

# 3D 그래픽 S/W이용 초기 구조계획

## Preliminary Structural Configuration Using 3D Graphic Software

김 남희\* · 고현무\*\* · 홍성길\*\*\*

Kim, Namhee · Koh, Hyung-Moo · Hong, Sung-Gul

---

### ABSTRACT

3D graphic softwares have brought design spaces beyond the limitations of Euclidean space. Moreover, as computational geometry has been considered together with algorithms, generative algorithms are being evolved. Recently 3D graphic softwares with the embedded generative algorithms allow designers to design free form curves and surfaces in a systematic way. While architectural design has been greatly affected by the advancement of 3D graphic technology, such attention has not given in the realm of structural design. Grasshopper is a platform in Rhino to deal with these Generative Algorithms and Associative modelling techniques. This study has tried to develop a module for preliminary structural configuration using Rhino with Grasshopper. To verify the proposed concept in this study, a module for designing a basic type of suspension structure is introduced.

**Keywords:** 3D graphic S/W, design alternatives, generative algorithm

---

### 1. 서 론

최근 3차원 컴퓨터 그래픽 소프트웨어의 발달로 자유스러운 형태의 구조물이 다양하게 시도되고 있다. 이는 설계자가 착안한 개념적 형태를 스케치하고, 이를 곧바로 3차원 그래픽 SW를 이용해서 기하학적 모델을 이용하여 설계자의 개념을 시각적으로 살펴보면서 설계를 다듬는 과정이 상대적으로 용이해진 덕택이다. 일반적으로 구조물 설계과정을 형태구상과 구조계획의 두 과정으로 나누어서 생각해 볼 수 있다. 형태구상과 구조계획은 상호 밀접하게 연관되어 있으므로 순차적인 설계로 수행하기 보다는 상호보완적인 과정으로 설계를 수행하는 것이 가장 이상적이다. 이 연구에서는 개념적 설계단계에서 3D 그래픽 SW를 이용하여 형태구상과 구조계획양자간의 설계과정을 상호보완적으로 수행하는 방법을 제시하고자 한다. 개념적 설계단계에서 구조계획은 개념적 형상에 적합한 구조시스템의 선정과 선택한 구조시스템을 구성하는 주요 구조시스템의 합리적인 부재 배치계획이다. 더 나아가서, 합리적인 부재 배치란 구조적 거동에 근거하여 안정적이고 경제적인 설계를 의미한다. 3D 그래픽 SW로 Rhinor 프로그램(Mc Neel 2002)과 다양한 설계대안 생성을 위해서 변수화 프로그래밍이 가능한 Grasshopper를 이용하여, 축력지배적인 구조시스템의 초기 구조계획과정을 제시함으로써 이 연구에서 제시하는 설계법의 타당성을 살펴본다. 이러한 연

---

\* 정희원 · 서울대학교 교량설계 핵심기술연구단 책임연구원 Email: namheek@snu.ac.kr

\*\* 정희원 · 서울대학교 건설환경공학부 교수 Email: hmkoh@snu.ac.kr

\*\*\* 정희원 · 서울대학교 건축학과 교수 Email: sglhong@snu.ac.kr

구는 예술적 구조물 설계를 위해서 요구되는 협업설계 환경구축에 새로운 디자인 패러다임으로 사용될 수 있을 것으로 기대한다.

## 2. 구조계획에 이용할 3D 그래픽 S/W의 장점

3D 그래픽 S/W의 발전이 다양한 구조물형태의 가능성을 무한히 확장시켜주고 있는 반면에 구조계획이나 구조설계와 관련해서는 구조해석 결과의 변형상태와 응력수준을 도식화 해주는 수준에 집중되어 있다. 최근 변수화 모델링(parametric modeling)을 구현할 수 있는 도구들을 추가로 개발함에 따라서 구조공학분야에서도 3D 그래픽 S/W의 장점을 보다 용이하게 접목시킬 수 있게 되었다. 이 연구에서는 변수화 모델링을 이용하여 다양한 설계대안을 생성하고, 동적 그래픽스 개념을 이용하여 정력학적 구조해석을 수행하는데 3D 그래픽 S/W를 사용한다.

### 2.1. 변수화 모델링을 이용한 설계대안 생성

초기 구조계획단계에서는 설계자가 착상한 형상을 실제로 구현 가능한 구조시스템을 선정하는 것이 매우 중요하다. 이를 위해서 구조시스템에 대한 구조적 거동에 영향을 미치는 설계변수를 중심으로 다양한 시뮬레이션이 가능한 변수화 작업이 필요하다. 구조시스템의 분류와 관련해서 Engel (1999)은 구조시스템의 분류를 하중전달과 저항체계에 대한 상호민감도를 기준으로 (1) form-active system; (2) section-active system; (3) vector-active system; (4) surface-active system; (5) height-active system과 (6) hybrid system으로 대별하여 정리하였다. 이 가운데서 form-active system과 surface-active system은 구조시스템에 재하된 하중 위치와 크기의 변화에 따라서 이를 저항하려는 구조시스템의 형태가 매우 민감하게 변화하는 구조시스템이다. 이와 같이 기하학적 변화와 하중 저항능력이 상대적으로 긴밀하게 연계된 form-active 구조시스템의 경우에는 다양한 설계대안의 생성에 3D 그래픽 S/W의 효용성이 매우 중요한 역할을 하게 된다. 이 연구에서는 케이블 구조 또는 아치 구조와 같이 축방향 응력이 지배적인 form-active system에 초점을 둔다. Form-active system을 정의하는 형상변수에는 그림에서 보여주는 바와 같이 구조시스템의 기하학적 형상과 지지 조건과 하중의 크기와 배열 방법이 포함된다.

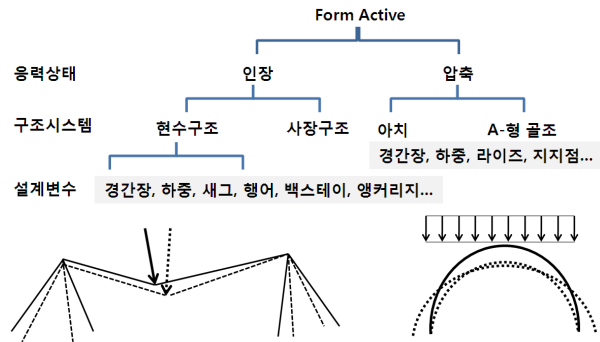
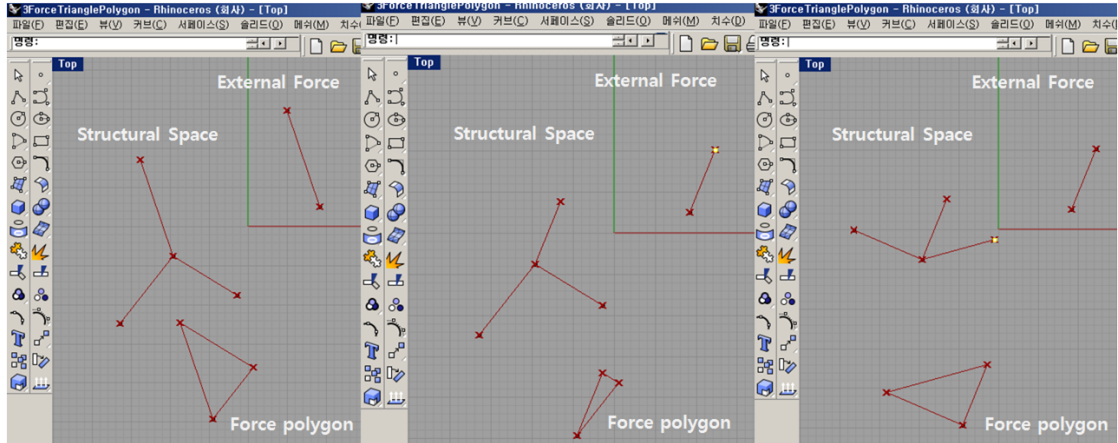


그림 1. Form-active system의 전개

### 2.2 동적 그래픽스 기반 구조해석

Form-active system의 초기구조해석은 정력학적 도해법을 이용하면 매우 효과적이다(참고문헌). 기존 수작업으로 수행하는 도해법은 매우 지루하고 번거로운 작업이기에 유한요소해석 S/W가 개발되면서, 도해법의 이용은 매우 미미해져 버렸다. 그러나 이 연구에서 사용하는 3D 그래픽 S/W인 Rhinor의 기하학적 요소에 대하여 변수화할 수 있는 프로그래밍 언어인 Grasshopper를 이용한다면, 구조시스템과 도해법 기반의 구조해석적 모델 상호간을 동적 그래픽스 개념으로 연계시켜서 개발할 수 있으므로 매우 효율적인 구조해석법으로 사용가능하다. 동적 그래픽스 기반의

구조해석을 위해서는 두 개의 모델공간이 필요하다. 구조시스템 공간(structural space)과 힘의 다각형 공간 (force polygon space)이다. 그림 2는 form-active system 가운데 가장 기본적인 세 힘 평형상태에 대해서 동적 그래픽스 기반으로 구현하고 시뮬레이션을 수행한 결과를 보여준다. 이 예제에서는 하나의 주어진 힘을 크기와 방향을 설계자가 구조시스템 공간에서 자유롭게 변화하거나 구조시스템을 변화시키는 동안에, 힘의 다각형 공간에서도 힘의 평형상태를 이루기 위해서 각 부재가 분담해야하는 부재력이 지속적으로 변화하는 과정을 보여주고 있는 예제이다.



a. 초기 힘의 평형상태      b. 하중을 변화시킨 경우      c. 구조형상을 변화시킨 경우  
그림 2. 동적 그래픽스 기반 구조해석

### 3. 3D 그래픽 S/W 기반 초기구조계획 도구 개발

3D 그래픽 S/W가 지니고 있는 변수화 가능성과 동적 그래픽스 개념의 장점을 살려서 실제 초기구조계획단계에서 사용할 수 있는 도구를 개발하기 위해서는 그림 3과 같이 그래픽 S/W와 변수화 모델러 사이에 정보흐름이 가능해야 한다. 사용자는 3D 그래픽 S/W를 이용해서 설계정보에 대한 입/출력을 시각적으로 처리하고, 변수화 모델러를 이용해서 공학적 연산 함수들을 구현하는 것이다. 이 장에서는 간단한 현수구조시스템 계획 도구를 개발하는 사례를 설명한다. 개발 순서와 관련해서 주요사항이 그림 4에 정리되어 있다. 다양한 구조형상을 설계대안으로 고려하기 위해서 초기에 점 요소를 이용해서 정의한다. 실제 구조공간과 힘의 다각형 상호관계는 그림 4c에서 보여주는 바와 같이 하나의 주어진 힘과 평형을 이루는 두 부재는 페다각형을 이루는 기본개념에 근거해서 교차점을 찾는 과정을 Grasshopper를 이용해서 함수화 시킨다. 구조시스템의 모든 부재에 대해서 힘의 다각형 정의가 완성되면 다양한 설계대안을 검토해본다. 설계대안 2에 비해서 보다 효율적인 설계대안 1을 이용해서 전체시스템을 완성한다.

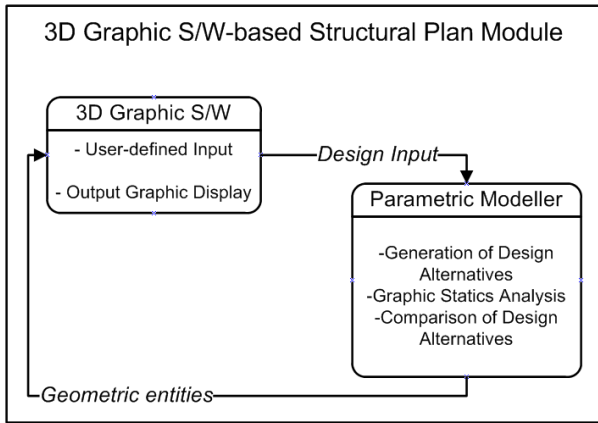


그림 3. 3D 그래픽 기반 구조계획 모듈 구성도

## 4. 결론

이 연구에서는 3D 그래픽 형상생성과 관련하여 변수화 모델 도구를 이용하여 초기구조계획 단계에서 다양한 설계대안을 용이하게 생성하고, 한 걸음 더 나아가서 구조적 타당성을 살펴봄으로써, 보다 합리적인 설계대안을 도출하는 방법에 대하여 살펴보았다. 이 연구에서 제시하는 3D 그래픽스 S/W 기반 초기구조계획은 변수화 모델링을 통하여 다양한 설계대안을 편리하게 생성할 수 있으며, 설계대안과 구조해석 모델사이의 동적 그래픽스 개념을 적용하여 변화하는 설계대안에 대해서도 곧바로 구조적 거동을 살펴보는 데 매우 유용함을 알 수 있다.

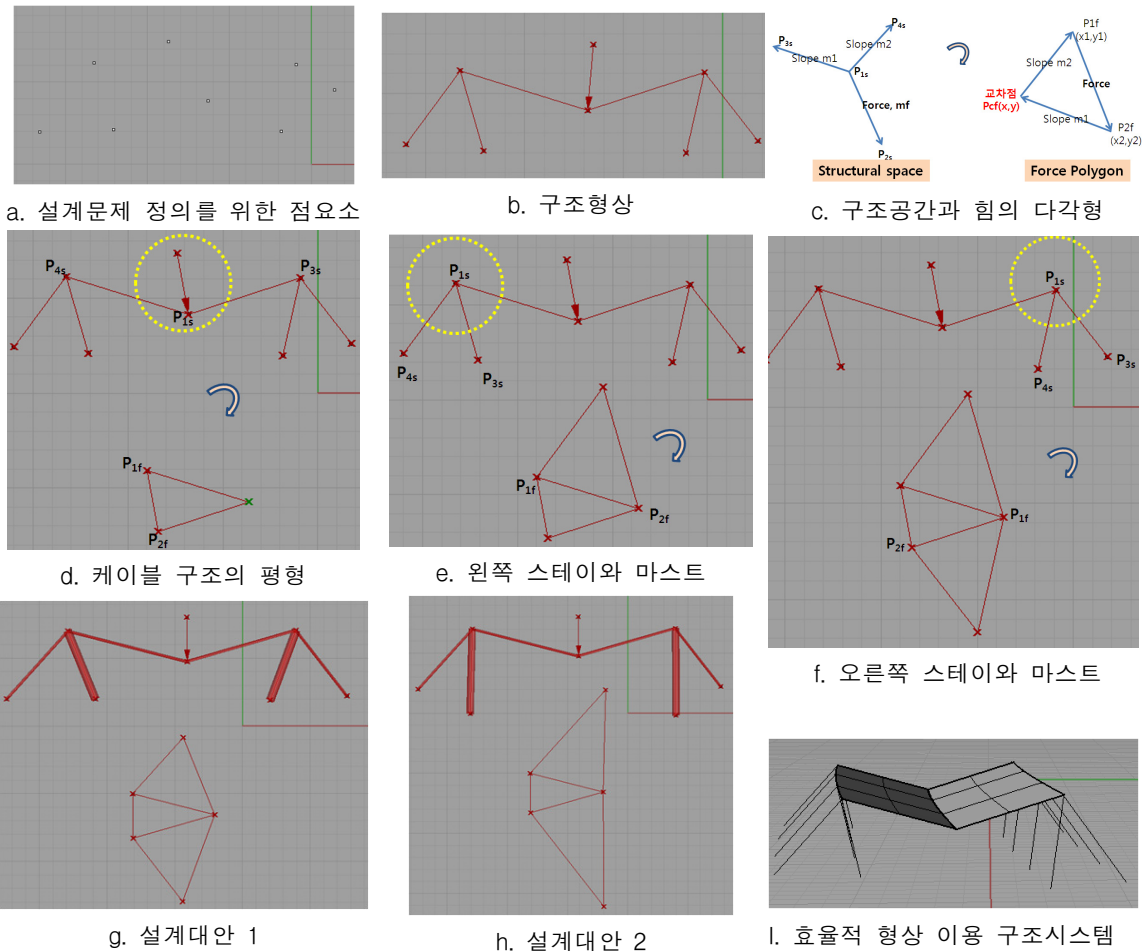


그림 4. 현수구조계획 모듈 개발 사례

## 감사의 글

이 연구는 국토해양부에서 지원하는 초장대교량사업단 제1핵심과제의 연구결과의 일부입니다. 연구 지원에 감사를 드립니다.

## 참고문헌

김남희, 고현무, 홍성걸, “기하학적 접근법에 의한 교량구조의 형태생성”, 한국전산구조공학회 논문집, 제23권 제4호 2009, pp379-386

McNeel (2002). Rhinoceros 3.0.

Main Grasshopper web page: <http://grasshopper3d.com/>