

## 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계도구의 구현

이현민<sup>\*</sup>, 안은영<sup>\*\*</sup>

### 요 약

본 연구는 전통건축 방식의 지붕곡을 전산학적으로 재해석하고 지붕가구부를 구성하는 부재들간의 기하학적 상관관계를 3D 데이터로 설계하기 위한 방안을 제시한다. 지붕곡을 형성하는 여러 개의 구성 요소, 즉 지붕가구부 부재들간의 상관관계를 전통건축 축조 방식에 근거하여 함수식으로 정의하고 분석된 데이터를 토대로 사용자가 원하는 지붕면을 구성하기 위한 각 부재들의 3차원 데이터 자동 생성 기법을 구현한다. 제안하는 방식은 부재간의 상관관계를 고려하여 지붕곡의 속성이 변경되면 지붕곡에 영향을 미치는 여러 개의 부재들이 자동으로 재설계되는 방식으로써 전통건축 설계의 효율을 높일 수 있다. 또한, 한옥의 다양한 지붕곡 설계를 보장하면서도 체계적인 설계와 규격화된 생산 및 가공을 가능하게 하여 한옥의 보급에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## The Implementation of an Roof Structure Generating Tool based on the Structural Analysis of Roof Curvature in Traditional Buildings

Hyunmin Lee<sup>\*</sup>, Eunyoung Ahn<sup>\*\*</sup>

### ABSTRACT

This research proposes a method to draw a number of components for roof frame in 3D datum. It is based on the analysis of the roof curvature and their geometric relationship in the traditional wooden buildings. Correlations between the components that generate a roof surface is defined with functional formula. The design system which automatically generates 3D datum for the components is implemented by reflecting the structural mechanics for them. The suggested system provides a control function to easily draw a traditional house. In this system, the components engaged in forming a roof surface are not only automatically generated but also simply modified according to the user's request. It would improve design efficiency and ensure a various roof surface design. Furthermore it makes possible systematic drawing and standardized industrial processing. Consequently, the proposed method is expected to contribute to the popularization of traditional house constructing.

**Key words:** Traditional architecture(전통건축), Roof curve(지붕곡), Roof timber structure(지붕가구부), Architectural CAD(자동생성), Hip rafter(추녀)

※ 교신저자(Corresponding Author): 안은영, 주소: 대전광역시 유성구 동서대로 125(덕명동) 한밭대학교 N4동 412호(305-719), 전화: 042) 821-1750, FAX: 042) 821-1595, E-mail: aey@hanbat.ac.kr  
접수일: 2014년 1월 29일, 수정일: 2014년 2월 11일  
완료일: 2014년 2월 12일

<sup>\*</sup> 한밭대학교 멀티미디어공학과  
(E-mail: aey@hanbat.ac.kr)

<sup>\*\*</sup> 한밭대학교 멀티미디어공학과

※ 본 연구는 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업(2013-053422)과 지역혁신인력양성사업(2012 H1B8A2025982)의 지원을 받아 수행된 것임.

## 1. 서 론

흔히 한옥이라 불리어지는 전통건축은 전통으로의 회귀 그리고 자연 속에서 살고자 하는 현대인의 욕구에 발맞추어 대중의 관심대상이 되고 있다. 그러한 맥락에서 집의 기초 구성 자체가 나무로 되어있고, 구성방식이 친환경적인 한옥이 새롭게 현대의 주거문화로 관심을 받고 있다. 하지만, 한옥을 주거공간으로 사용하는 경우를 주변에서 쉽게 찾아보기 어렵다. 그 이유는 한옥은 짓기 어렵다는 대중의 판단 때문이다. 한옥은 실제로 일반인이 짓기 어려운 건축공법을 가지고 있다. 또한 전통을 따르는 축조방식은 시공비용의 상승으로 이어진다. 한옥을 크게 바다, 벽, 지붕으로 나누어 볼 때, 지붕은 그 집의 모양을 결정하는 중요한 요소로 시공기간과 시공비용 상승에 중요한 요인으로 작용한다. 그 이유는 한옥이 가지는 외형상의 특징인 아름다운 지붕곡을 표현하기가 쉽지 않기 때문이다.

이러한 문제를 해결하기 위한 여러 시도들 가운데 한옥이 가지는 지붕곡을 전통적인 축조 및 가공방식에 따라 분석한 연구들과 지붕곡이 가지는 의미를 분석한 연구가 주류를 이루고 있으며, 일부에서는 전통부재들을 파라메트릭한 방식으로 설계하여 이를 활용하고자 하는 시도가 있었다[1-5]. 그러나 기존의 지붕곡 분석에 대한 연구는 전통적인 방식에 대한 분석에 주로 집중되어 있다. 또한 파라메트릭 설계방식에 의한 연구들의 경우에도 개별적인 부재의 생성 방식에 대한 제안을 하였을 뿐 원하는 지붕곡을 설계하는데 있어서는 일일이 수동적인 방식에 의해 지붕을 설계할 수 밖에 없었다.

본 논문에서는 현재까지 정확히 정의되지 않은 지붕곡을 전통건축 방식에 따라 각 구성요소간의 상관관계를 중심으로 분석하여 수 십개, 많게는 수 백개에 이르는 지붕가구부 전체를 자동으로 생성할 수

있으며, 또한 생성된 지붕가구부 전체를 새롭게 변경하고자 하는 지붕곡에 맞춰서 자동으로 재설계가 가능한 지붕곡 설계도구를 제시하고자 한다.

## 2. 전통건축의 지붕과 지붕곡

### 2.1 지붕의 유형과 팔작지붕

한국전통목조건축에서 나타나는 지붕의 여러 형식은 중국의 영향을 받았지만 세부기법에서는 우리나라의 풍토와 기후에 알맞게 조절되었다. 그것은 지붕의 경사에서 느낄 수 있으며 건물 높이에 대한 처마 길이, 양곡 등에서도 알 수 있다. 지붕의 형식은 맞배지붕, 우진각지붕, 팔작지붕으로 분류된다. <그림 1>과 같은 세 가지 지붕 유형은 기본형이 되어 여러 가지 복합 형식의 지붕 형태를 낳게 한다[6].

지붕의 형태를 구조의 발전과정으로 살펴보면 맞배지붕이 가장 간편하여 어느 것보다 먼저 쓰였을 것이고, 다음이 우진각지붕으로 처마의 필요성과 합각벽의 처리 등에 유리하여 보다 대형 건물에 이용되게 되었다. 이 두 개의 형식에 이어 그 절충식인 팔작지붕으로 발전되었다고 볼 수 있다[7]. 이처럼 팔작지붕은 맞배지붕의 특성과 우진각지붕의 특성을 모두 가지고 있는 절충식으로 팔작지붕의 목구조상의 특성을 분석하면 나머지 맞배지붕과 우진각지붕의 특성을 모두 분석한 것 같은 효과를 갖는다. 또한 한국 전통건축의 지붕물매에 관한 연구에서 전통건축물의 유형을 맞배, 팔작, 우진각의 지붕형태를 중심으로 사찰 궁궐, 향교 등의 비슷한 격식을 갖춘 건축물을 선정해 분류해 본 결과 주로 팔작지붕을 선호하였다는 결과가 나타났다[8]. 이에 본 연구에서는 팔작지붕의 지붕가구부를 대상으로 전통목조건축의 지붕곡을 분석하고 이를 설계 도구에 적용시키는 방법을 제안한다.



그림 1. 전통건축의 세가지 지붕유형

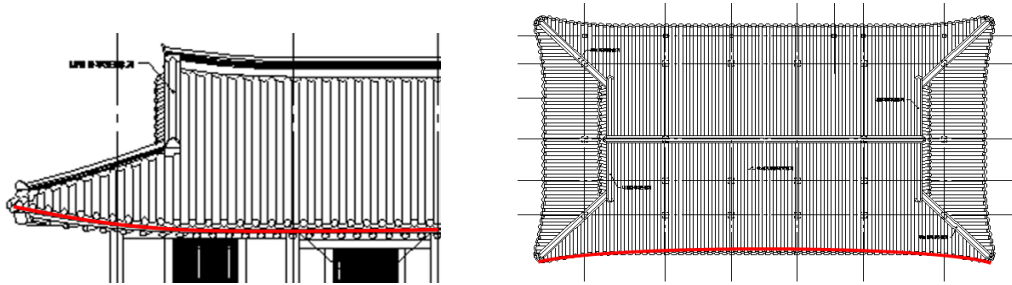


그림 2. 양곡과 안허리곡

## 2.2 지붕곡

지붕곡은 ‘지붕처마곡선’이라 하는데, 이는 3차원 곡선으로 양곡과 안허리곡으로 나타난다. 양곡은 정면에서 볼 때 면처마에서 귀처마로 갈수록 귀처마가 면처마보다 위로 들려 올라간 곡선을 말하고 안허리곡은 평면상에서 볼 때에 귀처마가 면처마보다 휘어 내민 것을 말한다.

전통건축의 처마가 가지는 이러한 곡선들은 처마의 이러한 곡선은 단지 아름답게 하려는 이유만은 아니다. 근본적인 이유는 지붕의 물매가 곡선인데 있다. 옥음지붕의 곡선으로 만들어진 지붕의 물매가 팔작지붕의 네 면에서 만나 자연스럽게 그림 2와 같은 양곡과 안허리곡이 만들어지게 된다[9].

## 2.3 지붕곡 결정과정

지붕곡에는 이처럼 옥음지붕의 지붕물매 곡선이 영향을 주지만, 지붕물매 하나의 요소로만 결정되어지는 것은 아니다. 지붕곡이 결정되어지는 과정은 <그림 3>과 같다. 우선 지붕의 물매를 결정한다. 물매란 기울기를 말하며, 이는 초기 설계과정에서 결정

된다. 지붕의 물매가 결정되면 그 물매에 따라 지붕가구부 부재의 높이정보가 결정되고 그 위치와 크기에 따라 하중과 목재의 특성을 고려한 각 부재의 크기들이 계산된다. 그 이후, 추녀의 물매가 결정되는데 추녀의 물매로 인해 지붕의 옥음정도와 지붕곡의 양쪽 끝점이 정해진다. 그 다음으로 처마내밀기를 결정하는데 처마내밀기는 서까래가 건물 외부로 돌출되어 있는 정도를 말한다. 서까래는 지붕가구부의 가장 기본적인 뼈대로 지붕곡의 형성요인이다. 처마내밀기에는 우천시와 적설시에 목재로 이루어진 몸체(건물내부)를 보호하기 위한 목적 외에도 건물외관에 대한 인간의 심미적이고 과학적인 의도가 담겨있다. 이러한 결정과정으로 지붕곡의 형성요소들이 결정되어지고 이를 통해 지붕곡이 결정되어진다.

## 3. 지붕가구부

지붕곡 결정과정에서 언급된 추녀, 서까래는 전통목조건축 구조상 지붕가구부에 속한다. 지붕가구부란 지붕의 뼈대 즉, 기와가 지붕의 껍질이라면, 지붕가구부는 그 안쪽의 뼈가 되는 골조를 의미하고 추녀와 서까래 외에도 선자연, 평고대, 갈모산방이 이를 구성한다.

### 3.1. 추녀

추녀는 지붕곡에 중요한 영향을 끼치는 중요 요소로서 <그림 4>가구부 구조에서 보는 바와 같이 외목왕치도리, 내목왕치도리에 걸리고 처마 밖으로 길게 내어 선자연 서까래를 고정시키는 부재이다. 실제 지붕곡선의 양쪽 맨 끝점은 추녀의 양쪽 끝점으로, 이러한 추녀 부재만 고려한다면 추녀길이가 길어지면 안허리곡이 커지고 추녀곡이 커지면 양곡이 커지게 된다.

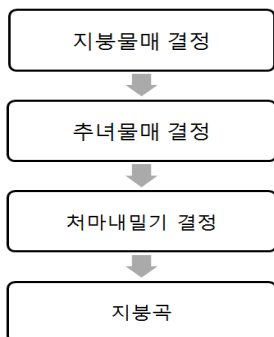


그림 3. 지붕곡 결정과정

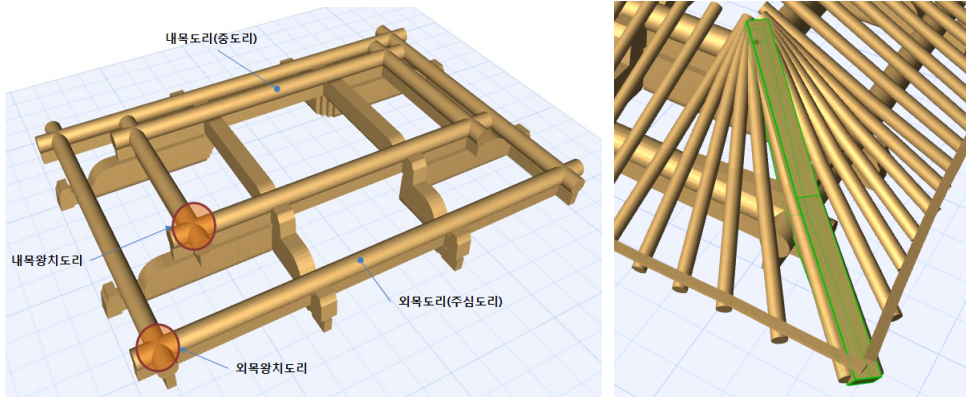


그림 4. 추녀와 가구부 구조

### 3.1.1 추녀의 길이

추녀 길이는 <그림 5>와 같이 뿔목길이, 내목길이, 내목밀기(뒷초리)로 구성된다. 추녀의 뿔목길이는 외목왕치도리에서 추녀 끝까지의 길이를 말하고, 일반적으로 처마 안허리곡은 평연(면처마) 뿔목길이의 1/4정도를 더 내민다. 따라서 추녀의 외목길이는 평연의 뿔목길이에 안허리곡을 더한 치수에  $\cos(45^\circ)$  즉  $\sqrt{2}$ 배가 되고 전체 뿔목길이는 이것에 평고대 폭과 추녀머리(장식)을 더한 것이다. 추녀의 내목길이는 외목왕치도리에서 내목왕치도리까지의 길이를 말하며 이는 내목왕치에서 외목왕치까지의 수평거리에 물매를 감안한 길이이다[1].

또 한 가지 중요한 점은 추녀의 하중의 중심점이 외목왕치 위에 있다는 것이다. 추녀의 하중이 외목왕치로 벗어나 추녀의 끝이 밑으로 처지는 현상을 추녀

의 내목밀기(뒷초리)로 어느 정도 보완해준다고 해도, 기본적으로 추녀의 전체 뿔목길이에서 추녀머리(장식)를 제외한 길이 즉 외목길이는 추녀의 내목길이에 근사해야 한다. 위의 내용을 토대로 (식 2)과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

$$\text{추녀내목길이} = \text{도리간격} \times \frac{\sqrt{x^2 + 10^2}}{10} \quad (1)$$

(※  $x$ 는 물매이며, 도리간격은 내목왕치와 외목왕치간의 평면상의 간격)

$$\text{추녀내목길이} \approx \text{추녀외목길이(내민길이)}$$

$$\text{추녀내목길이} \approx \text{추녀외목길이(내민길이)} \quad (2)$$

$$\text{평연외목길이} = \text{추녀외목길이} / \sqrt{2} - \text{안허리곡}$$

### 3.1.2 추녀곡과 추녀의 작도

추녀는 추녀곡과 추녀 내목길이를 작도 되어 치목 되는데, 여기서 추녀곡이란 추녀의 휘어진 정도의 척도를 나타내는 것으로, 추녀 끝과 내목왕치도리를 이은 선에 외목왕치 중심에서 내린 수선의 길이이다 [1]. <그림 6>의 왼쪽은 추녀곡과 추녀 내목길이, 그리고 위에서 얻어진 연구결과를 이용해 3D 설계된 모습이다. 설계에 사용된 그 이외의 요소로는 내목의 두께, 외목의 두께, 추녀 하중의 중심 보정을 위한 내목밀기 값 등이 있다. 3D 설계에 필요한 7개의 특징점을 살펴보면 <그림 6>의 오른쪽과 같으며, <그림 7>은 이를 다시 추녀의 치목단계상의 작도기법을 따른 3D 설계요소로 분석한 내용이다.

<그림 7>에서 D는 추녀의 내목길이 값이며 내목왕치도리와 외목왕치도리사이의 거리 값이다. 이 때

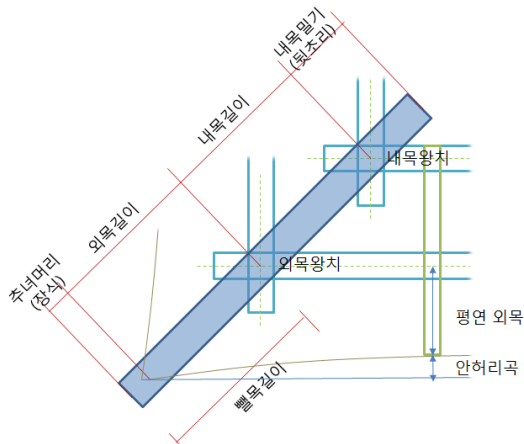


그림 5. 추녀 길이

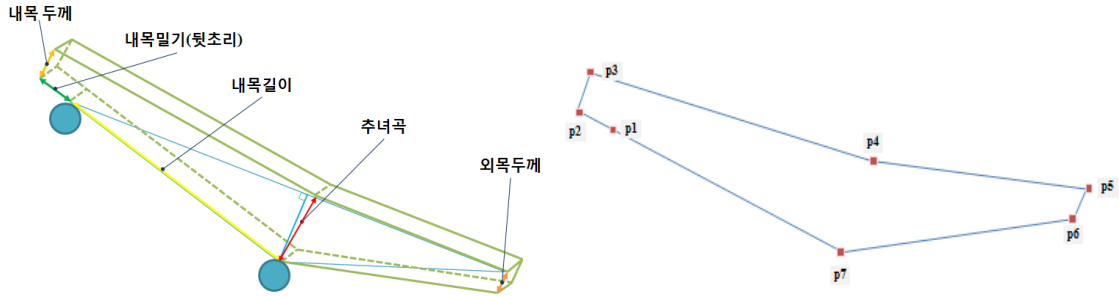


그림 6. 추녀의 3D 형성요소와 특징점

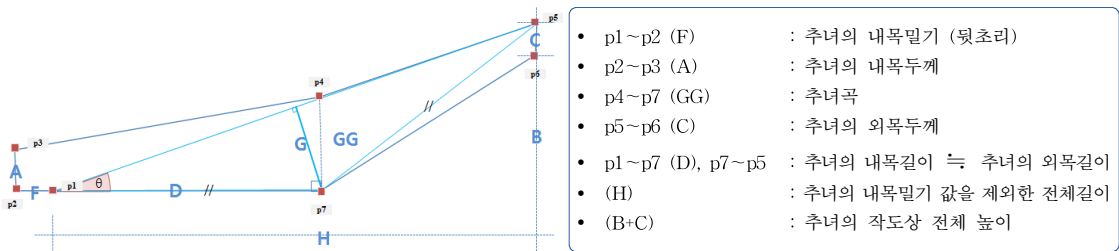


그림 7. 추녀의 작도기법을 따른 3D설계 요소

주어진 추녀곡(GG) 값을 기준으로 외목의 길이를 계산해 낸다. 기존 연구에서는 해당 외목 길이의 값을 임의의 값으로 입력받아 계산하는 방식을 사용했으나, 본 연구에서는 추녀의 외목길리와 내목의 길이가 거의 같다는 기준 하에 위와 같은 결과 값을 계산한다. 결국 추녀 곡은 p1, p5, p7을 지나는 이등변 삼각형의 각과 상관 관계를 가진다. 추녀 곡이 커질수록  $\angle \theta$ 는 커지게 되며, 추녀의 끝점 p5는 솟아 오르게 된다. 이때 p5는 추녀코라고도 불리며, 지붕곡의 양쪽 끝점이 된다.

### 3.2 평고대

평고대는 추녀와 추녀를 연결하는 가늘고 긴 각재로 처마선을 따라 각 서까래를 고정해주는 부재이다. 따라서 평고대 곡선이 즉 양곡과 안허리곡이다. 보통 실제 시공시 추녀를 먼저 걸고 '0'번 서까래를 전후면 정중앙에 걸고 평고대를 올린 후 양쪽 추녀에 실을 띄워 조정해 가며 적절한 곡선을 찾고 그 실에 맞추어 평고대를 휘게 만든다.

#### 3.2.1 평고대 곡선

평고대 곡선 즉 우리가 지붕곡선 또는 처마곡선이

라고 부르는 곡선은 현수곡선과 유사하다는 연구 결과가 있다[10]. 이러한 평고대 곡선은 <그림 8>과 같이 3개의 점을 통과하는 현수곡선이 된다. ①~②의 점은 추녀의 끝점이며, ③번 점은 주선에 위치한 평연(처마서까래)의 끝점으로 처마내밀기의 내각과 지붕의 물매로 결정된다. 사실상 추녀의 끝점은 추녀의 물매와 같기 때문에 지붕곡은 지붕의 물매와 추녀의 물매, 처마 내밀기를 통해 결정된다.

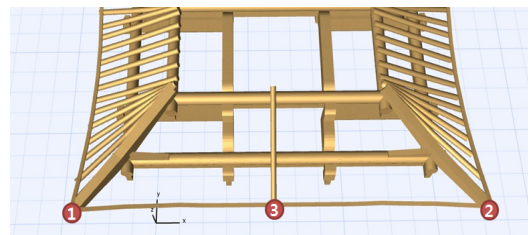


그림 8. 지붕곡 제어점

#### 3.2.2 현수곡선과 베이저 곡선

실제 시공 시에는 곡선을 만들기 위해 전면과 후면 중앙에 서까래를 걸고 실을 띄워 평고대곡선을 조정했다면, 3D 설계 시에는 현수곡선을 표현하기 위한 방법으로 베이저 곡선을 사용했다. <그림 9>

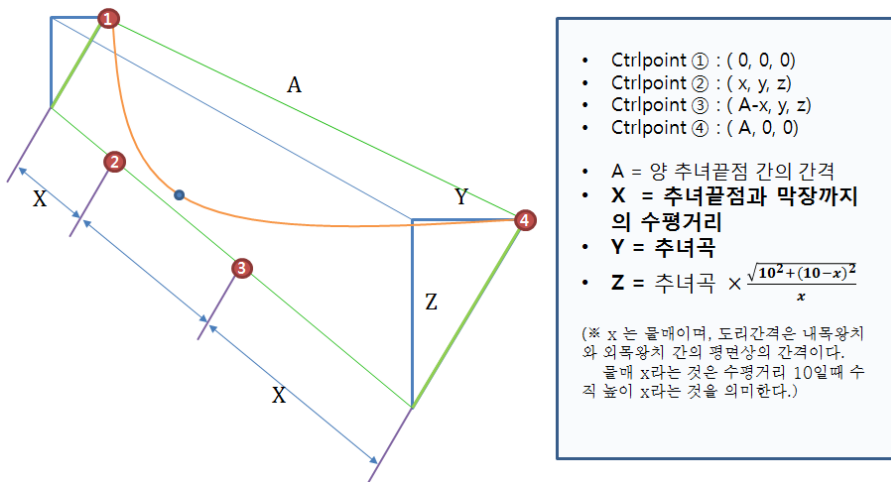


그림 9. 베이지어 곡선과 제어점

에서 보는 바와 같이 4개의 제어점을 가지고 평고대에 사용될 곡선을 생성하였다. 이 때 사용되는 제어점은 양 추녀의 코, 끝점 2개와 양쪽 추녀 끝에서 X축의 양방향으로 막장까지 수평거리만큼 이동하고, Y축 방향으로 추녀곡 만큼, 그리고 Z축의 음의 방향으로 추녀곡에  $\sqrt{2}$ 를 나눈 값에 평연물매의 역물매를 적용한 만큼 이동한 지점에 나머지 2개의 제어 포인트를 위치시킨다. 이렇게 생성된 베이지어 곡선, 즉 지붕곡선은 추후 자동 설계시 가장 중요한 설정값으로 이용되며 서까래와 선자연 서까래의 외목길이와 외목 들림은 해당 곡선에 상응하여 자동 조절되게 된다.

절리게 된다. 전 후면 정중앙에 '0'번 서까래가 걸리고, 좌우로 점점 높은 번호의 서까래가 선자서까래 전까지 절리게 된다.

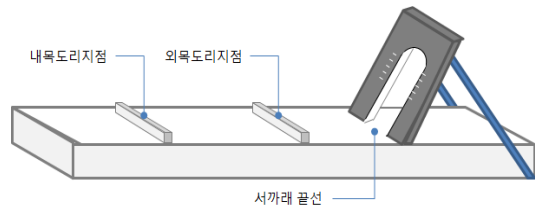


그림 10. 서까래 좌판

### 3.3 서까래

서까래는 도리와 도리 사이에 걸리는데 5량집의 경우, 서까래는 장연과 단연으로 구분된다. 장연은 내목도리(중도리)에서 외목도리 사이에 얹은 것이고 단연은 중도리와 내목도리(중도리) 사이에 얹는다.

#### 3.3.1 서까래 곡과 뿔목 정하기

서까래는 걸리는 위치에 따라 지붕곡에 상응하는 곡을 가져야 한다. 이때 도편수 또는 건물마다 <그림 10>과 같은 일정한 각도의 '좌판'이라고 하는 도구를 사용한다. 서까래의 곡에 따라 곡이 없는 서까래부터 '0', '1', '2', '3'번순으로 번호를 붙인다. 이 과정을 그림으로 표현한 것이 <그림 11>이며 서까래 나이매기 기라고 한다.

외목에 걸리는 위치에 따라 곡이 다른 서까래가

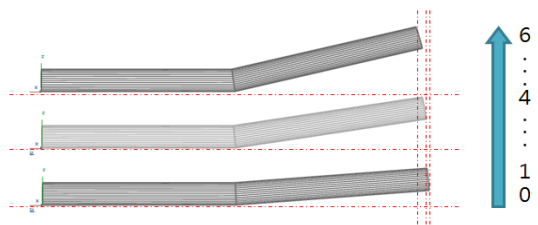


그림 11. 서까래 나이매기기

### 3.4 선자연

선자연은 <그림 12>와 <그림 13>과 같이 추녀의 옆면에 붙여 서까래를 부채살 모양으로 배열하는 것으로, 지붕가구부 가공에 있어 가장 어려운 부분이다. 보통 선자연 시공을 얼마나 짧은 시간에 끝내는냐에 따라 해당 도편수의 능력을 평가하기도 한다. 추녀의 옆면부터 시작해서 초장, 이장, 삼장..., 그리

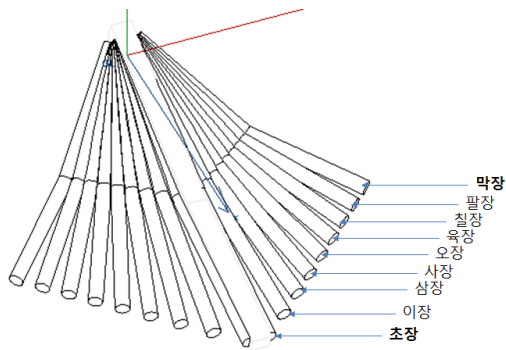


그림 12. 선자연 번호



그림 13. 추녀와 선자연 (3)

고 마지막 선자연을 막장이라고 한다. 이때 초장은 반쪽으로 치목하여 추녀에 붙여 고정한다.

#### 3.4.1 선자연의 형태

선자연의 형태는 크게 세 가지가 있는데 선자 서까래(선자연), 말굽 서까래, 나란히 서까래(평서까래)를 말한다. 선자 서까래는 추녀 옆면에 붙은 초장

을 시작으로 부채꼴(방사형)로 배치한 것이고, 말굽 서까래는 막장 서까래의 연장선상의 한 점에서 방사형으로 배치된다. 이때 추녀 옆면에 붙는 모양이 말굽 형태라 하여 말굽서까래라 불린다. 나란히 서까래의 경우 추녀와 관계없이 평서까래와 평행하게 걸린 서까래를 말한다. 이중 선자서까래는 가장 어려운 방법으로 궁궐건축이나 큰 저택의 경우나 심미적인 요소가 강조될 때 사용된다. 시간과 노력이 많이 소요되는 기술이라 중국과 일본에서는 사라진지 오래다.

#### 3.4.2 선자연 나누기

선자연 나누기는 평면상에서 이루어진다. 도편수 별로 각자 고유의 방법을 사용하는데, 모든 방법의 결론적인 형태는 각 장간의 간격이 동일해 보이게 보정하기 위함이다. 본 연구에서는 평면상에서 45도 각을 가진 선자연을 서까래의 개수 - 1 로 나누고 각 장간의 간격에 가중치를 주는 방식으로 접근하였다. 이 때에 초장부터 막장까지 가중치는 점점 증가하는 방식이다. <그림 15>는 본 논문에서 해석하는 선자연 나누기이며, <그림 16>은 제시된 방법을 통해 3D로 설계된 형상이다.

### 4. 지붕가구부 자동 설계와 구현

#### 4.1 지붕가구부 자동 설계 도구

지붕곡 결정과정과 전통방식의 지붕곡 생성방식에 근거하여 제안되는 지붕가구부 자동 설계 도구는 <그림 17>과 같은 시스템 구조를 가진다.

① 물매결정단계에서는 도리높이, 간격, 두께와 처마의 내각, 추녀곡과 같은 입력 값을 기반으로 지붕

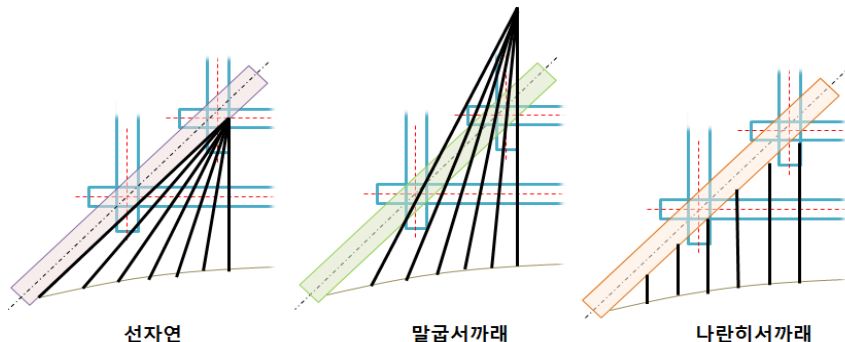
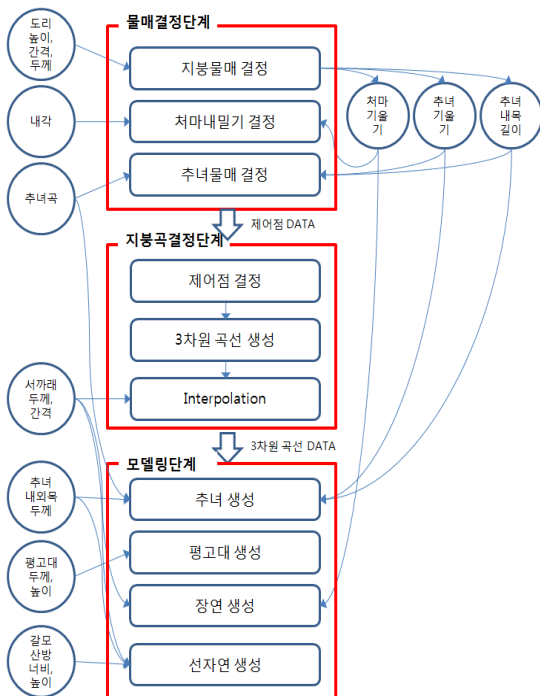
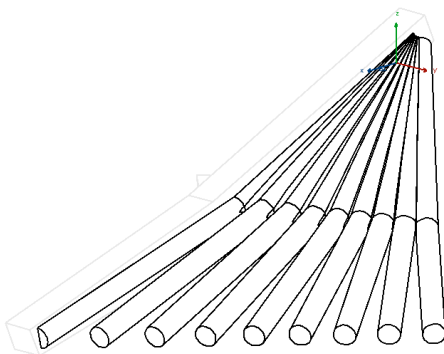
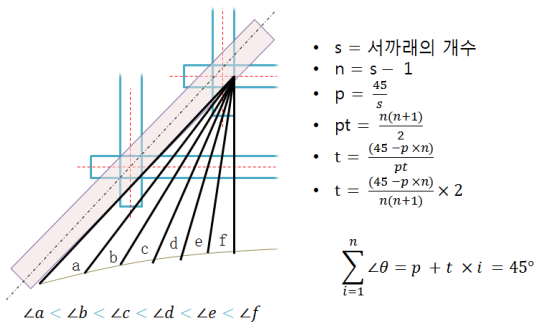


그림 14. 선자연의 형태



물매, 처마내밀기, 추녀물매를 결정한다. 이 때 결정된 정보를 기반으로 제어점 DATA를 추출한다.

② 지붕곡 결정단계에서는 ①단계에서 추출한 제어점 데이터를 이용하여 3차원 곡선, 즉 양곡과 안허리곡을 생성하고, 서까래의 배치 등을 위해 3차원곡선 데이터를 Interpolation하는 과정을 거친다.

③ 모델링 단계에서는 위 단계에서 발생된 2차 정보와 추녀의 내외목 두께, 평고대의 두께와 높이, 갈모산방의 크기와 높이, 3차원곡선 데이터를 이용하여 추녀, 평고대, 장연, 선자연 순으로 3차원 데이터를 설계한다.

즉, 지붕의 물매(도리간의 간격)를 정하고 추녀의 곡을 결정하면 3차원 곡선인 지붕곡선을 생성하여, 이 생성된 곡선에 맞추어 평면서까래, 선자연 서까래의 외목길이와 외목의 들림을 자동으로 설계해주는 방식이다.

## 4.2. 구현과 실험

구현 및 검증에서는 실측 데이터[9] 대입을 통해 실제 3D 설계를 진행해 보았다. Window 7 운영체제 환경에서 GRAPHISOFT 사의 Archicad 12 version 과 14, 17 version 환경에서 진행하였으며, 추녀, 서까래, 선자연은 개별적인 구성을 통해 제작하였으며, 이를 하나의 모듈에서 통합하여 구현하는 방식을 사용하였다. ArchiCAD 는 대표적인 3D건축 설계 툴로서 3D 구현 데이터를 실제 건축도면으로 활용에 있어 적합하며, 또한 3D 모델링 데이터의 변환을 통하여 부재 CAD 가공에 있어 용이하다.

### 4.2.1 구현

전통목조건축상의 축부 부재와 도리와 보, 동자주 등의 부재는 기 조립된 상태를 기준으로 구현하였으며, 구현 결과의 이해를 돕기 위해 서까래와 추녀 부재 하단에 Cylinder형태의 3D 형상을 배치하였다.

그림 18은 설계기법에서 사용되는 지붕가구부 부재들이며 그림 19는 완성된 지붕가구부 3D 설계 데이터들이다.

### 4.2.2 실험 및 비교

제안된 설계 도구를 실험해보기 위하여, 두 가지 조건으로 데이터를 비교하기로 한다. ① 물매가 10:5 이고 추녀곡이 125치 일 경우와 ② 물매가 10:4 이고

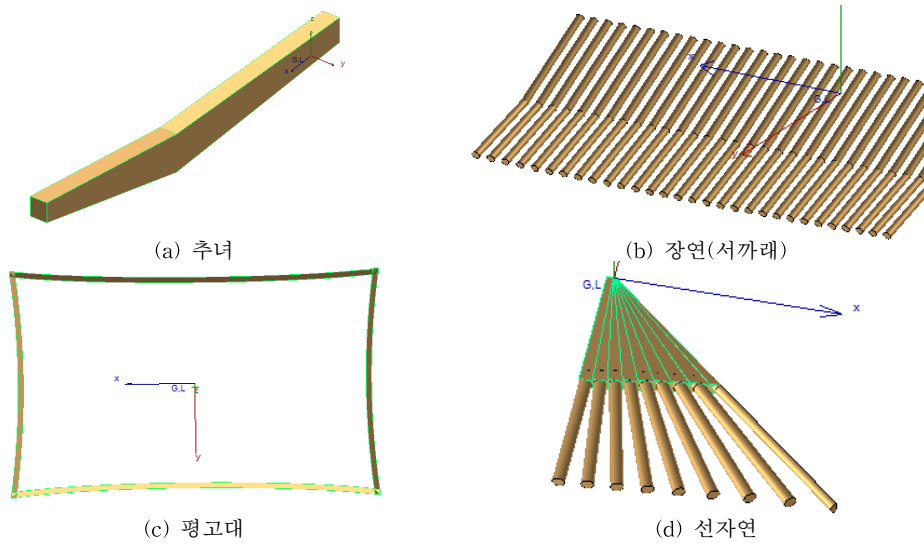


그림 18. 지붕가구부 부재

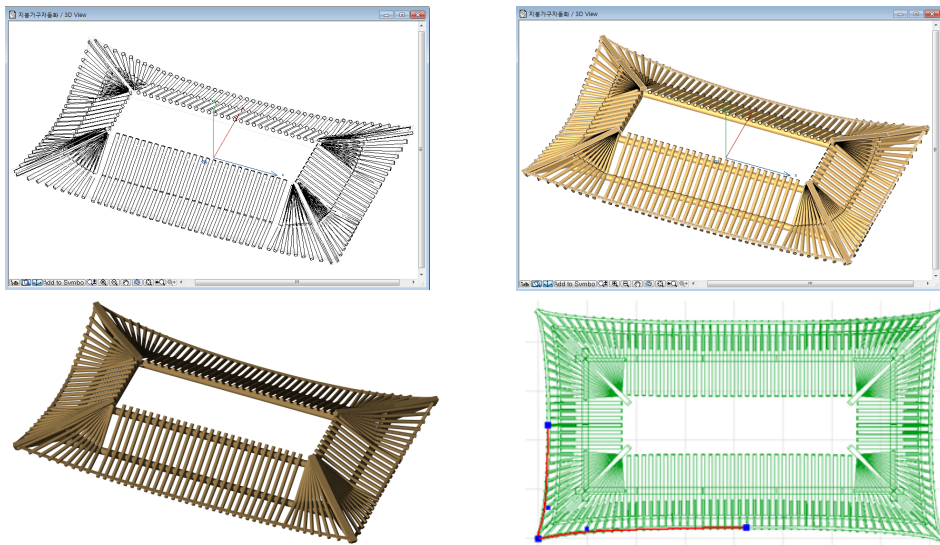


그림 19. 지붕가구부 3D 설계 데이터

추녀곡이 12.5치 일 경우로 데이터를 검증한다. 비교 방법으로는 생성된 지붕곡선에 상응하여 선자연 서까래와 평연 서까래의 외목길이와 외목 들림의 값이 정상적으로 반응되는지와 추녀곡이 그대로이고 지붕의 물매가 변화했을 때 지붕곡선중 양곡의 만곡도가 증가하는지를 비교해본다.

① 물매가 10:5 이고 추녀곡이 12.5치

Curve는 생성된 지붕곡선의 값이고, S GR은 서까래의 속성 변화값 이다. 정렬순서는 왼쪽 추녀에서부터 초

장, 이장, 삼장,... 평연 서까래 시작부터 정후면 중앙의 평연서까래 까지의 데이터이다. 이후의 데이터는 중앙을 중심으로 반복되는 데이터로 볼 수 있어 생략하였다.

② 물매가 10:4 이고 추녀곡이 12.5치

표 1, 표 2 모두 Curve와 SGR의 1~9 까지는 선자연부분의 데이터이다. 해당 번호대의 SGR 데이터는 그 이후 데이터와는 차이를 보인다. 기본적으로 커브의 y와 z값에 상응하여 SGR의 'Sgr\_Out\_Y' 서까래의 외목길이, 'Sgr\_Hgt\_Z' 서까래 외목들림의 값이

표 1. 지붕곡선과 서까래 데이터 시트 1

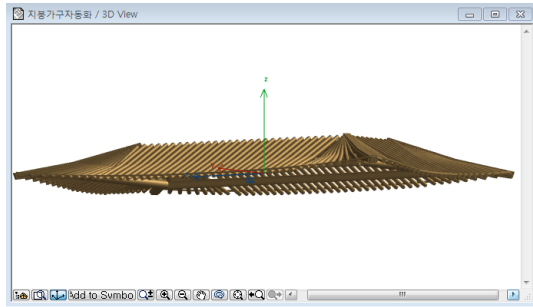
구분	No	y	z
curve	1	0.51763	-0.578728
curve	2	1.59977	-1.78859
curve	3	2.68899	-3.00639
curve	4	3.14932	-3.52105
curve	5	4.21179	-4.70892
curve	6	4.68415	-5.23704
curve	7	5.1581	-5.76693
curve	8	5.62619	-6.29027
curve	9	6.08242	-6.80035
curve	10	6.5219	-7.2917
curve	11	6.94059	-7.75982
curve	12	7.33518	-8.20098
curve	13	7.70286	-8.61206
curve	14	8.04132	-8.99047
curve	15	8.34859	-9.334
curve	16	8.37769	-9.36655
curve	17	8.64964	-9.67059
curve	18	8.88622	-9.9351
curve	19	9.08644	-10.159
curve	20	9.10902	-10.1842
curve	21	9.26626	-10.36
curve	22	9.38508	-10.4928
curve	23	9.39855	-10.5079
curve	24	9.47153	-10.5895
curve	25	9.50511	-10.627
curve	26	9.50703	-10.6292
curve	27	9.49377	-10.6144

구분	No	Sgr Out Y	Sgr Hgt Z
SGR	1	75.5183	9.29637
SGR	2	68.6431	9.41905
SGR	3	63.0653	9.29625
SGR	4	59.0812	9.93673
SGR	5	55.4248	9.55912
SGR	6	52.9413	9.97162
SGR	7	51.0627	10.3317
SGR	8	49.7501	10.6838
SGR	9	48.9911	11.0695
SGR	10	48.8404	5.95752
SGR	11	48.606	5.35158
SGR	12	48.3916	4.78053
SGR	13	48.1974	4.24841
SGR	14	48.0237	3.7586
SGR	15	47.87	3.31391
SGR	16	47.8556	3.27179
SGR	17	47.7233	2.87823
SGR	18	47.6107	2.53584
SGR	19	47.5172	2.24607
SGR	20	47.5068	2.2134
SGR	21	47.4348	1.98584
SGR	22	47.3811	1.81389
SGR	23	47.375	1.79439
SGR	24	47.3424	1.68877
SGR	25	47.3274	1.64017
SGR	26	47.3266	1.6374
SGR	27	47.3325	1.65658

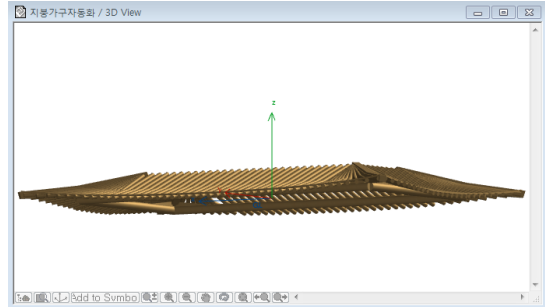
표 2. 지붕곡선과 서까래 데이터 시트 2

구분	No	y	z
curve	1	1.05747	-1.23321
curve	2	2.12201	-2.47466
curve	3	2.55507	-2.9797
curve	4	3.63825	-4.2429
curve	5	4.11194	-4.79531
curve	6	4.5957	-5.35946
curve	7	5.5812	-6.50874
curve	8	6.03009	-7.03223
curve	9	6.46557	-7.54008
curve	10	6.88298	-8.02686
curve	11	7.27847	-8.48808
curve	12	7.2988	-8.51179
curve	13	7.6727	-8.94783
curve	14	8.01674	-9.34905
curve	15	8.32899	-9.71319
curve	16	8.60782	-10.0384
curve	17	8.63701	-10.0724
curve	18	8.87725	-10.3526
curve	19	9.08061	-10.5897
curve	20	9.24628	-10.7829
curve	21	9.26501	-10.8048
curve	22	9.38583	-10.9457
curve	23	9.46736	-11.0407
curve	24	9.47546	-11.0502
curve	25	9.51007	-11.0905
curve	26	9.50478	-11.0844
curve	27	9.50075	-11.0797

구분	No	Sgr Out Y	Sgr Hgt Z
SGR	1	72.3429	8.53154
SGR	2	65.575	8.66929
SGR	3	60.7251	9.51176
SGR	4	56.167	9.23582
SGR	5	53.0197	9.73436
SGR	6	50.5363	10.1345
SGR	7	48.2562	9.74683
SGR	8	46.9788	10.1251
SGR	9	46.2533	10.5308
SGR	10	45.9486	7.17436
SGR	11	45.6685	6.59925
SGR	12	45.6543	6.56968
SGR	13	45.3956	6.02597
SGR	14	45.1628	5.52567
SGR	15	44.9558	5.07161
SGR	16	44.7745	4.66614
SGR	17	44.7557	4.62369
SGR	18	44.6025	4.27434
SGR	19	44.4748	3.97862
SGR	20	44.3721	3.73771
SGR	21	44.3606	3.71048
SGR	22	44.2866	3.53478
SGR	23	44.237	3.41623
SGR	24	44.2321	3.40445
SGR	25	44.2111	3.35412
SGR	26	44.2143	3.36181
SGR	27	44.2168	3.36767



① 지붕물매 10:5, 추녀곡 12.5치의 경우



② 지붕물매 10:4, 추녀곡 12.5치의 경우

그림 20. 실험결과 3D 모델링 비교

변동되는 것을 확인 할 수 있다. 이때 지붕곡선중 양곡의 만곡도가 고정된 지붕곡일 때 지붕물매에 따라 변동되는 것을 두 개의 표 'Curve 26' 데이터에서 확인할 수 있다. ①의 경우  $z$ 의 값이 -10.6292 이고, ②의 경우 -11.0844 임을 확인할 수 있다. 이 데이터는 ②의 지붕곡선이  $z$ 축의 음의 방향으로 좀 더 내려가 형성돼 있음을 알려준다. 즉 ② 지붕곡의 양곡의 만곡도가 더 큼을 뜻한다.

본 연구에서 제안된 전통방식의 지붕곡 설계방식에 근거한 지붕곡 자동 설계 도구는 이처럼 각 설계된 데이터를 즉각적으로 산출해 낼 수 있어 설계된 데이터의 내용을 검증해 볼 수 있다. 또한 그림 20과 같이 3D 모델링 결과를 통해서 육안으로도 변화를 검증해 볼 수 있다. <그림 20>에서 ②의 경우가 ①의 경우보다 지붕의 양곡이 일부 증가했음을 확인 해 볼 수 있다. 그림에서 변화한 만곡도를 그래프로 표현한 것이 <그림 21>이다. 육안으로도 변화를 파악할 수 있지만, 그래프를 통해 좀 더 명확한 변화치를 확인해 볼 수 있다.

또한 기존연구와 본 연구를 비교해 볼 때에, 기존의 연구들은 전통적 설계기법을 연구하고 제안하였으나 각 구성요소를 설계할 때 마다 수동으로 각 요소들을 재설계하거나 파라메트릭 모델링 기법을 적용하였지만, 이를 지붕곡에 적용할 때에는 각 구성요소를 지정한 지붕곡에 맞추어 재 수정하여야 하는 불편함이 있다. 이는 한옥설계의 생산성을 저하시키는 점이다. <표 3>은 기존연구와의 비교표이다. 본 연구에서는 지붕곡을 자동으로 설계 가능할 뿐만 아니라, 지붕곡을 추녀곡이나 지붕물매로 변경 가능하며, 변경된 지붕곡에 상응하여 지붕곡이 자동으로 재설계된다.

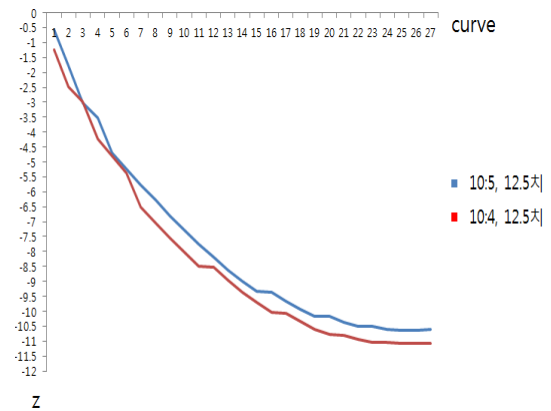


그림 21. 지붕물매 변화에 따른 양곡의 만곡도

표 3. 기존연구와 비교분석

	기존연구 A	기존연구 B	본 연구
전통적 설계기법	○	○	○
파라메트릭 모델링	-	○	○
지붕곡 자동 설계	수동	수동	○
지붕곡 변경에 따른 자동 재설계	-	-	○

## 5. 결 론

본 연구는 전통건축 방식의 지붕곡을 전산학적으로 재해석하여 각 구성요소간의 상관관계를 3D 데이터로 설계해주는 방법을 제시하였다. 해당 연구를 통해 다음과 같은 연구결과를 얻을 수 있었다.

첫째, 추녀의 추녀곡은 지붕물매와 상관관계가 있

다. 추녀뿔목의 들림과 내밀기로 인해서 안허리곡과 양곡이 결정되며, 이 때에 장연의 물매와 도리간의 간격도 지붕곡에 영향을 끼친다.

둘째, 안허리곡과 양곡, 즉 지붕곡선은 추녀곡에 따라 결정된다. 양 추녀 코 끝점과 전 후면 중앙에 위치한 장연 서까래 3점을 통과하는 3차원 곡선이다. 이 곡선은 현수곡선이며 베이지어 곡선을 통해 직관적으로 표현이 가능하다.

이상과 같은 전통건축의 축조 방식과 특성에 따라 지붕곡의 각 구성요소들에 대한 상관관계를 수식으로 정의하고, 분석된 데이터를 통해 결정된 지붕곡을 3차원 데이터 설계기법을 통해 구현하였다. 또한 이상관관계에 근거하여 지붕곡 구성요소가 변경되면 이에 따라 3D 데이터가 자동으로 변경될 수 있는 새로운 전통건축 3D 설계기법을 제안하고 이를 적용하는데 의의를 둔다. 또한 본 연구는 한옥의 다양한 지붕곡 설계를 가능하게 하며, 검증된 설계와 생산 및 가공을 쉽게 하여 한옥의 생산성을 높일 수 있다. 나아가 지붕곡 부재에 연동되는 가구부 구조 설계기법에 대한 후속 연구와 기와부 설계기법에 대한 후속 연구가 계속 진행된다면 전통건축의 설계에 있어 가장 난해한 부분을 해결하게 됨으로써 한옥의 현대화 및 활성화에 더욱 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대한다.

## 참 고 문 헌

- [1] 배지민, 전통목조건축의 지붕곡 결정과정에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문, 2003.
- [2] 오현탁, 전통건축의 지붕기울기 변화요인에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문, 2000.
- [3] 민영기, 한국전통주택의 추녀와 선자연 설계기법연구, 목원대학교 석사학위논문, 2011.
- [4] 이동섭, 김정현, 전봉희, “한옥 지붕의 파라메트릭 모델링 방법론,” 한국건축역사학회 춘계학술발표대회논문집, pp. 151-156, 2011.
- [5] 안은영, “한옥 건축공정 자동화를 위한 지능형 설계모듈의 구현,” 한국멀티미디어학회 논문지, 제15권, 제9호, pp. 1156-1164, 2012.
- [6] 김동현, 한국목조건축의 기법, 발언, 서울, 2008.
- [7] 장기인, 한국건축대계 V 목조, 보성각, 서울, 2003.
- [8] 김영성, 한국 전통건축의 처마깊이와 지붕물매에 관한 연구, 명지대학교 석사학위논문, 2010.
- [9] 김왕직, 그림으로 보는 한국건축용어, 발언, 서울, 2000.
- [10] 이민섭, 한국고건축 지붕형태에 관한 연구, 고려대학교 박사학위논문, 1987.
- [11] 문화재청, 韓國의 전통가옥 10, 중요민속자료(제134호) 기록보고서, 2006.
- [12] 신영훈, 우리가 알아야 할 우리 한옥건축, 현암사, 서울, 2003.
- [13] Graphisoft, ArchiCAD12 GDL Reference Manual, 2009.
- [14] David Nicholson-Cole, *The GDL Cookbook 3*, Alpha Graphics, Nottingham, 2003.

## 안 은 영

1989년 2월 동국대학교 전자계산학과 학사  
1991년 2월 동국대학교 컴퓨터공학 석사  
2000년 8월 동국대학교 컴퓨터공학 박사



2000년 3월~2006년 3월 백석대학교 정보통신학부 조교수  
2006년~현재 한밭대학교 정보통신공학과 부교수  
관심분야: 문화융합콘텐츠, 컴퓨터그래픽스, 가상현실, 이러닝, 유체가시화

## 이 현 민

2007년 2월 한밭대학교 컴퓨터공학과 학사  
2014년 2월 한밭대학교 멀티미디어공학 석사  
관심분야: 문화융합콘텐츠, 컴퓨터그래픽스, 가상현실, 시뮬레이터

