시스템 설계를 위한 디지털 요소기술의 활용에 대해 지속적인 연구가 필요한 시점이다.

참고문헌

박정대 (2006) “디지털 미디어에 의한 건축 디자인 프로세스의 변화에 관한 연구”, **대한건축학회논문집**, 22권 1호, pp.121~130.

손상현, 이수곤 (2007) “초고층 건축의 설계 경향과 관련된 구조 및 시공 기술”, **한국강구조학회지**, 제19권 제2호, pp.15~22.

이재철 (2008) “비정형 초고층 건축물의 디지털 기반 형태생성 및 구조설계”, **동명대학교 건축도시연구소 논문집**, 제7권, pp.33~41.

정광량 (2008) “비정형 초고층 건축물을 위한 구조시스템”, **대한건축학회지**, 제52권 4호, pp.59~62.

D.Scott, D.Farnsworth, M.Jachson, M.Clark (2007) “The Effects of Complex Geometry on Tall Towers”, *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 16, John Wiley & Sons Inc., pp.441~455.

K.Shea (2005) “Computational Design + Optimization, CDO”, *Engineering Design Centre(EDC)*, Univ. of Cambridge Engineering Department

R.Baldock, K.Shea (2006) “Structural Topology Optimization of Braced Steel Frameworks Using Genetic Programming”, *I.F.C. Smith(Ed.): EG-ICE 2006*, LNAI 4200, pp.54~61.

R.Kicinger, T.Arciszewski, K.DeJong (2005) “Evolutionary Design of Steel Structure in Tall Buildings”, *Journal of Computing in civil Engineering*, ASCE, pp.223~238.

R.Mora, H.Rivard, C.Bedard (2006) “Computer Representation to Support Conceptual Structural Design within a Building Architectural Context”, *Journal of Computing in civil Engineering*, ASCE, pp.76~87.