



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0102492
(43) 공개일자 2015년09월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 17/50 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0024434

(22) 출원일자 2014년02월28일

심사청구일자 2014년02월28일

(71) 출원인

한밭대학교 산학협력단

대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)

(72) 발명자

안은영

대전 서구 둔산남로 127, 203동 902호 (둔산동, 목련아파트)

이현민

대전 서구 유등로17번길 109, 502동 507호 (복수동, 초록마을5단지)

(74) 대리인

추혁, 박종경, 원성수

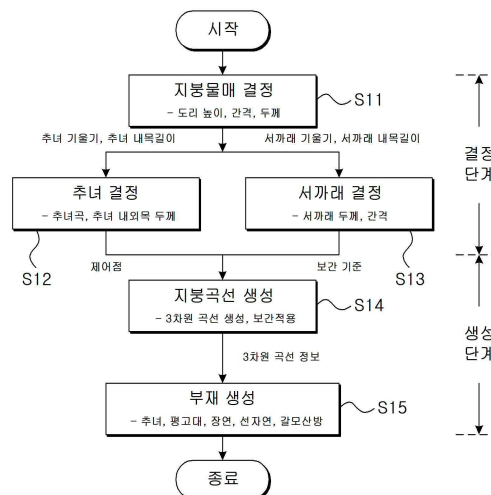
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법**

(57) 요약

본 발명은 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법에 관한 것으로서, 도리의 높이, 간격 및 두께로부터 지붕물매(기울기)를 결정하고, 지붕물매로부터 획득된 추녀 및 서까래의 기울기 및 내목길이에 따라 추녀 곡 및 추녀 내외목 두께로부터 추녀를 결정하고, 서까래 두께 및 간격으로부터 서까래를 결정하는 결정 단계와, 추녀의 결정 단계에서 생성된 추녀의 끝점이 포함된 제어점과, 서까래의 결정 단계에서 생성된 3차원 곡선의 보간에 사용될 보간 기준을 이용하여 3차원 곡선을 생성하고, 결정단계에서 결정된 부재정보와 3차원 곡선을 이용하여 추녀, 평고대, 장연, 선자연, 갈모산방의 3차원 데이터를 설계하는 생성 단계를 포함한다. 본 발명에 따르면, 부재간의 상관관계를 근거로 하여 지붕곡의 속성이 변경되면, 지붕곡에 영향을 미치는 여러 개의 부재들이 자동으로 재설계됨으로써 전통건축 설계의 효율을 높일 수 있다.

대표도 - 도17



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012H1B8A2025982

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 지역혁신인력양성사업

연구과제명 3D 영상산업 인력 양성을 위한 다시점 비디오 부호화 및 자유시점 비디오 재현 기술 연구
(세부과제 : 휴먼팩터를 고려한 3차원 영상 콘텐츠 생성 기술의 개발)

기 여 율 1/1

주관기관 한밭대학교 산학협력단

연구기간 2013.04.01 ~ 2014.03.31

특허청구의 범위

청구항 1

(a) 도리의 높이, 간격 및 두께로부터 지붕물매(기울기)를 결정하고, 상기 지붕물매로부터 획득된 추녀 및 서까래의 기울기 및 내목길이에 따라 추녀곡 및 추녀 내외목 두께로부터 추녀를 결정하고, 서까래 두께 및 간격으로부터 서까래를 결정하는 결정 단계; 및

(b) 상기 추녀의 결정 단계에서 생성된 상기 추녀의 끝점이 포함된 제어점과, 상기 서까래의 결정 단계에서 생성된 3차원 곡선의 보간에 사용될 보간 기준을 이용하여 3차원 곡선을 생성하고, 상기 단계 (a)에서 결정된 부재정보와 상기 3차원 곡선을 이용하여 추녀, 평고대, 장연, 선자연, 갈모산방의 3차원 데이터를 생성하는 생성 단계를 포함하는 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 지붕물매의 결정 단계에서는,

상기 지붕물매의 결정을 통해 종도리, 중도리, 주심도리를 포함하는 도리 각각의 높이정보와 간격정보가 결정되고,

상기 종도리와 상기 주심도리간의 상기 높이정보와 상기 간격정보에 피타고라스의 정리를 적용하여 상기 추녀와 서까래의 기울기, 추녀와 서까래의 내목길이를 계산하는 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제어점은,

지붕곡선의 양쪽 끝에 해당하는 추녀의 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 2개점으로 구성되는 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제어점을 이용하여 3차원 베이지어 곡선을 생성하는 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 추녀의 3차원 데이터는,

상기 3차원 곡선의 생성에 사용된 제어점 중에서 양쪽 추녀의 끝점과, 추녀곡, 추녀의 내목길이, 추녀의 내목 두께 정보, 추녀의 외목 두께 정보를 포함하는 특징점을 계산하여 생성하는 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 평고대의 3차원 데이터는,

상기 3차원 곡선의 좌표에 따라 평고대의 외형을 배열한 외곽점을 연결하여 생성하는 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 장연의 3차원 데이터는,

상기 장연을 외목과 내목으로 나누고, 상기 내목은 상기 서까래의 내목길이를 사용하고, 상기 외목은 각각의 장연이 위치될 x좌표상의 상기 3차원 데이터의 좌표를 가져와 외목의 길이와 외목의 들림(서까래 곡)을 결정하여 생성하는 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 선자연의 3차원 데이터는,

상기 추녀에 인접한 첫 번째 서까래부터 마지막 서까래까지의 간격에 아래식의 가중치 t 를 다르게 부여하여 생성하는 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법.

$$t = \frac{(45 - p \times n)}{n(n+1)} \times 2$$

$$(s = \text{서까래의 개수}, n = s - 1, p = \frac{45}{s})$$

$$\sum_{i=1}^n \angle \theta = p + t \times i = 45^\circ$$

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 갈모산방의 3차원 데이터는,

상기 추녀곡에서 선자연 위로 덮일 개판의 두께와 서까래의 두께를 뺀 나머지가 갈모산방의 높이가 되고, 상기 추녀의 중심선 위치에서 선자연 서까래의 초장까지의 수평거리를 갈모산방의 폭으로 하여 생성하는 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전통건축 방

식의 지붕가구부를 구성하는 부재들간의 기하학적 상관관계를 3D 데이터로 설계할 수 있도록 하는 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

한옥이라 불리어지는 전통건축은 전통으로의 회귀, 그리고 자연 속에서 살고자 하는 현대인의 욕구에 발맞추어 대중의 관심대상이 되고 있다. 쉽게는 집집마다 친환경 원목가구를 구매하고자 하는 것이 그 대표적인 예일 것이다. 그 만큼 친환경과 나무는 떼어놓고 생각하기 어렵다. 이에 집의 기초 구성 자체가 나무로 되어 있고, 구성방식이 친환경적인 한옥이 대두되는 건 당연하다할 것이다. 하지만, 한옥을 주거공간으로 사용하는 경우를 주변에서 쉽게 찾아보기 어렵다. 그 이유는 한옥은 짓기 어렵다는 대중의 판단 때문이다. 한옥은 실제로 일반인이 짓기 어려운 건축 공법을 가지고 있다. 또한 전통을 따르는 축조방식은 시공비용의 상승으로 이어진다. 이러한 한옥을 크게 바닥, 벽, 지붕으로 나누어 볼 때, 지붕은 그 집의 모양을 결정하는 중요한 요소로서, 시공기간과 시공비용 상승에 중요한 요인으로 작용한다. 그 이유는 한옥이 가지는 아름다움인 지붕곡을 표현하기가 쉽지 않기 때문이다.

[0003]

이와 같은 문제를 해결하기 위한 여러 시도들이 있었으며, 한옥이 가지는 지붕곡을 전통적인 축조 및 가공방식에 따라 분석한 연구들과, 지붕곡이 가지는 의미를 분석한 연구가 주류를 이루고 있다. 일부에서는 전통부재들을 파라메트릭한 방식으로 설계하여 이를 활용하고자 하는 시도가 있었다[1][2][3][4]. 그러나 기존의 지붕곡 분석에 대한 연구는 전통적인 방식에 대한 분석에만 집중되어 있으며, 파라메트릭 설계방식에 의한 연구 또한 개별적인 부재의 생성방식에 대한 제안을 하였을 뿐, 원하는 지붕곡을 설계하는데 있어서는 여전히 수동적인 방식에 의해 지붕을 설계할 수 밖에 없었다.

[0004]

이에, 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 설계도구가 필요하다할 것이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005]

(특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2013-0005712호(공개일 2013.01.16.)

비특허문헌

[0006]

- (비특허문헌 0001) [1] 배지민, "전통목조건축의 지붕곡 결정과정에 관한 연구," 서울대학교, 2003.
- (비특허문헌 0002) [2] 오현탁, "전통건축의 지붕기울기 변화요인에 관한 연구," 서울대학교, 2000.
- (비특허문헌 0003) [3] 민영기, "한국전통주택의 추녀와 선자연 설계기법연구," 목원대학교, 2011.
- (비특허문헌 0004) [4] 이동섭, "한옥 지붕의 파라메트릭 모델링 방법론," 한국건축역사학회 춘계학술발표대회, 2011.
- (비특허문헌 0005) [5] 김동현, 한국목조건축의 기법, 발언, 2008.
- (비특허문헌 0006) [6] 장기인, 한국건축대계Ⅴ 목조, 보성각, 2003.
- (비특허문헌 0007) [7] 김영성, "한국 전통건축의 처마깊이와 지붕물매에 관한 연구," 명지대학교, 2010.

(비특허문헌 0008) [8] 김왕직, 그림으로 보는 한국건축용어, 발언, 2000.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서, 본 발명은 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 이루어진 것으로서, 본 발명의 목적은 지붕곡을 형성하는 지붕가구부 부재들간의 상관관계를 전통건축 축조 방식에 근거하여 함수식으로 정의하고, 분석된 데이터를 근거로 사용자가 원하는 지붕면을 구성하기 위한 각 부재들의 3차원 데이터를 자동 생성할 수 있도록 하는 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법은, (a) 도리의 높이, 간격 및 두께로부터 지붕물매(기울기)를 결정하고, 상기 지붕물매로부터 획득된 추녀 및 서까래의 기울기 및 내목길이에 따라 추녀곡 및 추녀 내외목 두께로부터 추녀를 결정하고, 서까래 두께 및 간격으로부터 서까래를 결정하는 결정 단계; 및 (b) 상기 추녀의 결정 단계에서 생성된 상기 추녀의 끝점이 포함된 제어점과, 상기 서까래의 결정 단계에서 생성된 3차원 곡선의 보간에 사용될 보간 기준을 이용하여 3차원 곡선을 생성하고, 상기 단계 (a)에서 결정된 부재정보와 상기 3차원 곡선을 이용하여 추녀, 평고대, 장연, 선자연, 갈모산방의 3차원 데이터를 생성하는 생성 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 상기 지붕물매의 결정 단계에서는, 상기 지붕물매의 결정을 통해 종도리, 중도리, 주심도리를 포함하는 도리 각각의 높이정보와 간격정보를 결정되고, 상기 종도리와 상기 주심도리간의 상기 높이정보와 상기 간격정보에 피타고라스의 정리를 적용하여 상기 추녀와 서까래의 기울기, 추녀와 서까래의 내목길이를 계산한다.

[0010] 상기 제어점은, 지붕곡선의 양쪽 끝에 해당하는 추녀의 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 2개점으로 구성된다. 이 때, 상기 제어점을 이용하여 3차원 베이지어 곡선을 생성한다.

[0011] 상기 추녀의 3차원 데이터는, 상기 3차원 곡선의 생성에 사용된 제어점 중에서 양쪽 추녀의 끝점과, 추녀곡, 추녀의 내목길이, 추녀의 내목 두께 정보, 추녀의 외목 두께 정보를 포함하는 특징점을 계산하여 생성한다.

[0012] 상기 평고대의 3차원 데이터는, 상기 3차원 곡선의 좌표에 따라 평고대의 외형을 배열한 외곽점을 연결하여 생성한다.

[0013] 상기 장연의 3차원 데이터는, 상기 장연을 외목과 내목으로 나누고, 상기 내목은 상기 서까래의 내목길이를 사용하고, 상기 외목은 각각의 장연이 위치될 x좌표상의 상기 3차원 데이터의 좌표를 가져와 외목의 길이와 외목의 들림(서까래 곡)을 결정하여 생성한다.

[0014] 상기 선자연의 3차원 데이터는, 상기 추녀에 인접한 첫 번째 서까래부터 마지막 서까래까지의 간격에 가중치를 다르게 부여하여 생성한다.

[0015] 상기 갈모산방의 3차원 데이터는, 상기 추녀곡에서 선자연 위로 덮일 개판의 두께와 서까래의 두께를 뺀 나머지가 갈모산방의 높이가 되고, 상기 추녀의 중심선 위치에서 선자연 서까래의 초장까지의 수평거리를 갈모산방의 폭으로 하여 생성한다.

발명의 효과

[0016] 상술한 바와 같이, 본 발명에 의한 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법에 따르면, 부재간의 상관관계를 근거로 하여 지붕곡의 속성이 변경되면, 지붕곡에 영향을 미치는 여러 개의 부재들이 자동으로 재설계됨으로써 전통건축 설계의 효율을 높일 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명에 따르면, 한옥의 다양한 지붕곡 설계를 보장하면서도 체계적인 설계와 규격화된 생산 및 가공을 가능하게 하여 한옥의 보급에 크게 기여할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1a 내지 도 1c는 전통건축의 세가지 지붕유형을 나타낸 도면이다.
 도 2a 및 도 2b는 양곡과 안허리곡을 각각 나타낸 도면이다.
 도 3은 지붕곡 결정과정의 흐름도이다.
 도 4a 및 도 4b는 추녀와 가구부 구조를 각각 나타낸 도면이다.
 도 5는 추녀 길이를 나타낸 도면이다.
 도 6a 및 도 6b는 추녀의 3D 형성요소와 특징점을 각각 나타낸 도면이다.
 도 7은 추녀의 작도기법에 따른 3D 설계 요소를 나타낸 도면이다.
 도 8은 지붕곡 제어점을 나타낸 도면이다.
 도 9는 베이지어 곡선과 제어점을 나타낸 도면이다.
 도 10은 서까래 좌판을 나타낸 도면이다.
 도 11은 서까래 나이매기기를 나타낸 도면이다.
 도 12는 선자연 번호를 나타낸 도면이다.
 도 13은 추녀와 선자연의 참고도이다.
 도 14a 내지 도 14c는 선자연의 형태를 나타낸 도면이다.
 도 15는 선자연을 나누는 개념을 나타낸 도면이다.
 도 16은 선자연 3D 설계 데이터의 결과물이다.
 도 17은 본 발명의 시스템 구성을 나타낸 도면이다.
 도 18a 내지 도 18d는 추녀, 장연(서까래), 평고대 및 선자연을 각각 나타낸 도면이다.
 도 19a 내지 도 19d는 지붕가구부 3D 설계 데이터를 나타낸 도면이다.
 도 20a 및 도 20b는 지붕물매 변화에 따른 3D 모델링 결과를 비교한 도면이다.
 도 21은 지붕물매 변화에 따른 양곡의 만곡도를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 본 발명의 전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법에 대하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0020] 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. 도 1과 같은 세 가지 지붕 유형은 기본형이 되어 여러 가지 복합 형식의 지붕 형태를 낳게 한다[5].

[0021] 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 둘의 출현은 그 절충식인 팔작지붕으로 발전되었다고 할 수 있다[6]. 이처럼 팔작지붕은 맞배지붕의 특성과 우진각지붕의 특성을 모두 가지고 있는 절충식으로서, 팔작지붕의 목구조상의 특성을 분석하면 나머지 맞배지붕과 우진

지붕곡의 특성을 모두 분석한 것 같은 효과를 낼 수 있다. 또한 한국전통건축의 지붕물매에 관한 연구에서 전통 건축물의 유형을 맞배, 팔작, 우진각의 지붕형태를 중심으로 사찰 궁궐, 향교 등의 비슷한 격식을 갖춘 건축물을 선정해 분류해본 결과 주로 팔작지붕을 선호하였다는 결과가 나타났다[7]. 이에 본 발명에서는 팔작지붕의 지붕가구부를 대상으로 전통목조건축의 지붕곡을 분석하고 이를 본 발명의 설계기법에 적용하고자 한다.

[0022] 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 휘어내민 것을 말한다.

[0023] 전통건축의 처마가 가지는 이러한 곡선들은 단지 아름답게 하려는 이유만은 아니다. 근본적인 이유는 지붕의 물매가 곡선인데 있다. 옥음지붕의 곡선으로 만들어진 지붕의 물매가 팔작지붕의 네 면에서 만나 자연스럽게 도 2와 같은 양곡(붉은색 라인)과 안허리곡(붉은색 라인)이 만들어지게 된다[8].

[0024] 지붕곡에는 이처럼 옥음지붕의 지붕물매 곡선이 영향을 주지만, 지붕물매 하나의 요소로만 결정되어지는 것은 아니다.

[0025] 지붕곡이 결정되어지는 과정은 도 3과 같다. 우선 지붕의 물매를 결정한다(S1). 물매란 기울기를 말하며, 이는 초기 설계과정에서 결정된다. 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(S2). 그 다음으로 처마내밀기를 결정하는데 처마내밀기는 서까래가 건물 외부로 돌출되어 있는 정도를 말한다(S3). 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(S4).

[0026] 지붕곡 결정과정에서 언급된 추녀, 서까래는 전통목조건축 구조상 지붕가구부에 속한다. 지붕가구부란 지붕의 뼈대 즉 기와가 지붕의 껍질이라면, 지붕가구부는 그 안쪽의 뼈, 골조를 의미하고, 추녀와 서까래 외에도 선자연, 평고대, 갈모산방이 이를 구성한다.

[0027] 추녀

[0028] 추녀는 지붕곡에 중요한 영향을 끼치는 중요 요소로서, 도 4의 가구부 구조에서 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.

[0029] 추녀 길이는 도 5와 같이 뺄목길이, 내목길이, 내목밀기(뒗초리)로 구성된다. 추녀의 뺄목길이는 외목왕치도리에서 추녀 끝까지의 길이를 말하고, 일반적으로 처마 안허리곡은 평연(면처마) 뺄목길이의 1/4정도를 더 내민다. 따라서 추녀의 외목길이는 평연의 뺄목길이에 안허리곡을 더한 치수에 $\cos(45^\circ)$, 즉 $\sqrt{2}$ 배가 되고, 전체 뺄목길이는 이것에 평고대 폭과 추녀머리(장식)을 더한 것이다. 추녀의 내목길이는 외목왕치도리에서 내목왕치도리까지의 길이를 말하며, 이는 내목왕치에서 외목왕치까지의 수평거리에 물매를 감안한 길이이다.

[0030] 또 한가지 중요한 점은 추녀의 하중의 중심점이 외목왕치 위에 있다는 것이다. 그렇다면 추녀의 하중이 외목왕치로 벗어나 추녀의 끝이 밑으로 처지는 현상을 추녀의 내목밀기(뒗초리)로 어느 정도 보완해 준다고 해도, 기본적으로 추녀의 전체 뺄목길이에서 추녀머리(장식)을 제외한 길이, 즉 외목길이는 추녀의 내목길이에 근사해야 한다. 위의 내용을 토대로 (식 2)과 같은 결과를 얻을 수 있다.

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

여기서, x는 물매이며, 도리간격은 내목왕치와 외목왕치간의 평면상의 간격

$$\begin{aligned} \text{추녀내목길이} &= \text{추녀외목길이}(\text{내민길이}) \\ \text{평면외목길이} &= \text{추녀외목길이} / \sqrt{2} \cdot \text{안허리곡} \quad \text{--- (식 2)} \end{aligned}$$

추녀는 추녀곡과 추녀 내목길이를 작도되어 치목되는데, 여기서 추녀곡이란 추녀의 휘어진 정도의 척도를 나타내는 것으로, 추녀 끝과 내목왕치도리를 이은 선에 외목왕치 중심에서 내린 수선의 길이이다. 도 6a는 추녀곡과 추녀 내목길이, 그리고 위에서 얻어진 결과를 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 도 6b와 같으며, 도 7은 이를 다시 추녀의 치목단계상의 작도기법에 따른 3D 설계요소로 분석한 내용이다.

도 7에서 D는 추녀의 내목길이 값이며, 내목 왕치도리와 외목 왕치도리 사이의 거리값이다. 이 때, 주어진 추녀 곡 GG 값을 기준으로 외목의 길이를 계산한다. 기존연구에서는 해당 외목 길이의 값을 임의의 값으로 입력받아 계산하는 방식을 사용했으나, 본 발명에서는 추녀의 외목길이를 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. 이 때, p5는 추녀코라고도 불리며, 지붕곡의 양쪽 끝점이 된다.

p1~p2 : 추녀의 내목밀기(뒷초리)

p2~p3 : 추녀의 내목두께

p4~p7 : 추녀곡

p5~p6 : 추녀의 외목두께

평고대

평고대는 추녀와 추녀를 연결하는 가늘고 긴 각재로 처마선을 따라 각 서까래를 고정해주는 부재이다. 따라서 평고대 곡선이 양곡과 안허리곡이다. 통상 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.

평고대 곡선, 즉 우리가 지붕곡선 또는 처마곡선이라고 부르는 곡선은 현수곡선과 유사하다. 이러한 평고대 곡선은 도 8과 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.

[0044] 실제 시공 시에는 곡선을 만들기 위해 전면과 후면 중앙에 서까래를 걸고 실을 띄워 평고대곡선을 조정했다면, 3D 설계 시에는 현수곡선을 표현하기 위한 방법으로 베이지어 곡선을 사용할 수 있다. 도 9에서 보는 바와 같이 4개의 제어점을 가지고 평고대에 사용될 곡선을 생성한다. 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.

[0045] 제어점① : (0, 0, 0)

[0046] 제어점② : (x, y, z)

[0047] 제어점③ : (A-x, y, z)

[0048] 제어점④ : (A, 0, 0)

[0049] A = 양 추녀끝점 간의 간격

[0050] X = 추녀끝점과 막장까지의 수평거리

[0051] Y = 추녀곡

$$Z = \text{추녀곡} \times \frac{\sqrt{10^2 + (10-x)^2}}{x}$$

[0052]

[0053] x는 물매이며, 도리간격은 내목왕치와 외목왕치 간의 평면상의 간격이다. 물매 x라는 것은 수평거리 10일때 수직높이 x라는 것을 의미한다.

[0054] 서까래

[0055] 서까래는 도리와 도리 사이에 걸리는데, 5량집의 경우, 서까래는 장연과 단연으로 구분된다. 장연은 내목도리(중도리)에서 외목도리 사이에 없는 것이고, 단연은 중도리와 내목도리(중도리) 사이에 없는 것이다.

[0056] 서까래는 걸리는 위치에 따라 지붕곡에 상응하는 곡을 가져야 한다. 이 때, 도편수 또는 건물마다 도 10과 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 도 11이며 서까래 나이매기기라고 한다.

[0057] 외목에 걸리는 위치에 따라 곡이 다른 서까래가 걸리게 된다. 전 후면 정중앙에 '0'번 서까래가 걸리고, 좌우로 점점 높은 번호의 서까래가 선자서까래 전까지 걸리게 된다.

[0058] 선자연

[0059] 선자연은 도 12와 도 13과 같이 추녀의 옆면에 붙여 서까래를 부채살 모양으로 배열하는 것으로, 지붕가구부 가공에 있어 가장 어려운 부분이다. 보통 선자연 시공을 얼마나 짧은 시간에 끝내느냐에 따라 해당 도편수의 능력을 평가하기도 한다. 추녀의 옆면부터 시작해서 초장, 이장, 삼장... 그리고 마지막 선자연을 막장이라고 한다. 이 때, 초장은 반쪽으로 치목하여 추녀에 붙여 고정한다.

[0060] 선자연의 형태는 도 14에서와 같이 크게 세 가지가 있는데 선자서까래(선자연), 말굽서까래, 나란히서까래(평서

까래)를 말한다. 선자서까래는 추녀 옆면에 붙은 초장을 시작으로 부채꼴(방사형)로 배치한 것이고, 말굽서까래는 막장 서까래의 연장선상의 한점에서 방사형으로 배치된다. 이 때, 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.

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

s = 서까래의 개수

$$n=s-1$$

$$p=\frac{45}{s}$$

$$pt=\frac{n(n+1)}{2}$$

$$t=\frac{(45-p \times n)}{pt}$$

$$t=\frac{(45-p \times n)}{n(n+1)} \times 2$$

$$\sum_{i=1}^n \angle \theta = p + t \times i = 45^\circ$$

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

전통건축 지붕곡 구조분석을 통한 지붕가구부 설계기법의 구조는 크게 결정단계와 생성단계로 나누어 볼 수 있다.

S11 : 지붕물매를 결정하는 단계에서는 지붕의 물매(기울기)를 결정함으로서 도리(종도리, 중도리, 주심도리) 각각의 높이정보와 간격이 결정되고, 중도리와 주심도리간의 높이와 간격정보에 피타고라스의 정리를 적용하여 추녀와 서까래의 기울기, 추녀와 서까래의 내목길이를 계산한다.

S12, S13 : 추녀와 서까래의 정보를 결정하는 단계에서는 상기 S11 단계에서 계산된 기울기와 내목길이 값 이외에 추가적으로 추녀곡, 추녀 내외목 두께, 서까래 두께, 간격을 결정함으로써, 추녀의 끝점이 포함된 제어점 정보와, 3차원 곡선의 보간에 사용될 보간 기준이 결정된다. 여기서 제어점은 총 4개로 구성되며, 지붕곡선의 양쪽 끝에 해당하는 추녀의 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 2개점으로 구성된다.

[0073] S14 : 지붕곡선 생성단계에서는 상기 S12, S13 단계에서 계산된 3차원 제어점 4개를 이용하여 3차원 베이지어 곡선을 생성한다. 생성된 3차원 베이지어곡선은 각각의 점 데이터를 이어 만든 곡선으로, 곡선의 곡률의 차가 큰 부분에 데이터가 밀집해 있고, 곡률의 차가 적은 직선에 가까운 부분에는 데이터가 희박하다. 이에 이를 부재생성에 이용하기에는 무리가 있고, 상기 S12, S13 단계에서 결정된 보간 기준 즉, 서까래의 간격 정보를 이용해 보간법을 적용시킨다.

[0074] S15 : 부재 생성단계에서는 상기 S11, S12, S13 단계에서 결정된 부재정보와 상기 S14 단계에서 생성된 3차원 곡선 정보를 이용하여 추녀, 평고대, 장연, 선자연, 갈모산방 순으로 3차원 데이터를 설계한다.

[0075] 추녀의 경우 3차원곡선 생성에 사용된 제어점 중 양쪽 추녀의 끝점 즉 추녀의 코의 좌표와 추녀곡, 추녀의 내목 길이, 내외목 두께 정보를 이용하여 총 7개의 특징점을 계산하여 이를 기준으로 생성한다.

[0076] 평고대의 경우 평고대의 생성된 3차원 곡선데이터의 좌표에 따라 평고대의 외형을 배열하고 이 외형의 외곽점을 연결하여 생성한다.

[0077] 장연의 경우 크게 외목과 내목으로 나누고 내목의 경우 상기 S11 단계에서 결정된 내목길이를 사용하고 외목의 경우에는 각각의 장연이 위치될 x좌표상의 3차원곡선 데이터의 좌표를 가져와 외목의 길이와 외목의 들림(서까래 곡)을 결정하여 생성한다.

[0078] 선자연의 경우 장연과는 다르게 45°의 각안에 서까래가 부채꼴 형태로 배열된 형태로, 각 서까래간의 간격이 동일해 보이게 하기 위해서 첫 번째 서까래부터 마지막 서까래까지의 간격에 가중치 t를 다르게 주어 생성한다. t는 아래 식과 같은 구조 분석을 통해 계산한다.

$$t = \frac{(45 - p \times n)}{n(n+1)} \times 2$$

[0079]

$$(s = \text{서까래의 개수}, n = s - 1, p = \frac{45}{s})$$

[0080]

$$\sum_{i=1}^n \angle \theta = p + t \times i = 45^\circ$$

[0081]

[0082] 갈모산방의 경우 3차원곡선의 곡률의 편차가 큰 부위인 선자연 서까래의 곡을 보정해주는 부재로, 선자연과 추녀에 종속된다. 추녀곡에서 선자연 위로 덮일 개판의 두께와 서까래의 두께를 뺀 나머지가 갈모산방의 높이가 되고, 추녀의 중심선 위치에서 선자연서까래의 초장까지의 수평거리를 갈모산방의 폭으로 하여 생성한다.

[0083] 실측데이터 대입을 통해 실제 3D 설계를 구현 및 이의 결과가 도 18 및 도 19에 도시되어 있다. 도 18은 설계기법에서 사용되는 지붕가구부 부재들이며, 도 19는 완성된 지붕가구부 3D 설계 데이터들이다.

[0084] 또한, 제안된 설계 기법을 실험해 보기 위하여, 두 가지 조건으로 데이터를 비교하기로 한다. ① 물매가 10:5 이고 추녀곡이 12.5치 일 경우와 ② 물매가 10:4 이고 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 변하였을 때에 지붕 곡선중 양곡의 만곡도가 증가하는지를 비교해 본다.

① 물매가 10:5 이고 추녀곡이 12.5치

[표 1] 지붕곡선과 서까래 데이터 시트 1

구분	No	y	z	구분	No	Sgr_Out_Y	Sgr_Hgt_Z
curve	1	0.51763	-0.578728	SGR	1	75.5183	9.29637
curve	2	1.59977	-1.78859	SGR	2	68.6431	9.41905
curve	3	2.68899	-3.00639	SGR	3	63.0653	9.29625
curve	4	3.14932	-3.52105	SGR	4	59.0812	9.93673
curve	5	4.21179	-4.70892	SGR	5	55.4248	9.55912
curve	6	4.68415	-5.23704	SGR	6	52.9413	9.97162
curve	7	5.1581	-5.76693	SGR	7	51.0627	10.3317
curve	8	5.62619	-6.29027	SGR	8	49.7501	10.6838
curve	9	6.08242	-6.80035	SGR	9	48.9911	11.0695
curve	10	6.5219	-7.2917	SGR	10	48.8404	5.95752
curve	11	6.94059	-7.75982	SGR	11	48.606	5.35158
curve	12	7.33518	-8.20098	SGR	12	48.3916	4.78053
curve	13	7.70286	-8.61206	SGR	13	48.1974	4.24841
curve	14	8.04132	-8.99047	SGR	14	48.0237	3.7586
curve	15	8.34859	-9.334	SGR	15	47.87	3.31391
curve	16	8.37769	-9.36655	SGR	16	47.8556	3.27179
curve	17	8.64964	-9.67059	SGR	17	47.7233	2.87823
curve	18	8.88622	-9.9351	SGR	18	47.6107	2.53584
curve	19	9.08644	-10.159	SGR	19	47.5172	2.24607
curve	20	9.10902	-10.1842	SGR	20	47.5068	2.2134
curve	21	9.26626	-10.36	SGR	21	47.4348	1.98584
curve	22	9.38508	-10.4928	SGR	22	47.3811	1.81389
curve	23	9.39855	-10.5079	SGR	23	47.375	1.79439
curve	24	9.47153	-10.5895	SGR	24	47.3424	1.68877
curve	25	9.50511	-10.627	SGR	25	47.3274	1.64017
curve	26	9.50703	-10.6292	SGR	26	47.3266	1.6374
curve	27	9.49377	-10.6144	SGR	27	47.3325	1.65658

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

[0090]

[표 2] 지붕곡선과 서까래 데이터 시트 2

구분	No	y	z	구분	No	Sgr_Out_Y	Sgr_Hgt_Z
curve	1	1.05747	-1.23321	SGR	1	72.3429	8.53154
curve	2	2.12201	-2.47466	SGR	2	65.575	8.66929
curve	3	2.55507	-2.9797	SGR	3	60.7251	9.51176
curve	4	3.63825	-4.2429	SGR	4	56.167	9.23582
curve	5	4.11194	-4.79531	SGR	5	53.0197	9.73436
curve	6	4.5957	-5.35946	SGR	6	50.5363	10.1345
curve	7	5.5812	-6.50874	SGR	7	48.2562	9.74683
curve	8	6.03009	-7.03223	SGR	8	46.9788	10.1251
curve	9	6.46557	-7.54008	SGR	9	46.2533	10.5308
curve	10	6.88298	-8.02686	SGR	10	45.9486	7.17436
curve	11	7.27847	-8.48808	SGR	11	45.6685	6.59925
curve	12	7.2988	-8.51179	SGR	12	45.6543	6.56968
curve	13	7.6727	-8.94783	SGR	13	45.3956	6.02597
curve	14	8.01674	-9.34905	SGR	14	45.1628	5.52567
curve	15	8.32899	-9.71319	SGR	15	44.9558	5.07161
curve	16	8.60782	-10.0384	SGR	16	44.7745	4.66614
curve	17	8.63701	-10.0724	SGR	17	44.7557	4.62369
curve	18	8.87725	-10.3526	SGR	18	44.6025	4.27434
curve	19	9.08061	-10.5897	SGR	19	44.4748	3.97862
curve	20	9.24628	-10.7829	SGR	20	44.3721	3.73771
curve	21	9.26501	-10.8048	SGR	21	44.3606	3.71048
curve	22	9.38583	-10.9457	SGR	22	44.2866	3.53478
curve	23	9.46736	-11.0407	SGR	23	44.237	3.41623
curve	24	9.47546	-11.0502	SGR	24	44.2321	3.40445
curve	25	9.51007	-11.0905	SGR	25	44.2111	3.35412
curve	26	9.50478	-11.0844	SGR	26	44.2143	3.36181
curve	27	9.50075	-11.0797	SGR	27	44.2168	3.36767

[0091]

[0092]

[표 1], [표 2] 모두 Curve와 SGR의 1~9 까지는 선자연부분의 데이터이다. 해당 번호대의 SGR 데이터는 그 이후 데이터와는 차이를 보인다. 기본적으로 Curve의 y와 z값에 상응하여 SGR의 'Sgr_Out_Y' 서까래의 외목길이, 'Sgr_Hgt_Z' 서까래 외목들림의 값이 변동되는 것을 확인할 수 있다. 이 때, 지붕곡선중 양곡의 만곡도가 고정된 지붕곡일 때, 지붕물매에 따라 변동되는 것을 두 개의 표 'Curve 26' 데이터에서 확인할 수 있다. ①의 경우 z의 값이 -10.6292 이고, ②의 경우 -11.0844 임을 확인할 수 있다. 이 데이터는 ②의 지붕곡선이 z축의 음의 방향으로 좀 더 내려가 형성돼 있음을 알려준다. 즉 ② 지붕곡의 양곡의 만곡도가 더 큼을 뜻한다.

[0093]

본 발명에서 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 도 20과 같이 3D 모델링 결과를 통해서 육안으로도 변화를 검증해 볼 수 있다. 도 20에서 ②의 경우가 ①의 경우보다 지붕의 양곡이 일부 증가했음을 확인해 볼 수 있다. 도면에서 변화한 만곡도를 그래프로 표현한 것이 도 21이다. 육안으로도 변화를 파악할 수 있지만, 그래프를 통해 좀 더 명확한 변화치를 확인해 볼 수 있다.

[0094]

또한 기존연구와 본 발명을 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 재수정하여야 하는 불편함이 있다. 이는 한옥설계의 생산성을 저하시키는 점이다. 본 발명에서는 지붕곡을 자동으로 설계 가능할 뿐만 아니라, 지붕곡을 추녀곡이나 지붕물매로 변경 가능하며, 변경된 지붕곡에 상응하여 지붕곡이 자동으로 재설계된다. 아래 [표 3]은 기존 연구와의 비교표이다.

[0095] [표 3] 기존연구와 비교분석

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

[0097] 본 발명은 전통건축 방식의 지붕곡을 전산학적으로 재해석하여 각 구성요소간의 상관관계를 3D 데이터로 설계해주는 방법을 제시하였다. 해당 발명을 통해 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

[0098] 첫째, 추녀의 추녀곡은 지붕물매와 상관관계가 있다. 추녀뿔목의 들림과 내밀기로 인해서 안허리곡과 양곡이 결정되며, 이 때, 장연의 물매와 도리간의 간격도 지붕곡에 영향을 끼친다.

[0099] 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.

[0100] 이상과 같은 전통건축의 축조 방식과 특성에 따라 지붕곡의 각 구성요소들에 대한 상관관계를 수식으로 정의하고, 분석된 데이터를 통해 결정된 지붕곡을 3차원 데이터 설계기법을 통해 구현한다. 또한 이 상관관계에 근거하여 지붕곡 구성요소가 변경되면 이에 따라 3D 데이터가 자동으로 변경될 수 있는 새로운 전통건축 3D 설계기법을 제안하고 이를 적용 하는데 의의를 둔다. 또한 본 발명은 한옥의 다양한 지붕곡 설계를 가능하게 하며, 검증된 설계와 생산 및 가공을 쉽게 하여 한옥의 생산성을 높일 수 있다. 나아가 지붕곡 부재에 연동되는 가구부구조 설계기법에 대한 후속 연구와 기와부 설계기법에 대한 후속연구가 계속 진행된다면, 전통건축의 설계에 있어 가장 난해한 부분을 해결하게 됨으로써 한옥의 현대화 및 활성화에 더욱 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대한다.

[0101] 이상에서 몇 가지 실시예를 들어 본 발명을 더욱 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 반드시 이러한 실시예로 국한되는 것이 아니고 본 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양하게 변형실시될 수 있다.

도면

도면1a



맞배지붕

도면1b



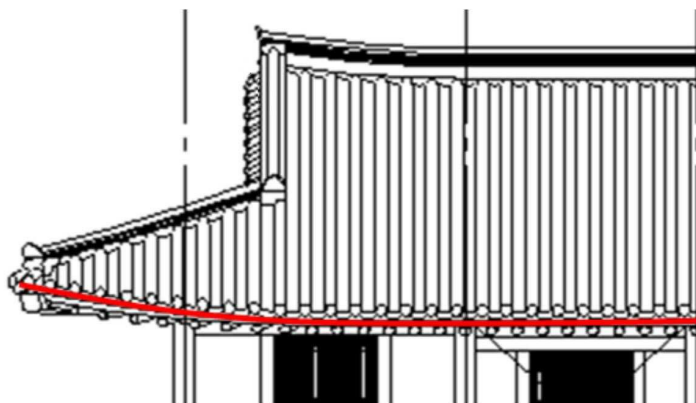
우진각지붕

도면1c

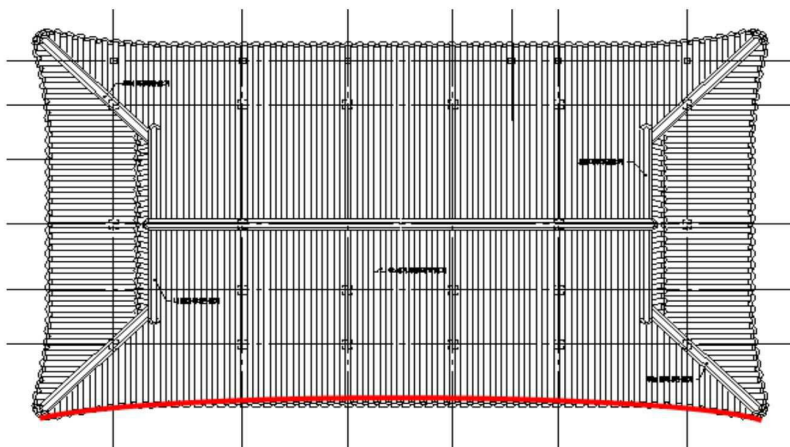


팔작지붕

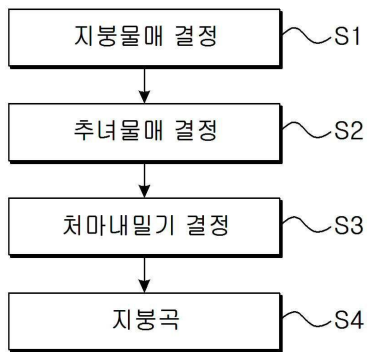
도면2a



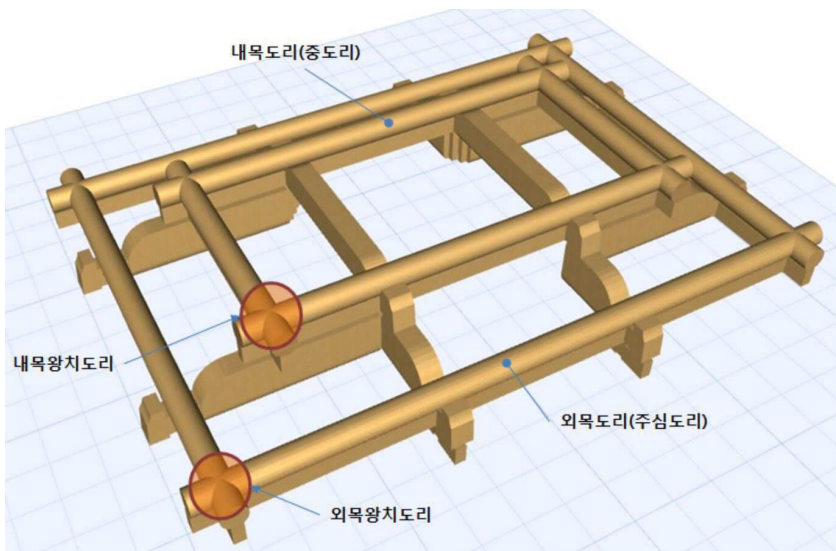
도면2b



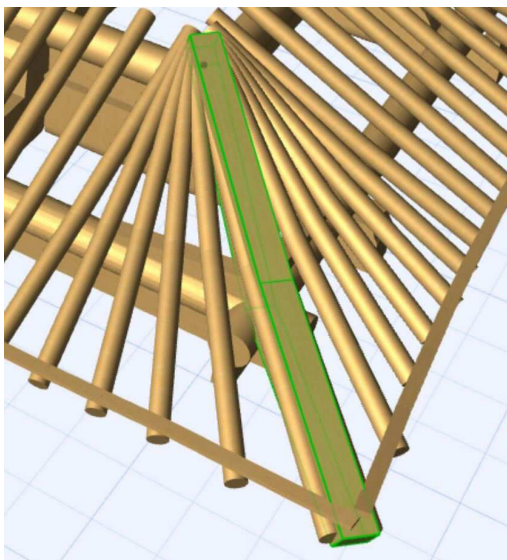
도면3



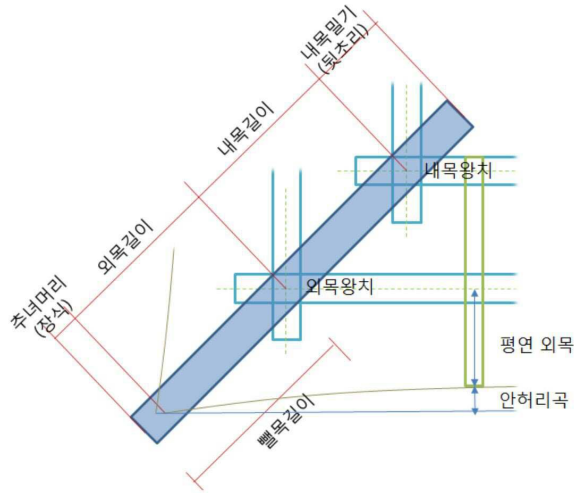
도면4a



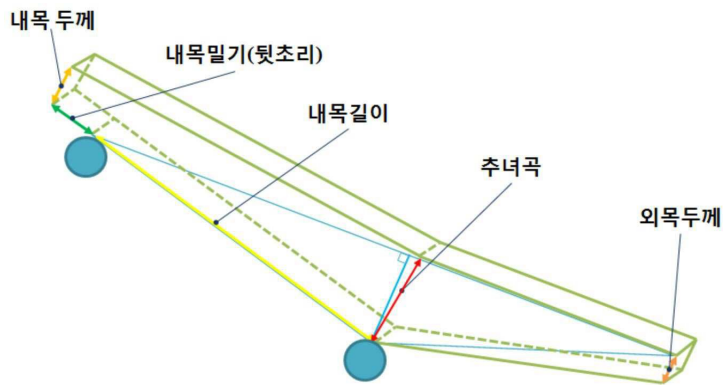
도면4b



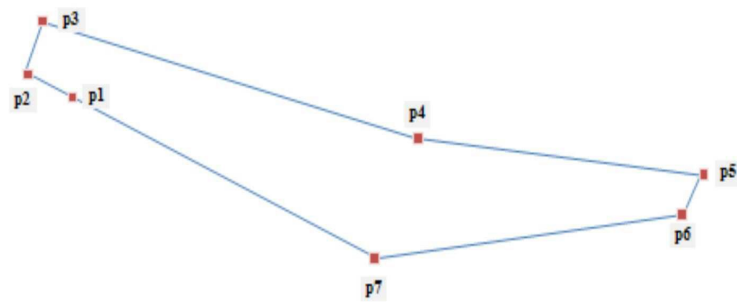
도면5



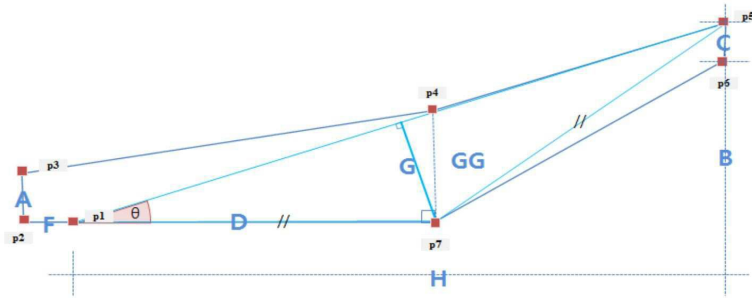
도면6a



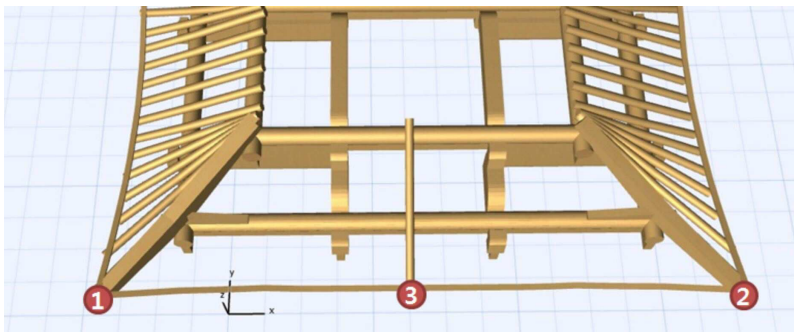
도면6b



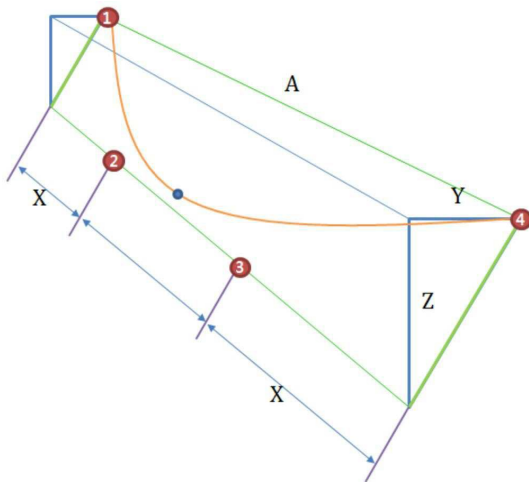
도면7



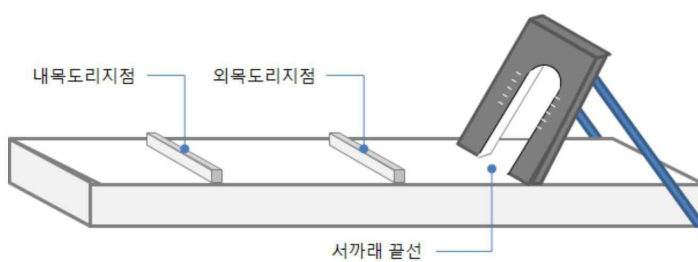
도면8



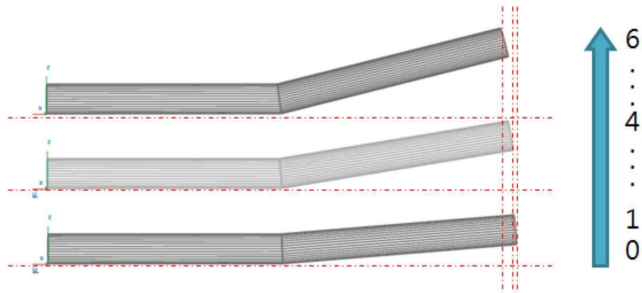
도면9



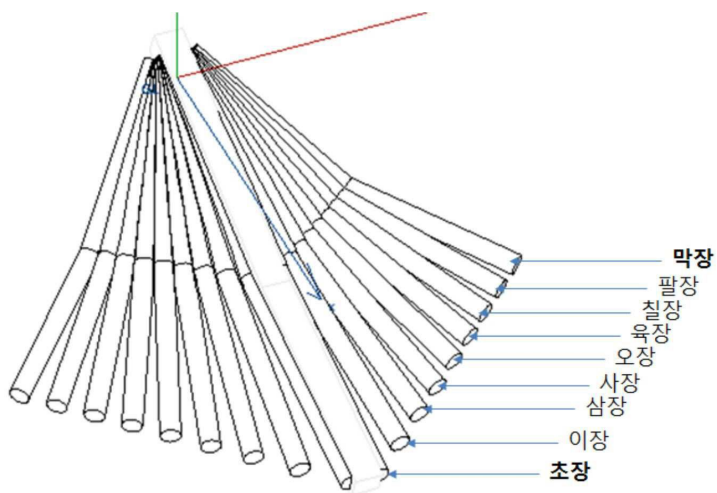
도면10



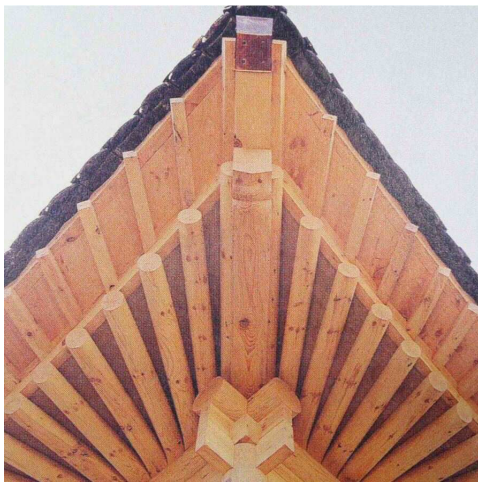
도면11



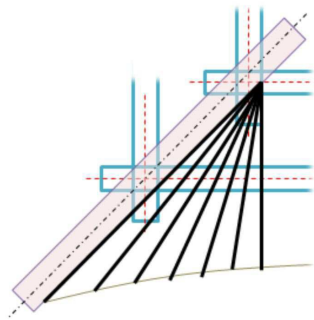
도면12



도면13

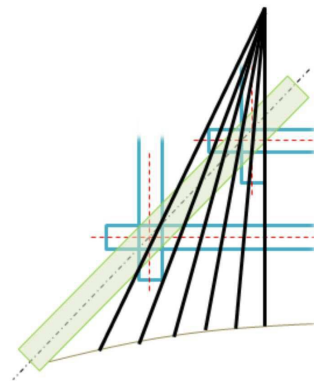


도면14a



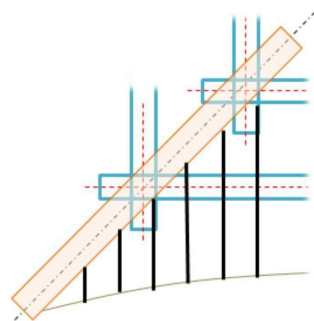
선자연

도면14b



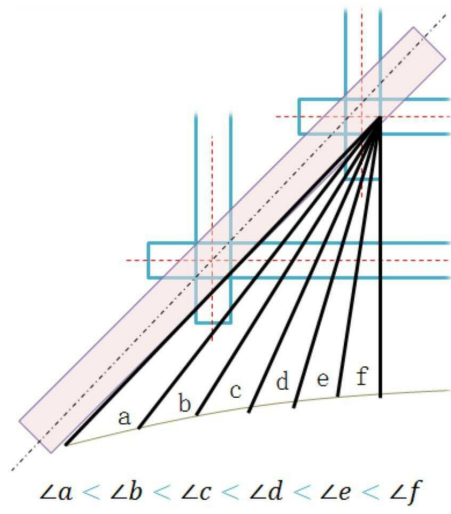
말굽서까래

도면14c

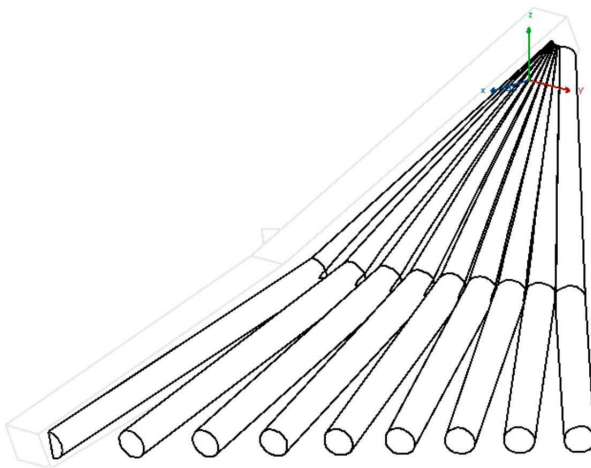


나란히서까래

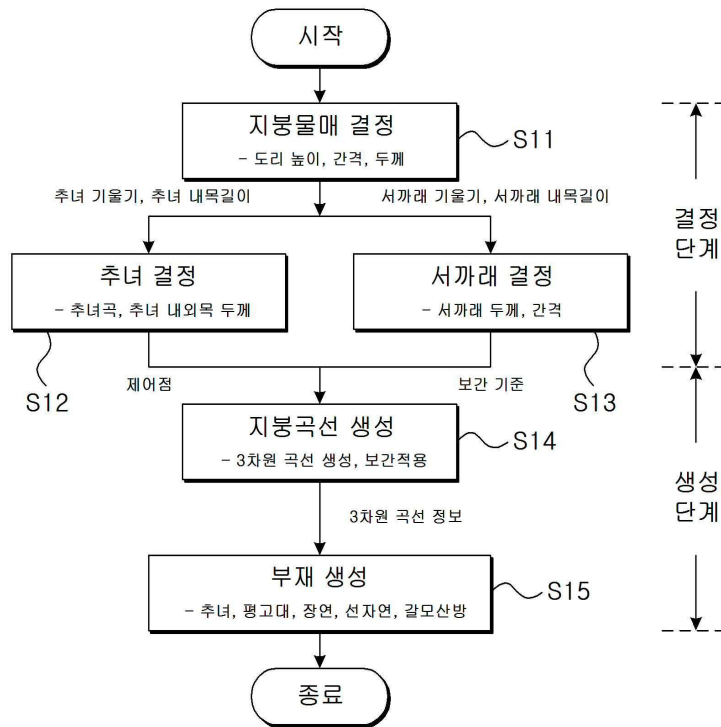
도면15



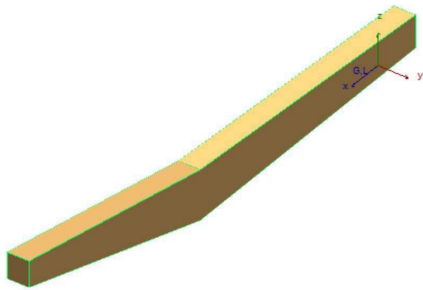
도면16



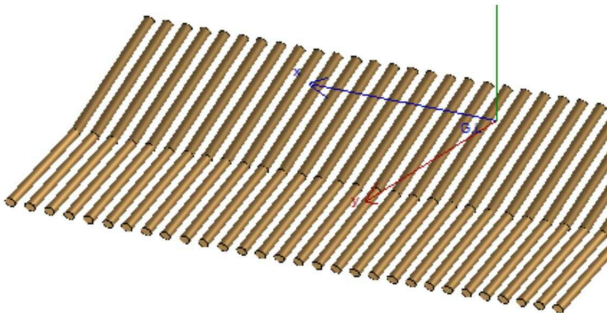
도면17



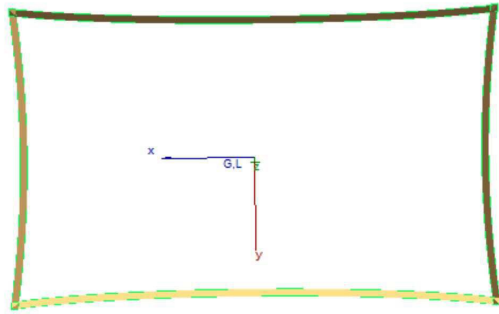
도면18a



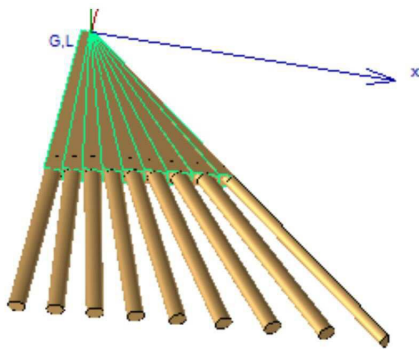
도면18b



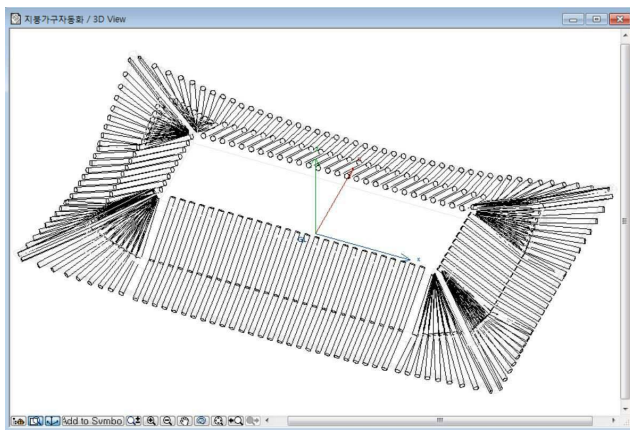
도면18c



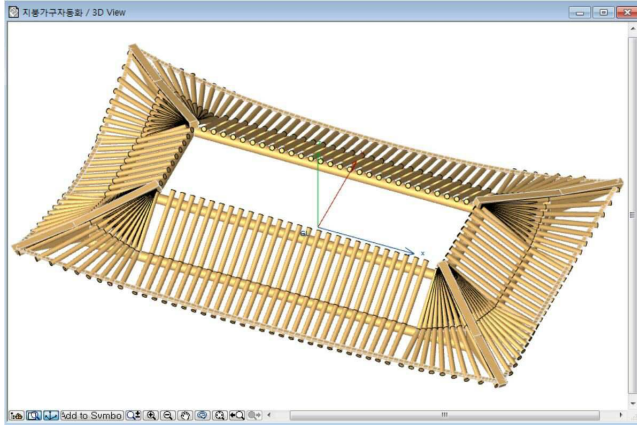
도면18d



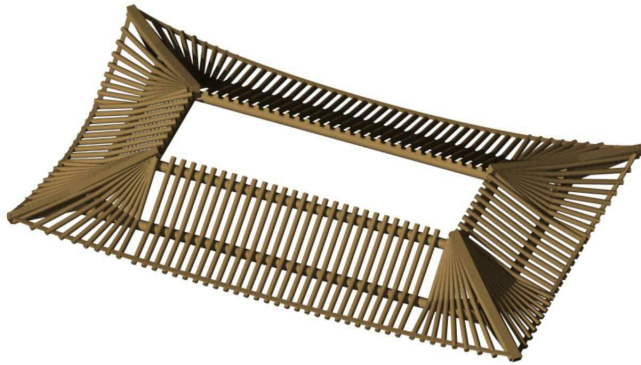
도면19a



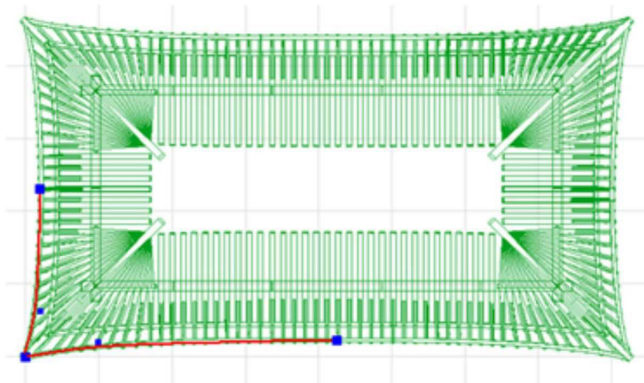
도면19b



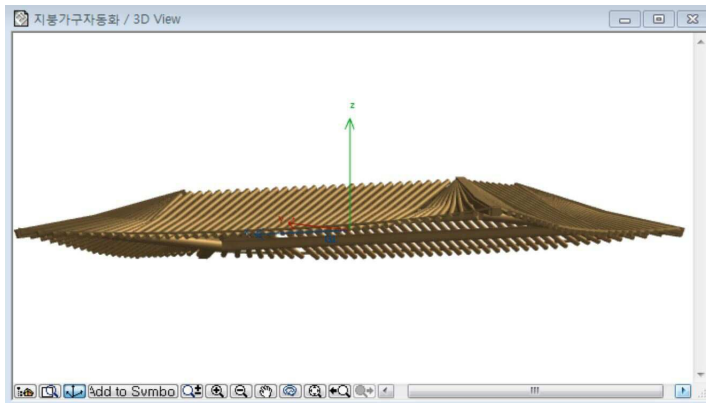
도면19c



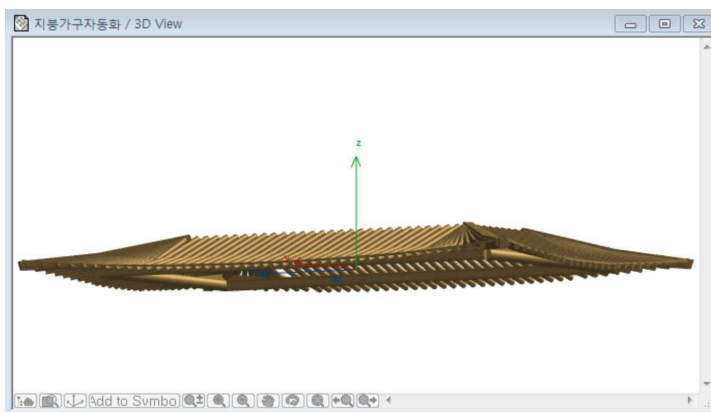
도면19d



도면20a



도면20b



도면21

