

한옥부재 파라메트릭 모델링 보고서

4-2세세부 서울대학교

목차

1. 개요

- 1.1. 한옥의 조형원리를 반영한 '지능형' 파라메트릭 모델링
- 1.2. 사용자 편의성을 고려한 BIM 모델 라이브러리

2. 파라메트릭 모델링 방법론의 구축

- 2.1 방법론 구축의 필요성
- 2.2. 파라미터의 설정
- 2.3 부재 형태별 모델링 방법론

3. 파라메트릭 모델링의 과정

- 3.1 부재유닛의 개념
- 3.2 부재유닛의 예시
- 3.3 조합유닛의 개념
- 3.4 조합유닛의 예시
- 3.5 조합유닛의 활용

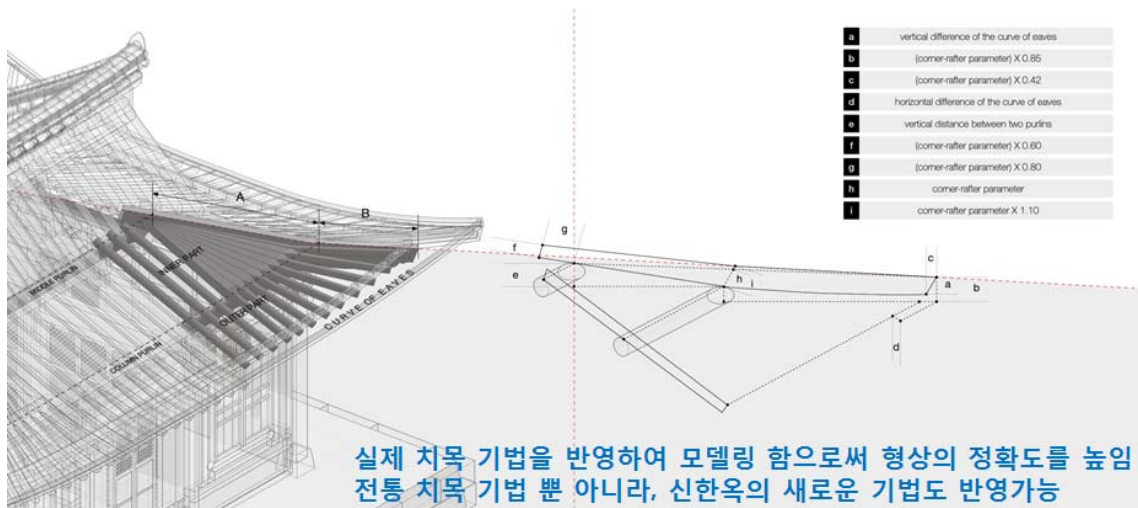
4. 참고문헌

1. 개요

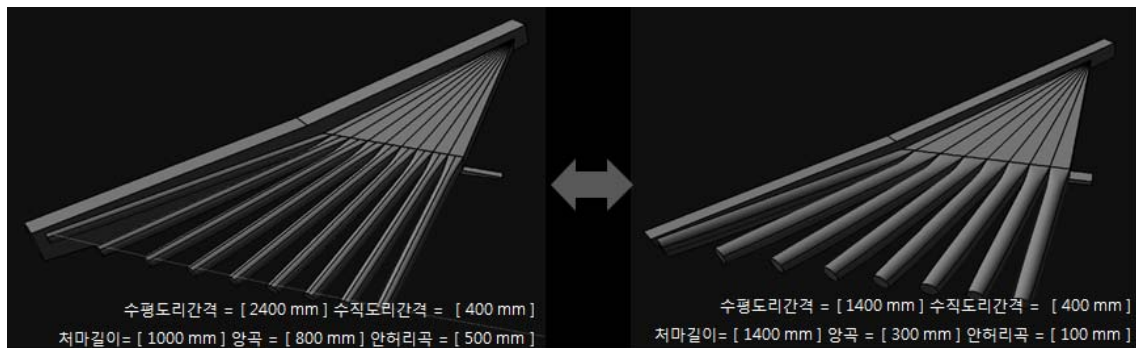
1.1. 한옥의 조형원리를 반영한 '지능형' 파라메트릭 모델링

- 한옥 부재는 그 구조적, 의장적 역할에 따라 여러 종류로 나뉘며, 한 종류의 부재 일지라도 무수히 다양한 치수와 형상을 가질 수 있다. 또한, 한 가지 부재의 형상이 다른 부재들의 형상과 연관되어 있어, 기존의 일반적인 3차원 모델링 방식으로 라이브러리를 구축하는데 한계가 있다.

본 연구는 한옥부재의 형상이 특정 작도방식에 의해 정의된다는 점에 착안하여, 한옥에 최적화 된 파라메트릭 모델링 방법론을 적용한 BIM 라이브러리를 구축하였다. 전통적인 작도방식을 파라메트릭 로직(기하와 함수식)으로 변환하여 구축된 한옥부재의 파라메트릭 모델은 주요 변수를 조정함에 따라 형상이 자동적으로 제어된다는 점에서 기존의 3차원모델링 방식과 차별되며, 이에 '지능형'이라 명명하였다.



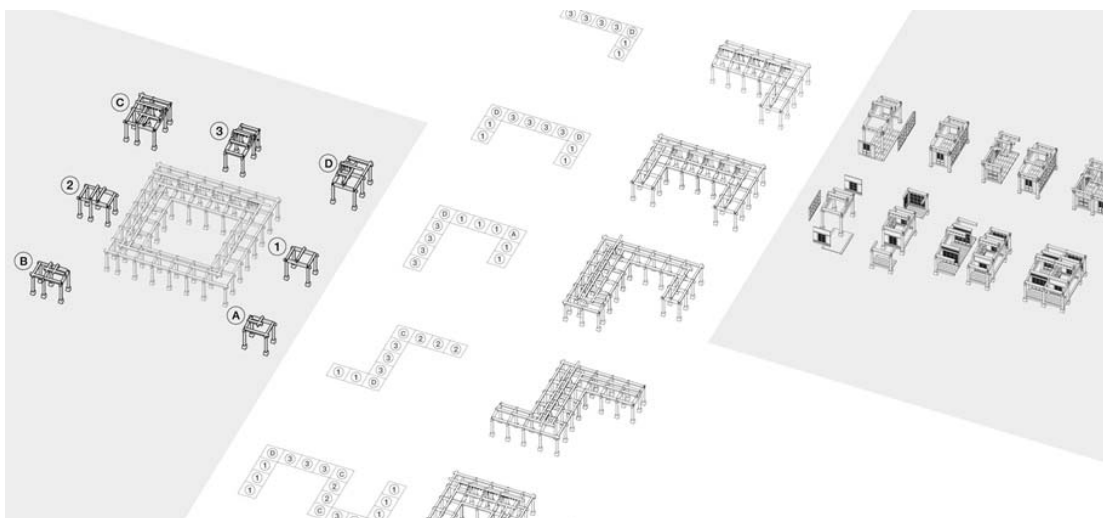
선자연 부재유닛의 지능형 모델링 과정



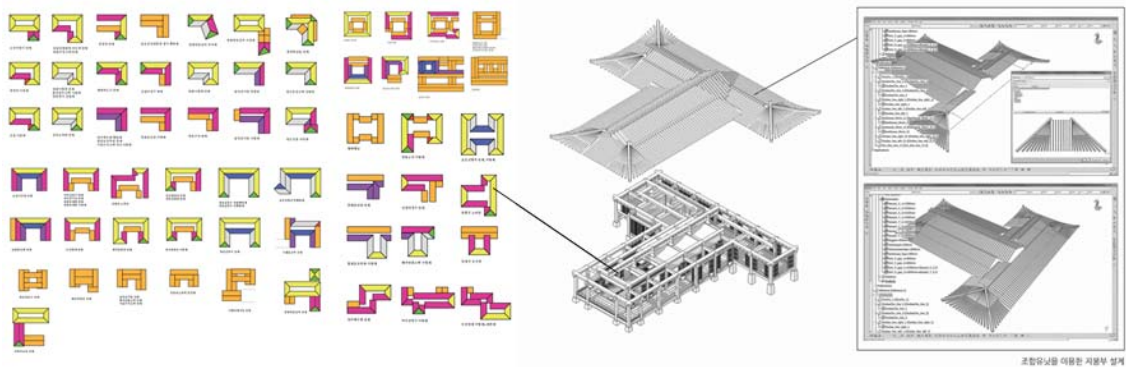
선자연 부재유닛의 활용예시

1.2. 사용자 편의성을 고려한 BIM 모델 라이브러리

- 현재 특정 집단에 국한되어 있는 한옥 설계시장의 저변을 확대하려는 취지 하에, 본 연구에서는 한옥설계에 대한 경험이 부족한 건축가를 사용자로 상정하고 이를 위한 라이브러리 체계를 구축하였다. 전통적인 분류방식에 따른 개별부재 라이브러리에 묶음단위의 부재로서 조합유닛, 가옥 유닛을 더해 직관적인 라이브러리 사용이 가능하도록 고려하였다. 조합유닛 라이브러리의 경우, 간단한 결합원리를 통해 구조부, 벽체부, 바닥부, 지붕부 등을 연결해가며 한옥 모델링을 완성할 수 있도록 고안하였다.



구조부 조합유닛의 추출과 활용예시



지붕부 조합유닛의 검증과 활용예시

2. 파라메트릭 모델링 방법론의 구축

2.1 방법론 구축의 필요성

한옥의 생산과정을 정량화하고 통합적인 체계 안에서 관리하는 일은 한옥의 현대화와 보급에 있어 그 중요성이 점차 커질 것으로 예상된다. 이러한 시점에서 건축물에 대한 정보의 생산과 유통을 통합적으로 관리하는 기술인 BIM(Building Information Modeling)을 한옥에 적용하는 것은 타당한 접근으로 보인다.

BIM기술의 적용을 위해서는 한옥의 3차원 객체지향형 모델을 구현해야한다. 객체지향형 모델링 방법이란, 개별부재를 단위로 하여 모델링을 하고, 그것들을 조합해서 건물 전체의 모델을 완성하는 모델링 방법이다. 이 때, 개별부재 단위의 모델은 건축물의 설계에 필요한 형상정보를 가지고 있을 뿐 아니라, 시공에 필요한 단가정보, 물량정보, 재료정보 등 다양한 정보를 포함할 수 있어, 건축물의 통합적인 정보관리와 유통을 가능하게 한다. 하지만 관련 산업의 기반이 아직 갖추어지지 않아 숙련된 모델러¹⁾가 부족한 현 시점에서는 한옥부재의 3차원 객체지향형 모델의 라이브러리를 구축하여, 템플릿을 제공하는 일이 선행되어야 할 것이다. 본 연구는 그의 일환으로 한옥부재 라이브러리 구축을 위한 템플릿 제작에 최적화되어 있는 모델링 방법을 고안하는 성격을 가진다.

불규칙하고 다양하게 존재하는 한옥의 형상정보를 라이브러리에 효과적으로 담아내기 위해서는 새로운 모델링 기술의 도입이 필요하다. 본 연구에서 도입하고자하는 파라메트릭 모델링 기술은 기존의 3차원 모델링과 달리, 부재의 치수를 파라미터로 정의하고, 이들 간의 관계를 함수식으로 정의할 수 있게 해주는 기술이다. 사용자가 임의로 파라미터를 변경하는 것에 대응하여 형상이 자동적으로 연산되므로 한옥의 다양한 형상정보를 담아내는데 있어 활용도가 상당히 높다.

부재의 외형을 구현하는 것에 목표를 두는 모델링의 경우, 모델링 방법에 대한 논의가 작업효율성에 대한 논의로 국한되기 쉽다. 그러나 파라메트릭 모델링의 경우, 모델링을 어떻게 하느냐에 따라 결과물의 작동원리, 범위, 한계가 직접적으로 영향을 받기 때문에 모델링 방법에 대해 미리 신중하게 고찰해 볼 필요가 있다.

파라메트릭 모델링과정에서 모델러가 모델링 방법에 있어 결정해야할 사항들의 대표적인 예로는 '어떤 치수를 중요한 파라미터로 설정할 것인지', '설정된 파라미터

1) 모델러(modeler)는 통상적으로 모델링 수단으로서의 '응용프로그램' 또는 모델링 작업을 진행하는 '사람'을 지칭한다. 여기서는 후자의 의미로 쓴다.

들 사이에 어떤 관계를 부여할 것인지', '형상 제어의 기준이 되는 점, 선, 면의 위치관계를 어떻게 설정할 것인지', '반복되는 형상들을 효과적으로 모델링하는 방법은 무엇인지' 등이 있다. 위의 사안들에 대한 결정을 내리기 위해서는 모델링에 관한 지식과 노하우 뿐 아니라, 한옥의 조형원리에 바탕을 둔 모델링 방법론이 필요하다. 따라서 본 연구의 목적은 전통한옥의 비례체계와 치목원리가 논리적으로 반영된 파라메트릭 모델링 방법론을 도출하는 것에 있다.

한옥의 공간단위인 '칸'을 대상으로 시범모델을 구축하였고, 구조형식은 가장 기본적인면서도 보편적이라 할 수 있는 3량 납도리 형식을 채택하였다. 모델링에 앞서 파라미터로 정의할 치수를 선정하여, 성격에 따라 분류하고 상관관계를 맺어주는 방식을 결정하였다. 마루와 머름을 포함한 주요구조부재를 중심으로 본격적인 모델링을 진행하였고, 이를 토대로 장방형 부재, 흘림형 부재, 사선반복형부재, 조합반복형 부재로 나누어 파라메트릭 모델링 방법론을 도출해내었다.

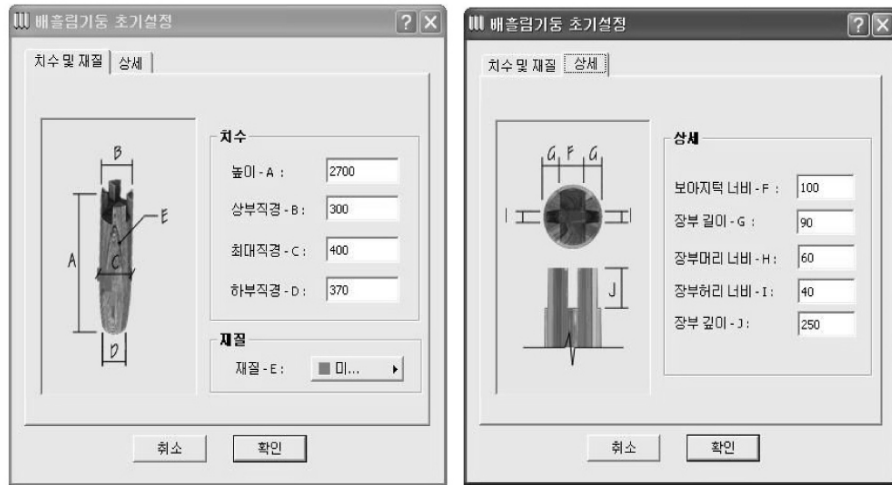
결구방식 및 상세에 관하여는 서울대학교 교내에 위치한 하유재²⁾를 참조하였다. 문화재로 지정된 전통한옥에 대하여 문화재청에서 발간하는 기록화보고서와 실측조사보고서에는 맞춤부분의 상세도면이 충분히 하지 않아 모델링의 정확도를 높이는 데 어려움이 있다고 판단하였기 때문이다. 하유재의 경우, 신축당시에 치목과정을 기록해 두었던 사진과 동영상 자료가 충분히 남아있어, 부재의 형상을 정확하게 파악할 수 있었다.

파라메트릭 모델링 툴로서는 Gehry Technology에서 개발한 Digital Project를 선정하였다. 경쟁 파라메트릭 모델링 소프트웨어인 AutoCAD사의 Revit과 Graphisoft사의 ArchiCAD에 비해 인터페이스의 편의성이 다소 떨어지는 반면, 다양한 파라메트릭 구동방식 설정이 가능하고 안정적인 3차원 곡선 제어 기능을 가지고 있어 한옥의 비례체계와 미학을 담는데 보다 유리하다고 판단하였기 때문이다.

두 편의 한옥 모델링 관련 선행연구를 분석하여 각각이 가지는 의의를 살펴보고, 본 연구의 차별성에 대해 논의하고자 한다. 먼저, '현대한옥의 산업화를 위한 지능형 모델링 도구의 개발에 관한 연구'에서 최종현(2008)은 GDL프로그래밍을 기반으로 하는 모델링도구를 개발하였다. ArchiCAD와의 호환을 통해 개별부재마다 별도로 작업창(그림1)을 띄울 수 있게 하여 필요한 수치만 입력하면 형상은 자동적으로 생성되는 시스템을 구축하였다.³⁾ 개별부재의 형상을 모델링하는 방법으로서 의미를 가지지만, 서로 다른 부재들 사이의 상관관계에 대해서는 언급하지 않고 있다.

2)하유재는 서울대학교 건축학과 대학원 한옥짓기실습 수업의 일환으로 전통목수 이재호 도편수의 지도하에 학생들이 직접 지은 한옥이다.

3)최종현, 유정훈, 김상훈, 「현대한옥의 산업화를 위한 지능형 모델링 도구의 개발에 관한 연구」, 『대한건축학회 지회연합회 논문집 통권32호』, 2007

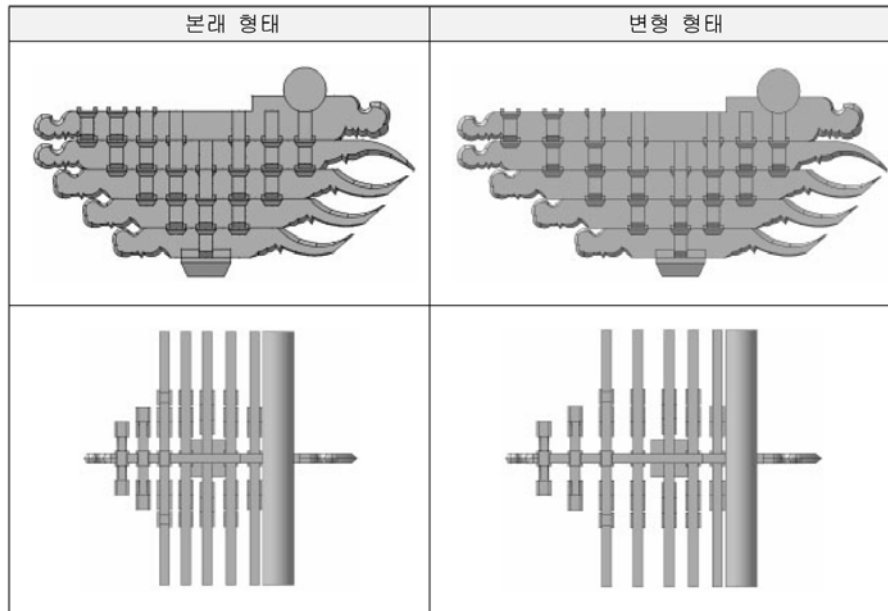


a) 기본설정 대화상자

b) 상세설정 대화상자

ArchiCAD GDL을 이용한 배출림기동

'한국전통건축의 비례체계를 이용한 3D documentation 방법에 관한 연구' 에서 곽세희(2001)는 CATIA를 사용해 창덕궁 인정전의 공포를 모델링하였다. 공포의 보편적인 비례체계를 찾아 파라메트릭 모델링에 적용시켜 개체마다 세밀하게 다른 공포의 형상을 효율적으로 기록할 수 있는 방법론으로써⁴⁾, 건물전체의 영역으로 확대시키기에는 한계가 있다.



CATIA를 사용한 공포의 파라메트릭모델링

본 연구에서는 한옥의 특징 중 여러 부재가 조합되어 서로 영향관계에 있다는 점

4)곽세희, 「한국전통건축의 비례체계를 이용한 3D documentation 방법에 관한 연구」, 이화여자대학교석사학위 논문, 2001

에 착안하여 파라메트릭 모델링 방법론을 제시하고자 한다. 대부분의 한옥부재는 다른 부재와 맞춤 또는 이음 방식으로 맞물려 있기 때문에, 한 부재의 형상을 바꾸게 되면 그것의 주변에 있는 부재의 형상도 영향을 받기 마련이다. 일반적인 3차원 형상모델링이 아닌, 지능형 객체지향 모델이 되기 위해서는 이러한 한옥의 특성이 반영되어야 한다.

또한 지능형 모델링이 되기 위해 필요한 비례체계나 함수식, 단가, 물량정보 등은 후속 작업을 통해 끊임없이 보완될 수 있어야 한다. 예를 들어, 현재로서는 목수들의 현장 경험치에 의존하여 주먹장의 각도를 작도하고 있지만, 훗날 구조적으로 하중에 최적화된 주먹장 각도가 실험을 통해 입증된다면, 그 내용이 모델에 쉽게 반영될 수 있어야 한다는 것이다.

따라서 본 연구에서는 한옥에 내재되어 있는 원리를 개별 부재 단위 뿐 아니라 부재와 부재간의 관계까지 확장하여 반영할 수 있는 지능형 파라메트릭 모델링 방법론을 고안하고자 하였다.

2.2 파라미터의 설정

파라미터의 사전적 정의는 다음과 같다. 첫째는 수학용어로 '두 개 이상의 변수 사이의 함수 관계를 간접적으로 표시할 때 사용하는 변수'를 뜻하고 '매개변수'와도 같은 말이다. 두 번째는 컴퓨터용어로 '사용자가 원하는 방식으로 자료가 처리되도록 하기 위하여 명령어를 입력할 때 추가하거나 변경하는 수치 정보'를 뜻한다. 파라메트릭 모델링에서 사용되는 파라미터의 개념은 후자에 보다 가까우며, 건축물을 모델링함에 있어서는 '치수'의 개념과 대응한다. 소프트웨어 상에서는 모든 치수가 파라미터로 인식되기 때문에, 구체적인 형상을 모델링하기에 앞서 파라미터를 설정하고, 위계와 상관관계를 검토하는 것이 필수적이다. 이 장에서는 다소 복잡한 파라미터 설정을 가지고 있는 마루의 예시를 통해 파라메트릭 구동의 개념과 파라미터 설정, 상관관계에 대해 설명할 것이다.

2.1 독립-종속 파라미터

한옥의 설계과정에는 집의 전체적인 규모를 결정하기 위해 필요한 치수부터 하나의 부재의 부분적인 형상을 결정하는데 필요한 치수까지 다양한 종류의 치수가 존재한다. 예를 들어, '수장폭'과 같이 다른 치수들에 광범위하게 영향을 주는 치수가 있는가 하면, '보머리 길이'와 같이 다른 치수에 따라 그 값이 정해지는 치수가 있다. 따라서 본 연구에서는 한옥부재의 치수 간 영향관계를 파라미터 설정에 반영하기 위해 독립-종속파라미터의 개념을 도입하였다.

독립(independent)파라미터는 사용자가 그 값을 직접 입력하는 파라미터로 설계, 시공과정에서 조정의 필요가 많고, 신중하게 결정되어야 할 치수들을 중심으로 설정하였다. 종속(dependent)파라미터는 독립파라미터가 조정됨에 따라 자동적으로

연산되는 파라미터이고, 종속파라미터와 독립파라미터 사이에는 관계함수가 부여된다.⁵⁾ 파라미터들 간의 독립-종속 관계와 관계함수는 재설정될 수 있으므로, 후속 연구의 결과를 시시각각 반영할 수 있다.

그림5는 파라미터들 간의 종속-독립관계 및 내부-외부참조관계를 마루의 예시를 통해 보여준다. 마루형상을 구현하기 위해 일차적으로 필요한 파라미터는 '마루널 폭(도리)', '마루널 폭(보)'⁶⁾, '장귀틀길이', '동귀틀길이', '장귀틀개수', '동귀틀개수'이다. 이 파라미터들은 연관되어있는 독립파라미터들이 값이 결정되면 관계함수에 따라 자동적으로 연산되는 값들이다. 이 값들이 연산되기 위해서는 독립파라미터로 설정한 값들이 먼저 사용자에게 의해 정의되어야 한다. 예를 들어, '마루널 폭'의 값이 연산되기 위해서는 '칸살이(보방향)', '장혀폭', '장귀틀폭', '동귀틀폭'이 정의되어야 하는 것이다.

파라미터간의 종속-독립관계를 설정하는 문제는 디자인의 가능성과 편의성 중 어떤 쪽에 초점을 맞출 것인가에 관한 문제로 수렴한다. 위의 예시에서 독립파라미터로 설정했던 '장혀폭', '장귀틀폭', '동귀틀폭'과 같은 파라미터들을 '칸살이'의 값에 의해 자동적으로 연산되어지는 종속파라미터로 설정할 수도 있다. 이 경우, 사용자가 '칸살이'의 값만 정의하면 나머지 파라미터들의 값은 자동으로 연산되므로 편의성은 높아지는 반면, 나머지 파라미터들이 관계함수에 귀속되기 때문에 다양한 디자인에 대한 가능성은 줄어든다. 이렇게 사용자의 수준이나 필요를 고려해서 파라미터간의 종속-독립관계 설정을 조정할 수 있다는 점 또한 이 방법론의 유연성을 나타내주고 있다.

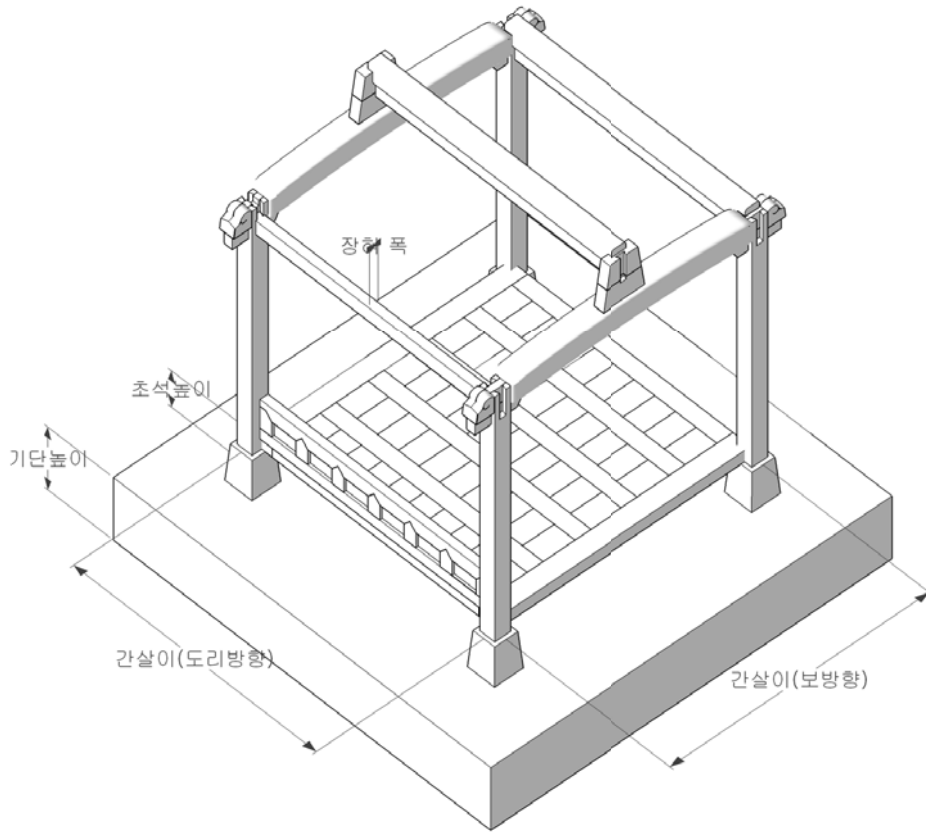
2.2 내부-외부참조 파라미터

파라미터와 관련된 또 하나의 개념은 내부참조(internal reference)파라미터와 외부참조(external reference)파라미터이다. 이 개념은 하나의 파라미터가 영향을 미치는 범주와 관련되어 있다. 한옥의 특성상, 하나의 부재에 사용된 치수가 다른 부재의 치수에 영향을 주기 때문에 이러한 개념의 도입이 필요하다. 예를 들어, 마루와 관련된 파라미터 중, '마루널 폭(보)', '마루널 폭(도리)', '동귀틀 길이', '장귀틀 길이', '동귀틀개수', '장귀틀 폭', '동귀틀 폭', '마루널 개수'는 마루의 내부참조 파라미터이고, '칸살이(보)', '칸살이(도리)', '장혀폭'은 마루의 외부참조 파라미터이다. 이 때, '장혀폭'은 마루의 외부참조 파라미터이자 장혀의 내부참조 파라미터가 된다. 이처럼 여러 부재에 걸쳐 영향을 주는 파라미터를 설정함으로써 한옥부재들이 내재하고 있는 원리를 모델링에 반영하였다.⁷⁾

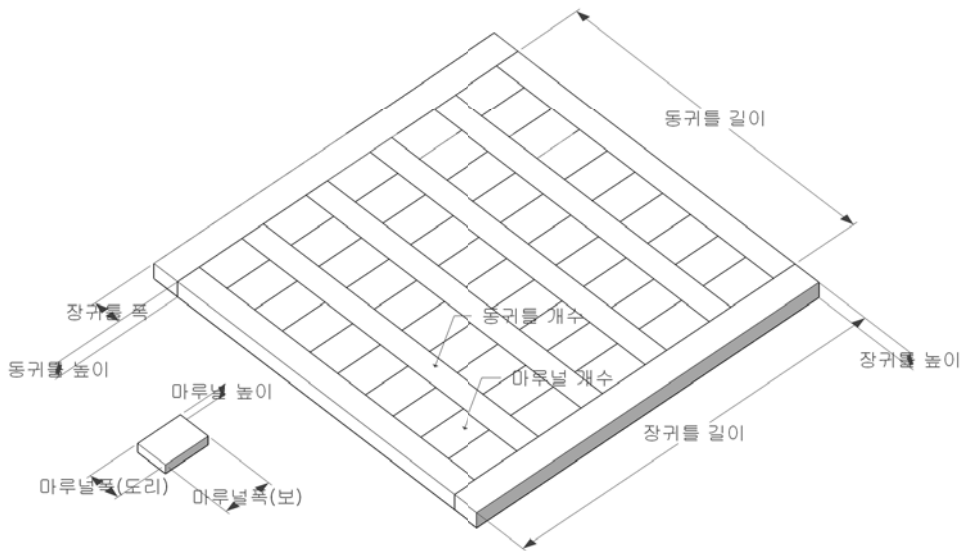
5) 시범모델에서의 독립-종속파라미터는 기존의 연구과 현장자문을 토대로 설정하였다. 문헌자료로는 장기인의 『목조』를 중점적으로 참고하였다.

6) 한옥이 가지고 있는 직교좌표계는 도리방향과 보방향을 기준으로 정의된다. 방향에 따라 영향을 받는 치수 체계가 다르기 때문에 부재의 폭을 설정할 때, 도리방향과 보방향을 구분할 필요가 있다. 표기는 '보방향 마루널 폭'을 '마루널 폭(보)'로 간략화하였다.

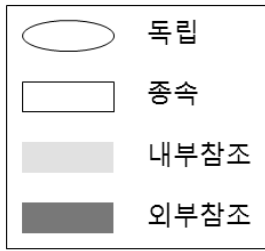
7) 현재 Digital Project (혹은 CATIA)만이 외부참조 파라미터를 설정할 수 있는 기능을 기본적으로 탑재하고 있다.



마루의 외부참조 파라미터



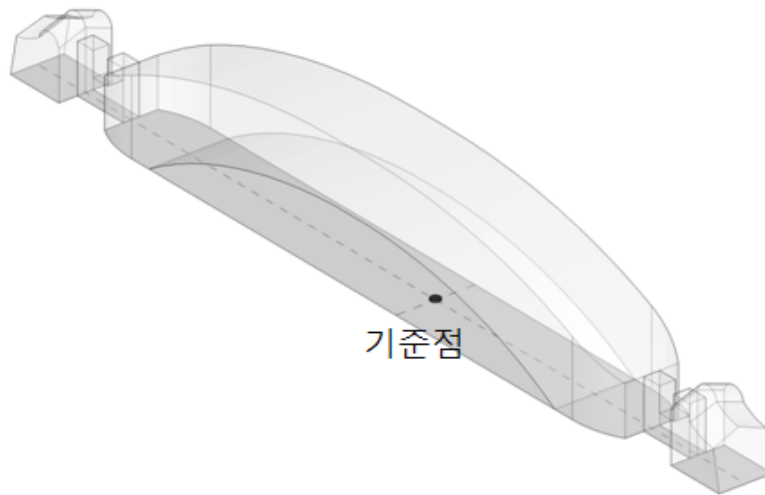
마루의 내부참조 파라미터



마루의 파라미터 관계

2.3 기준점(Reference Point) 파라미터

기준점 파라미터는 부재간의 위치관계를 정의하기 위해 고안한 개념이다. 하나의 부재가 변함에 따라 다른 하나의 부재의 형태 뿐 아니라 위치가 조정되는 경우가 있기 때문이다. '초석의 높이' 라는 치수의 예를 들어보자, '초석의 높이'가 변하면 먼저 초석의 형태가 달라지고, 그 위에 위치한 기둥, 보, 도리, 서까래 등의 부재의 위치도 같이 변하게 된다. 따라서 부재 별로 기준점을 하나씩 부여하고, 이 기준점끼리의 위치관계를 함수식으로 정의할 필요가 있다. 기준점은 '부재형상의 최하단에 수평으로 접하는 평면에 부재를 투영하였을 때 생기는 도형의 중심점'으로 정의한다.



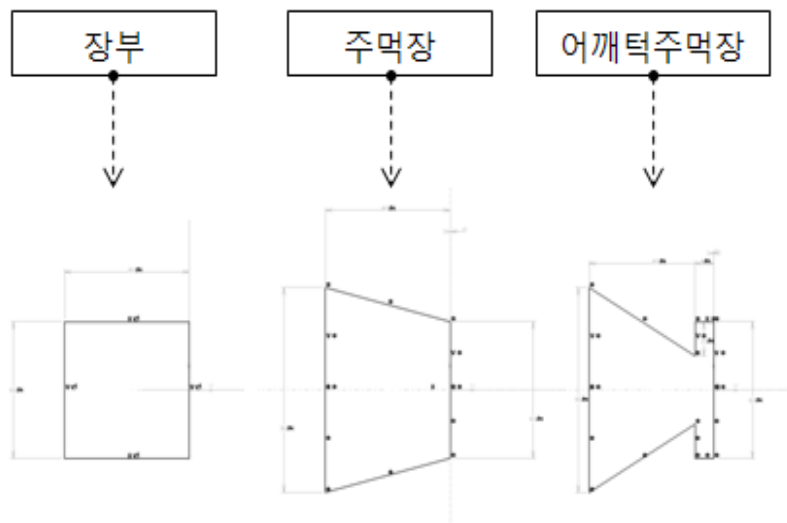
기준점의 정의: 보의 사례

이 때, 기준선 혹은 기준면이 아닌 기준점을 사용하는 이유는 선, 면에 비해 점이 기하학적으로 정의하기가 간단하기 때문이다. 한 가지 유의해야 할 점은 각 부재의 모든 작도와 형상정보가 이 기준점에 종속되어 있어야 한다는 것이다.

2.4 공유형상(Common Shape) 파라미터

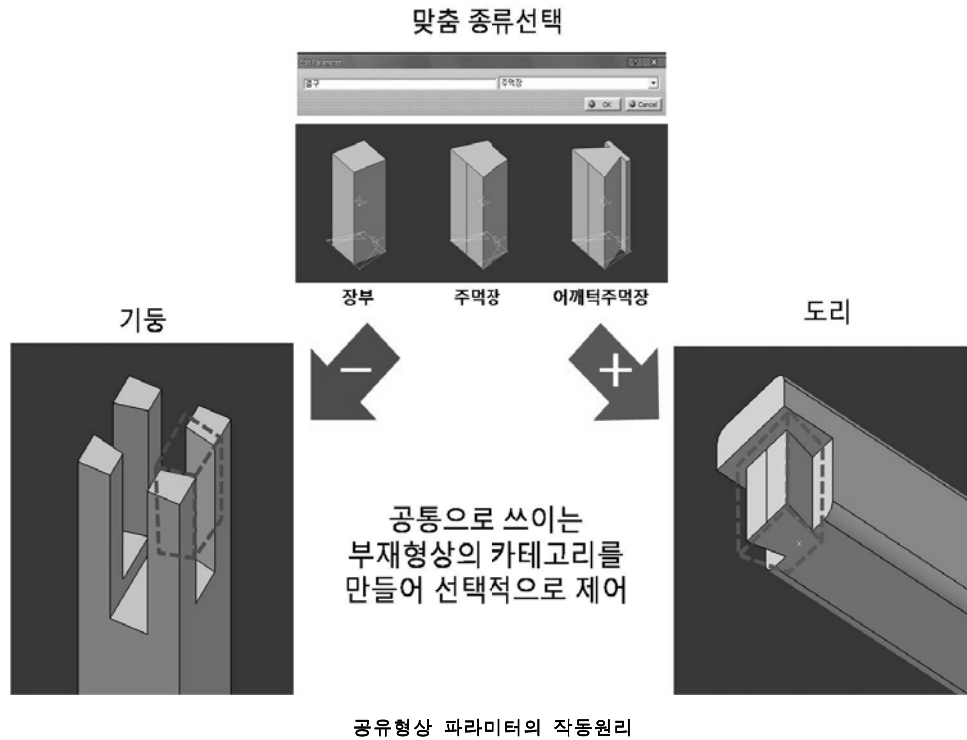
두 개 이상의 개별부재에서 공유하는 형상정보의 집합이다. 한옥의 결구방식이 가지고 있는 특징을 모델링에 반영하여 효율성을 높이기 위해 고안한 개념이다. 그림 9에서와 같이 도리는 기둥상부에서 맞춤을 통해 결구되는데, 이 때 사용자가 맞춤의 방식을 설정함에 따라 도리와 기둥의 형상이 동시에 연산될 수 있도록 하였다. 장부의 형상이 도리에서 돌출된 만큼, 기둥에서는 제거되는 결구의 원리를 모델링에 반영한 것이다. 공유형상 파라미터를 구현하는 방법은 다른 파라미터설정에 비

해 한 단계를 더 거친다. 맞춤의 경우를 예로 들어 설명하면, 우선 장부, 주먹장, 어깨턱주먹장이라는 세 가지 파라미터를 만들고, 각각을 2차원 작도들에 대응시킨다. 이 2차원 작도들에는 1차적으로 Solid 명령어가 적용되어 있고, 2차적으로는 도리와 기둥에 대해 Boolean 명령어가 적용되어 있다. 즉, 사용자가 장부, 주먹장, 어깨턱 주먹장 중 하나를 선택하게 되면, 그에 대응되는 2차원 작도가 활성화되고, 자동으로 Solid 명령이 실행되어 3차원 형상이 만들어지고, 마지막으로 도리와 기둥에 각각 Boolean 명령이 실행됨으로써⁸⁾ 형상이 선택적으로 변하게 되는 것이다.



파라미터와 2차원작도의 대응

⁸⁾Boolean Operation 중, 도리에는 Add 명령이, 기둥에는 Remove 명령이 각각 실행된다.

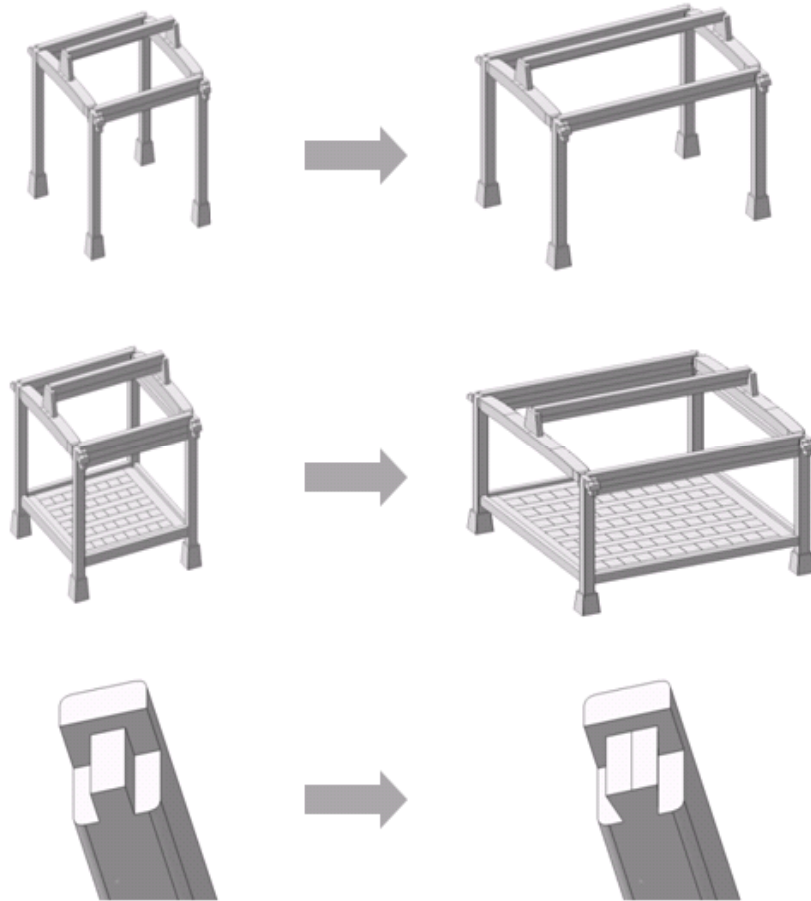


2.3 부재 형태별 모델링 방법론

본 절에서는 한옥부재별로 구체적인 모델링 방법을 제시하고자 한다. 모델링의 단계는 크게 파라미터 설정 및 구동방식 결정, 작도를 통한 형상구현으로 나눌 수 있다. 장부축과 같이 다른 부재와 결구되는 부분의 형상은 앞서 설명한 공유형상모델링과정을 통해 구현될 것이므로 본 장에서는 그 외의 부분만을 다룬다.

완성된 한옥모델의 활용성을 높이는데 그 초점을 맞추어 파라메트릭 구동방식을 결정하였다. 한옥은 기둥, 도리, 보, 서까래 등의 개별부재가 조합되어 공간의 기본단위인 '칸'을 만들고, '칸'의 단위로 공간이 반복적으로 확장하는 원리를 가지고 있으므로, '칸'의 규모를 결정짓는 칸살이는 상당히 중요한 치수가 된다. 칸살이는 기둥 중심의 간격을 의미하며, 이것이 변함에 따라 여러 가지 부재들의 모양이나 치수들이 달라진다. 따라서 일차적으로 칸살이를 조정함에 따라 전체적인 한옥 모델의 뼈대구조가 자동으로 연산되도록 하였다. 예를 들어, 사용자가 칸살이를 입력하면 각 기둥의 위치가 자동으로 계산되고 그에 따라 기둥에 결구되어 있는 장방형 부재들의 길이가 결정되는 것이다. 칸살이에 따라 부재들의 위치와 길이의 값이 정해지면, 부재별 두께, 너비, 결구의 형태 등은 따로 정의할 수 있도록 해주어 편의성을 보장하면서도, 다양한 디자인 가능성이 배재되지 않도록 파라메트릭 구동을 설정하는데 초점을 맞추었다. 또한, 마루널판과 같이 반복되는 부재들은 '칸살이'에

따라 개수가 조정되도록 하였으며, 장부맞춤의 경우 공유형상 파라미터를 통해 부분적인 형태 제어가 가능하도록 하였다.



파라메트릭 구동의 개념

- 장방형부재: 장혀, 도리, 인방

파라미터 설정 및 구동방식

수평으로 길게 놓이는 장방형의 부재들로 세우는 부재들로 단면과 길이 값으로 작도되는 가장 기본적인 형태의 부재들이다. 단면의 폭과 높이, 부재의 전체길이, 모적이 반경을 파라미터로 정의하였다. 장방형부재는 기둥과 기둥사이에 놓이는 경우가 대부분이므로 전체길이가 칸살이에 직접적으로 영향을 받도록 파라미터 관계를 설정하였다. 폭과 높이의 경우 독립파라미터로 지정하여 사용자의 다양한 디자인이 가능하도록 하였다.⁹⁾

작도법

9)일반적으로 칸살이가 증가하면 장방형 부재들의 폭과 높이도 같이 증가하는 경향이 있으므로, 비례체계에 대한 연구성과가 나오게 된다면 장방형 부재의 폭과 높이도 칸살이에 종속된 파라미터가 될 가능성도 있다.

기준점을 수직방향으로 지나는 단면에 작도한 2차원 도형에 길이방향 두께를 주는 명령어를 사용하여 몸통을 만들고 납도리의 경우 모접기를 구현하였다. 기둥과 결합되는 부분들은 공유형상에 장부맞춤, 주먹장맞춤, 통널고 주먹장 맞춤을 각각 모델링하여 파라미터를 통해 선택적으로 적용할 수 있도록 하였다.(그림11)



[보 방향칸살이]
= 2400mm
[도리 방향칸살이]
= 2400mm

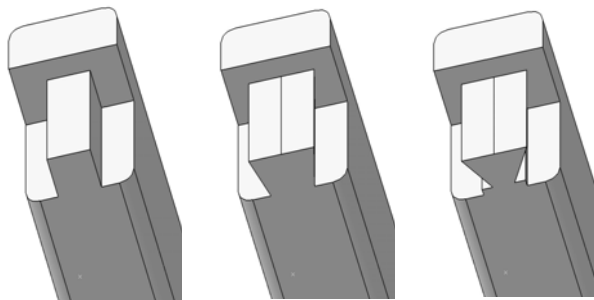


[보 방향칸살이]
= 3600mm
[도리 방향칸살이]
= 2400mm



[보 방향칸살이]
= 2400mm
[도리 방향칸살이]
= 3600mm

장허 · 도리의 파라메트릭 구동



장부맞춤 부분의 선택적 모델링의 예시

- **홀림형(tapered shape) 부재: 초석, 기둥, 대공**

중력에 수직방향으로 세우는 부재들로 밑면과 윗면을 구성하는 도형이 닦은꼴로 구성되는 것이 특징이다.

파라미터 설정

부재의 밑면과 윗면의 폭과 길이, 전체높이, 모접이 반경을 파라미터로 정의하였다. 밑면의 폭과 길이를 윗면의 폭과 길이에 대한 비례관계로 설정하였다. 초석 윗면 폭의 경우, 기둥 밑면의 폭 보다 커지지 않도록 하는 조건을 걸어두어 위에서 아래로 갈수록 형상이 두꺼워지는 비례체계가 유지되도록 하였다

작도법

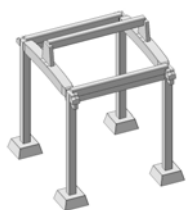
기준점을 수평방향으로 지나는 평면과 그 평면에 대해 수직방향으로 부재의 높이 만큼 떨어져 있는 평면을 정의하였다. 앞서 정의한 두 개에 평면에 부재의 단면을 작도하고, 두 개의 단면을 연결해 형상을 구현하였다.



비례변화 없음



기둥비례변화



초석비례변화



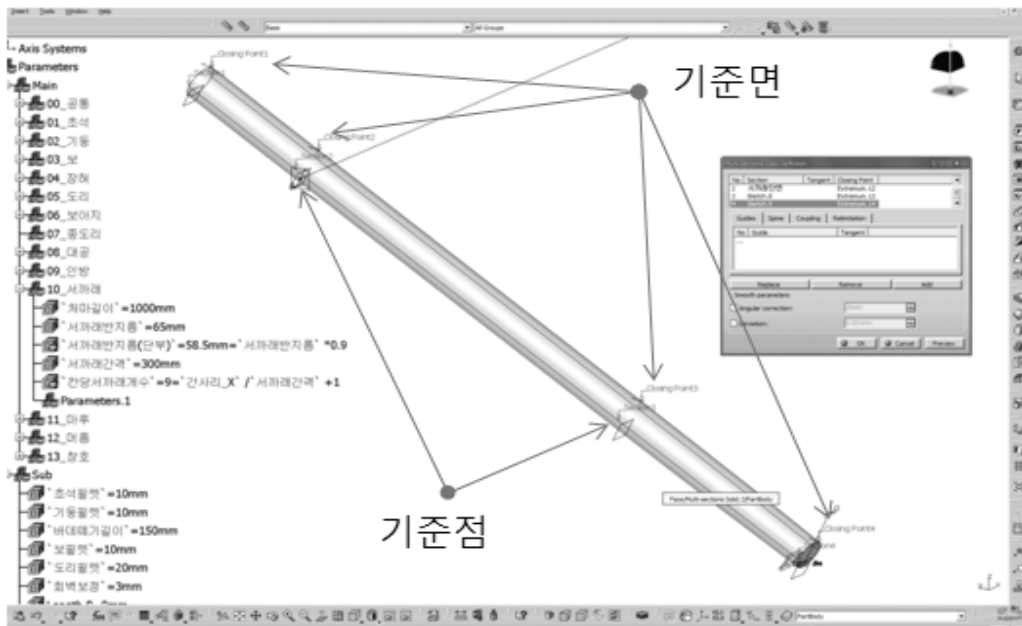
대공비례변화

초석, 기둥, 대공의 파라메트릭 구동

- **사선반복부재 - 평서까래**

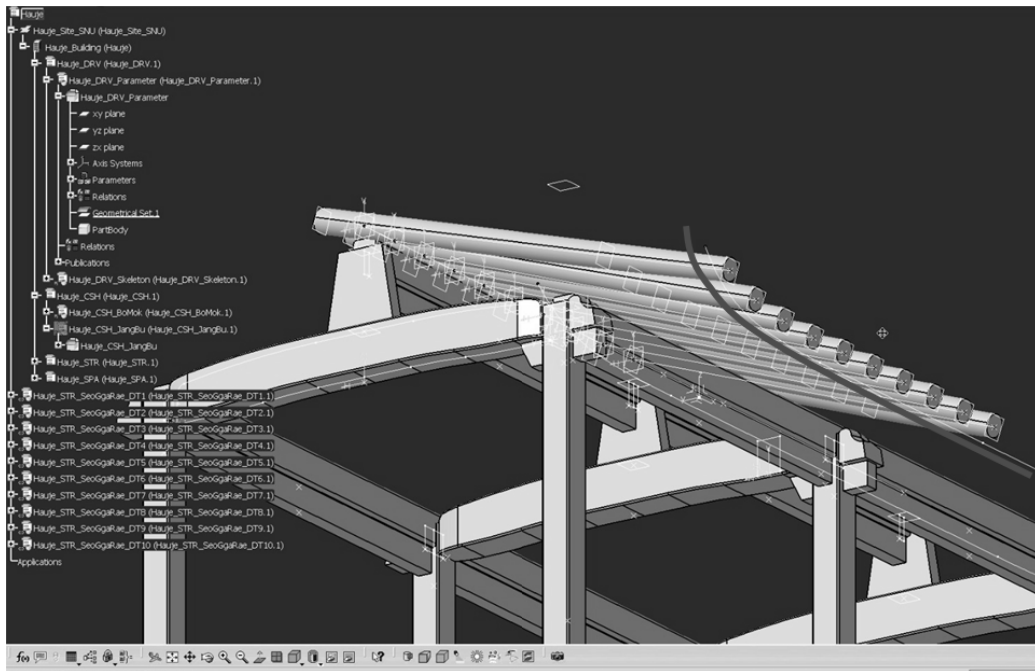
파라미터 설정 및 구동방식

평서까래의 각 단면에 대한 지름, 각 단면사이의 거리, 평서까래의 칸 당 개수, 평서까래의 간격을 파라미터로 설정하였다. 처마곡선에 따라 평서까래 코의 높이가 달라지고, 칸살이에 따라 평서까래의 개체수가 늘어난다는 점에 착안하였다. 평서까래의 경우 중력에 수평 혹은 수직 방향이 아닌, 경사져 놓이기 때문에 다른 부재들과 같은 방식으로 기준점을 정하는 것에 어려움이 있다. 따라서 주심도리, 종도리에 서까래가 놓이는 두 점을 평서까래 모델링의 기준점으로 정의하였다.(그림13) 기준점의 위치에 따라 처마곡선이 평서까래 코 부분의 평면에 생성하는 점의 위치가 변하고, 그 점은 다시 평서까래 코 부분의 단면의 높이 영향을 주어 결과적으로 처마곡선을 따라 조금씩 달라지는 평서까래의 치목원리를 반영하게 된다.¹⁰⁾(그림 14) 다만 이 방법대로라면 평서까래의 기준점들이 주심도리와 종도리 위치에 종속되기 때문에 칸살이가 커지면 평서까래의 기울기마저 달라지는 문제가 발생된다. 이는 칸살이와 대공높이의 관계식을 설정함으로써 보정할 수 있다.



평서까래의 기준점과 기준면

10)맞배지붕의 양단부에서 평서까래에 양곡과 안허리곡이 생기는 것을 반영한 것이다.

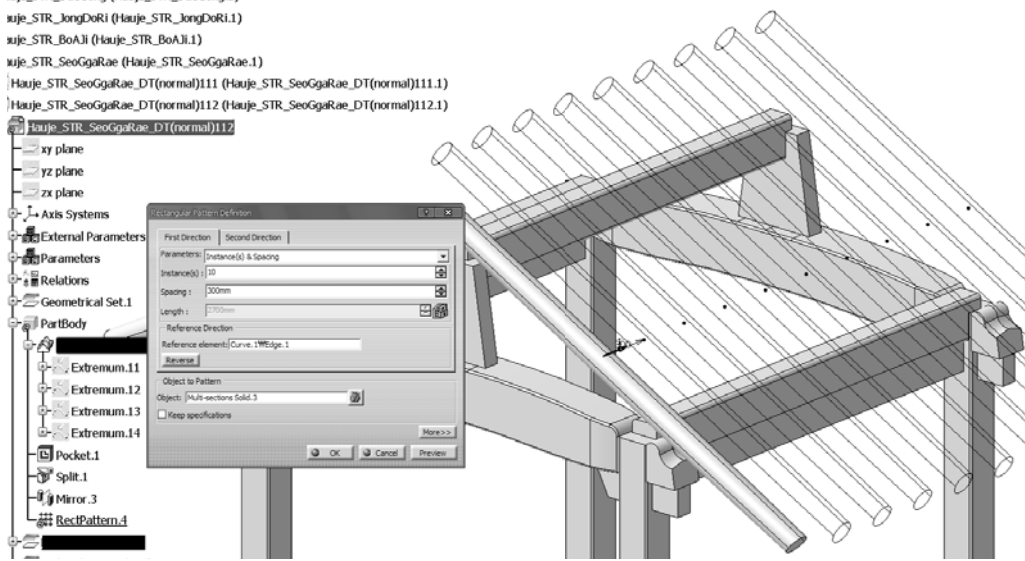


지붕곡선에 대응하는 평서까래 모델링

동일한 부재를 일정 간격으로 일정 구간 내에 자동적으로 복사하는 명령어¹¹⁾를 적용하여 칸살이에 따라 평서까래의 개수가 달라지는 한옥의 조형원리를 반영하였다. 기둥과 기둥사이의 평서까래 개수는 칸살이를 평서까래 간격으로 나눈 값의 정수부분만을 취하는 방법¹²⁾으로 추출되도록 함수식을 조정하였다.(그림15)

11) Digital Project의 'rectangular pattern'이라는 명령어를 통해 이 작업을 수행하였다. 입력사항은 반복될 개체와 간격(spacing), 개체 수(instance)이다.

12) 입력된 값의 소수점 이하의 수는 버리고, 정수 값만을 취하는 int함수를 이용하였다. 이 경우, 사용된 식은 다음과 같다. '칸 당 서까래 개수' = $\text{int}\{\text{칸살이(보)} / \text{서까래 간격}\}$



칸살이의 값에 따라 개수가 변하는 평서까래



칸살이=2400mm

칸살이=3600mm

평서까래의 파라메트릭 구동

작도법

평서까래가 도리와 만나는 두 점을 잇는 기준선에 수직으로 만나는 평면을 정의하였다. 다시 그 평면에 수직방향인 평면들을 정의한다음, 각각의 평면에 대응하는 평서까래의 단면¹³⁾을 작도하였다. 평서까래 코 부분의 평면에 그림4-4와 같이 처마곡선을 투영시켜 점을 생성한 다음, 그 점을 다시 평서까래 코 단면과 종속시켜 작도하였다. 이렇게 작도한 평서까래의 단면들을 연결하여 몸통을 만들고, 평서까래 뿌리부분을 하유재의 정중앙을 가로지르는 평면을 참조하여 잘라내었다.

- 일방향(one-way) 반복조합형부재: 머름

13)장기인, 『목조』, 1993, pp.302-316

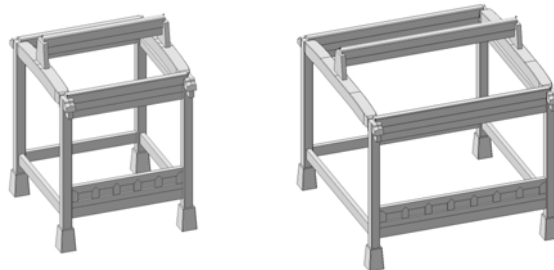
파라미터 설정 및 구동방식

'머름동자 폭', '머름동자 두께', '머름청판 높이', '머름청판 길이', '머름청판 두께', '머름중방 높이', '머름중방 두께', '머름동자연귀맞춤 높이', '머름동자 개수', '머름청판 개수'를 파라미터로 설정하였다.

칸살이를 조절함에 따라 머름동자, 어미동자, 머름청판, 머름중방이 같이 연동되도록 파라미터간 관계를 설정하였다. 머름청판과 머름동자는 기동간격이 600mm단위로 변동될 때 마다, 개체수가 하나씩 변동하도록 설정하였다. 600mm미만의 변동이 있을 경우, 개체수의 변동은 없고 '머름청판 길이'가 변동된 값의 등분만큼 증감하는 것으로 설정하였다. 머름중방은 '머름동자 개수'의 변동에 따라 연귀맞춤된 부분이 증감하는 것에 맞추어 형상이 변화하도록 설정하였다.

3.5.2 작도법

어미동자의 개수와 형상, 위치는 변하지 않으므로 일반적인 장방형 부재와 같은 방법으로 모델링을 진행하였다. 머름청판과 머름동자는 머름의 길이방향을 축으로 하여 평서까래 모델링에서 사용하였던 구간 복사를 통해 구현하였다. 머름중방은 머름동자와 사자연귀맞춤으로 되어 있기 때문에 머름동자의 개수가 바뀌면, 그에 대응하여 머름중방의 형상도 달라진다.¹⁴⁾ 일단, 머름중방을 장방형 부재로 모델링하고, 머름동자의 형상을 참조하는 또 하나의 형상을 만들어 그와 겹치는 부분을 제거하는 방식을 적용하였다.



칸살이=2400mm

칸살이=3600mm

머름의 파라메트릭 구동

14)장기인, 『목조』, 1993, pp.153-154

이방향(two-way) 반복조합형부재: 마루

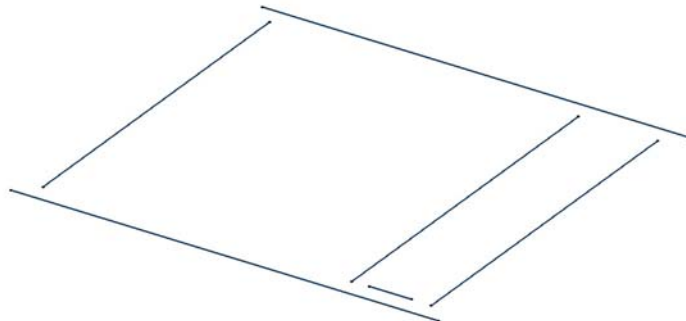
파라미터 설정 및 구동방식

'마루널폭(보)', '마루널폭(도리)', '마루널 높이', '마루널 두께', '마루널 개수', '장귀틀 폭', '장귀틀 길이', '장귀틀 개수', '동귀틀 폭', '동귀틀 길이', '동귀틀 개수'를 파라미터로 설정하였다. 칸살이가 변하는 방향에 따라 대응하는 파라미터도 달라지도록 설정하였다. 우선, 칸살이가 동귀틀의 길이방향으로 변하게 되면, 마루널판의 폭과 개수가 변하도록 함수관계를 정의하였다. 칸살이가 동귀틀의 길이방향과 직각방향으로 변하게 되면, 동귀틀의 개수와 마루널판의 개수, 마루널판의 폭이 모두 영향을 받도록 정의하였다.

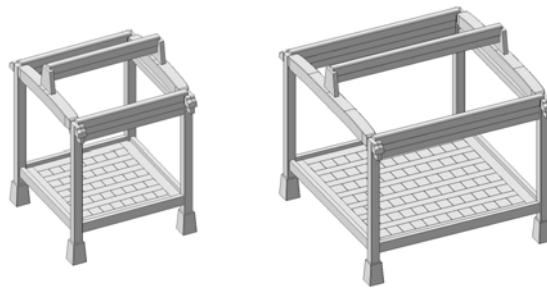
마루널판은 기동간격이 300mm단위로 변동될 때 마다, 개체수가 하나씩 변동하도록 설정하였다. 300mm미만의 변동이 있을 경우, 개체수의 변동은 없고 널판의 폭이 변동된 값의 등분만큼 증감하는 것으로 설정하였다. 동귀틀은 기동간격이 600mm단위로 변동될 때 마다, 개체수가 하나씩 변동하도록 설정하였다. 600mm미만의 변동이 있을 경우, 개체수의 변동은 없고 널판의 폭이 변동된 값의 등분만큼 증감하는 것으로 설정하였다.

작도법

마루를 구성하는 부재들의 중심선을 그림18과 같이 작도하였다. 마루의 형상은 반복되는 형상들로 상당히 복잡해보이지만 이처럼 6개의 기준선을 작도함으로써 간단하게 모델링할 수 있다. 선을 기준으로 장방형부재를 만들어내는 명령어를 사용해 장귀틀 2개, 동귀틀3개, 마루널판 1개를 모델링하였다. 동귀틀은 보방향으로만, 마루널은 보방향과 도리방향 모두에 구간 복사 명령어를 적용시켜 마루의 전체 형상을 구현하였다.



중심선을 통한 마루의작도



칸살이=2400mm

칸살이=3600mm

마루의 파라메트릭 구동

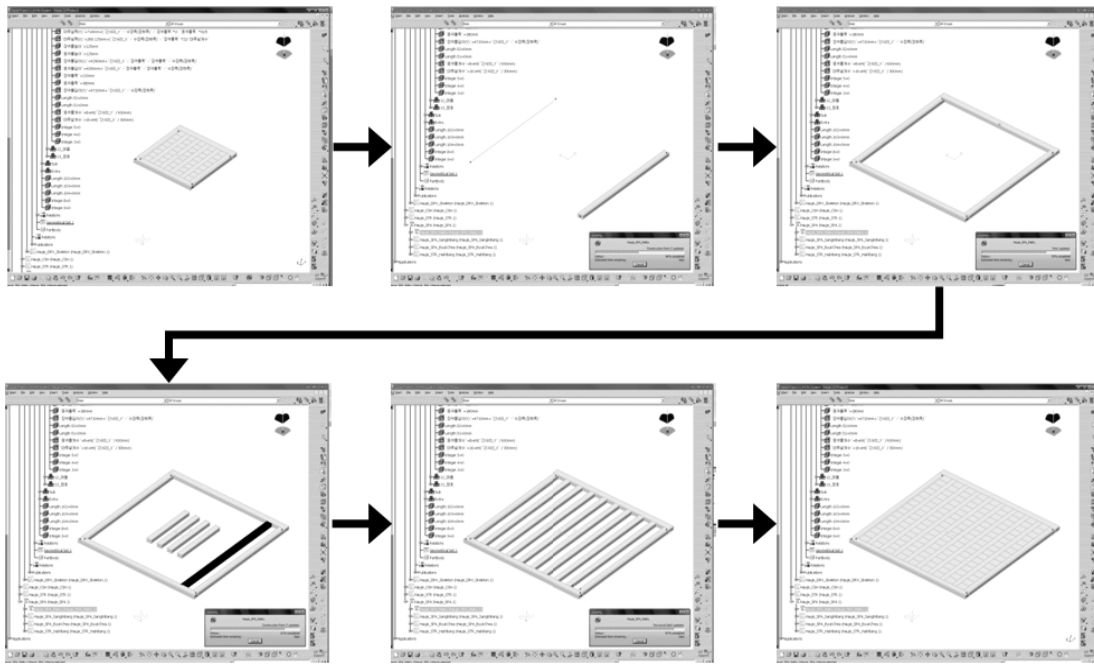
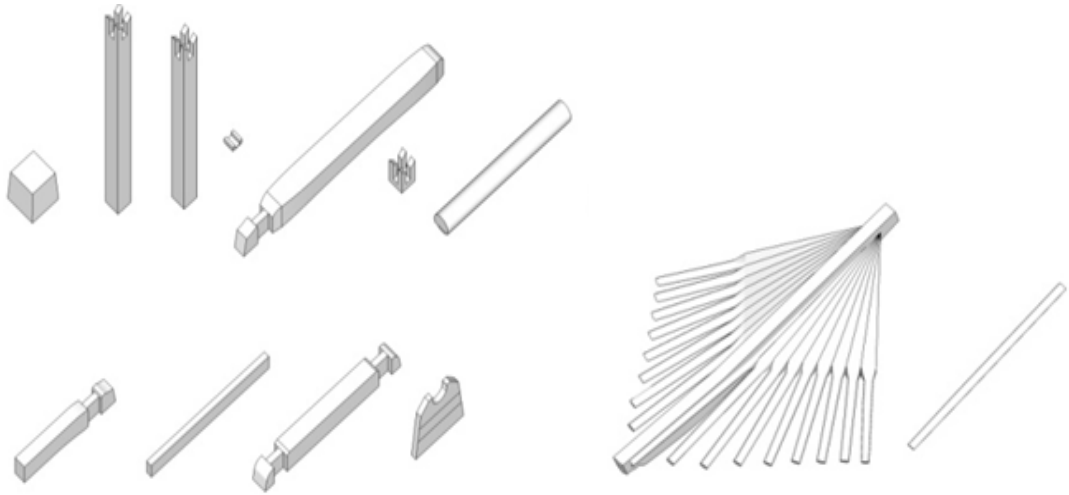


그림 20 Digital Project 상에서의 파라메트릭 구동예시(마루)
(연산소요시간: 2초)

3. 파라메트릭 모델링의 과정

3.1 부재유닛의 개념

- 한옥부재 라이브러리의 가장 기본이 되는 단위로서, 부재유닛 라이브러리를 구축하였다. 총 50여 종으로 구성되어 있다.



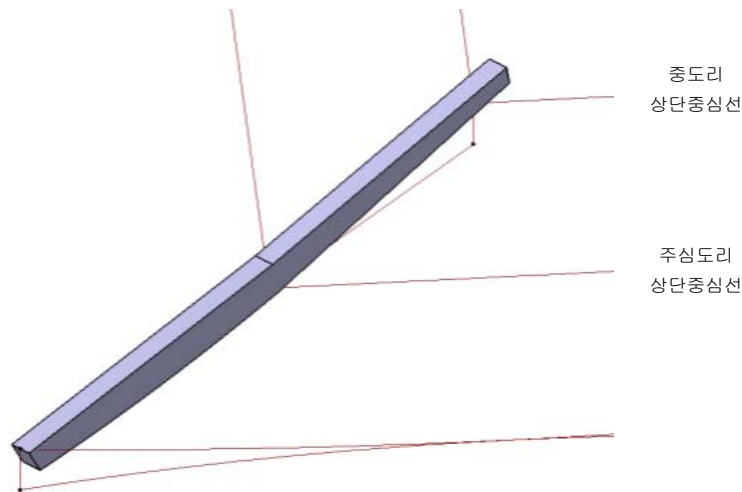
부재유닛의 예시

3.2 부재유닛의 예시

추녀, 갈모산방, 선자연의 파라메트릭 모델링

추녀의 파라메트릭 모델링

추녀는 주심도리가 교차하는 위치와 중도리 또는 종도리가 교차하는 지점을 기준으로 놓이게 된다. 주심도리를 기준으로 안쪽은 추녀의 내목 바깥쪽은 외목으로 구분 짓는다.



추녀의 형상

모델링을 시작할 때 형상을 구축하는 파라미터에 사용될 기본적인 파라미터를 정의해야 한다. 앞에서 언급했듯이 몸체요소와 지붕요소에 대한 정의가 필요하고 추가로 양곡 점에 대한 위치 정의를 위해 장연의 지름 수치가 필요하다.

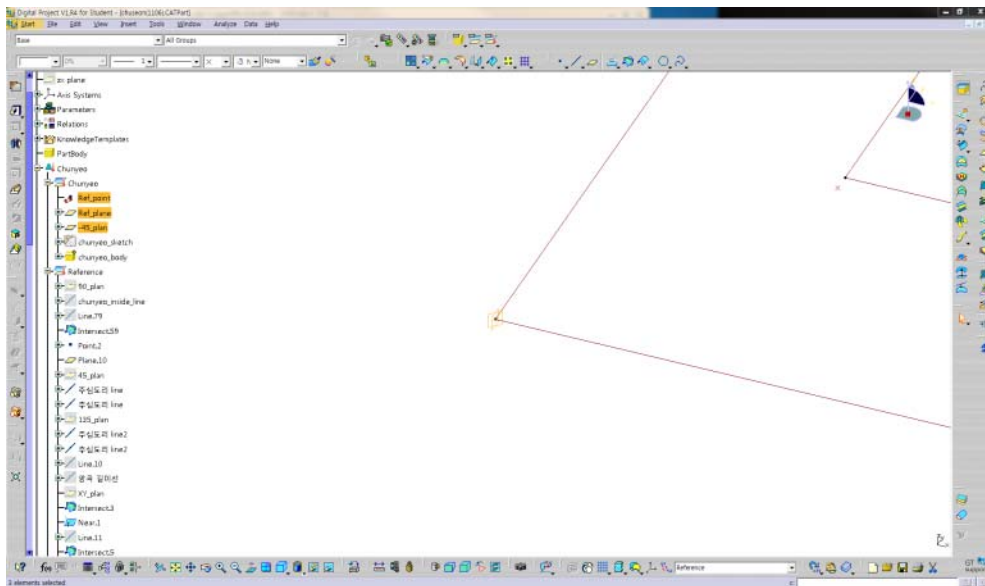
기본 파라미터에 대한 설정은 [표 15]와 같이 하였고¹⁵⁾ 이러한 기본 파라미터는 독립적인 파라미터로 사용자에게 따라 자유롭게 변경할 수 있다.

파라미터에 대한 설정 후에는 기준점의 위치를 잡는다. 본 연구의 모델링은 주심도리 상부교차점([그림 36] 점O)을 기준점으로 잡았다. 이 기준점은 추후 몸체와 처마부의 접합 시 사용된다.

추녀 모델링의 기본 설정 파라미터

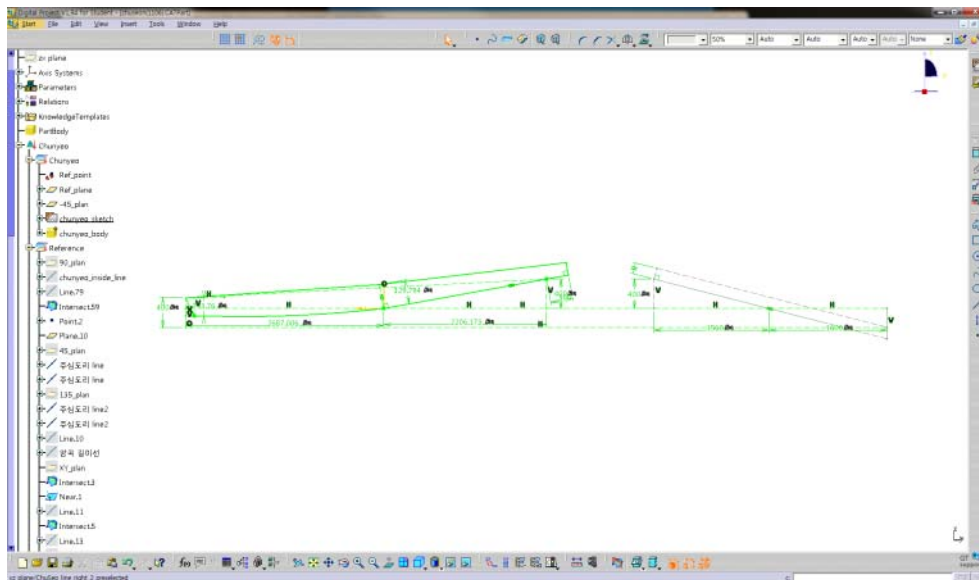
기본 파라미터	설정값
도리 간 수평간격	1500mm
도리 간 수직간격	600mm
처마내밀기	1500mm
양곡	400mm
안허리곡	200mm
장연 지름	150mm

15) 민영기의 연구에서 전통 한옥사례를 통해 도출한 예제와 유사한 크기를 적용하였다. 민영기, 앞의 논문, 2010, p.68



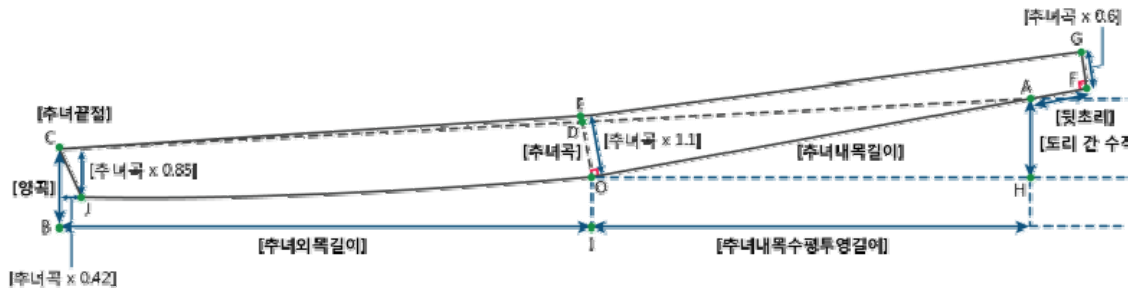
기준점과 기준면 설정

기준점을 설정한 후에는 추녀의 단면을 그려야 한다.¹⁶⁾ 단면을 그리고 단면에 두께를 주면 추녀가 완성된다. 추녀의 단면을 그리는 방법은 '추녀곡'을 설정하는 방법에 따라 장인마다 차이가 있으나 가장 일반적인 추녀곡 잡는 방법을 적용하여 현치도법¹⁷⁾을 사용하였다.

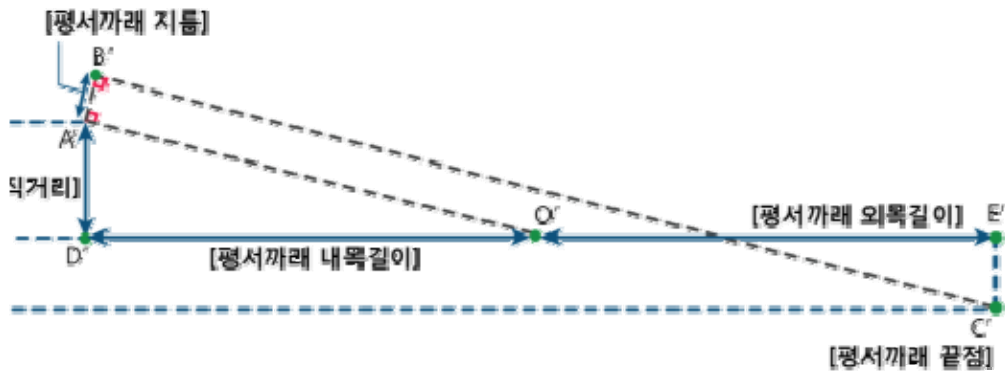


추녀 단면 그리기 - 전체 모습

16) Digital Project의 Sketch 명령어를 사용한다.
 17) 일종의 전개도법으로 다면 투상도에 담아 지지 않는 비정형의 경사지붕이나 범선을 제작하기 위해 고안된 실제 치수의 도면이다. 김종훈, 「전통 한옥 계획에 나타난 장인 건축기법 연구」, 명지대학교 박사학위논문, 2011, pp.138-146



추녀 단면 그리기 - 추녀 확대



추녀 단면 그리기 - 기준 평서까래 확대

'추녀곡'은 [그림 36]에서 점C는 추녀끝점, 점A는 중도리 상부교차점이며 선분AC를 향해 점O에서 선분 AO에 수직인 선을 그어 만나는 접점(점D)까지의 치수이다. 이 추녀곡에 의해 추녀의 끝의 올라가는 크기가 결정되며 이는 곧 양곡과 연결된다. 장인들마다 건물의 양식이나 규모, 처마내밀기 정도에 따라 그 치수가 다른 것으로 알려져 있다.

장인들의 추녀곡 산출기준

도편수명	추녀곡 기준	출처
김창희	건물규모에 따라 1.3~1.4자(30평), 1.5~1.6자(30~60평) 2.3자(100평)	손미영 연구 ¹⁸⁾
조희환	도리간격 1자당 2.5치 건물규모에 따라 1.3~1.4자(30평), 1.5~1.6(30~60평), 2.3자(100평)	민영기 연구 ¹⁹⁾
신응수	도리간격 1자당 3치	민영기 연구
	20평집 이하 1.3~1.4자, 30~50평집 1.5~1.6자, 100평이상 2.3자	배지민 연구 ²⁰⁾
전명복	익공집 : 1.3자정도	김중훈 연구 ²¹⁾
윤창병	장여집 : 내목길이 4자이하 일 때 2.5~3자 익공집 : 내목길이 5자~6자 일 때 3.54자 포집 : 내목길이 8자 일 때 4.5자	김중훈 연구
김영성	익공집 : 1.2자 포집 : 1.3~1.5자	김중훈 연구
박영곤	건물규모 25평 : 2.3자 30평 : 2.5자 50평 : 3자	김중훈 연구
이광복	처마내밀기 * 0.25	김중훈 연구

18) 손미영, 앞의 논문, 2006, p.40

19) 민영기, 앞의 논문, 2010, p.19

20) 배지민, 앞의 논문, 2003, p.22

21) 김중훈, 앞의 논문, 2011, p.142

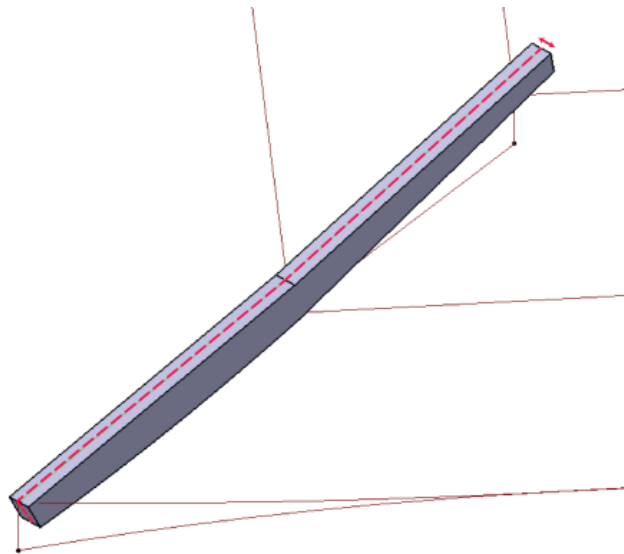
하지만 본 연구에서 추녀곡은 독립 파라미터로 잡지 않고 대신 양곡을 독립 파라미터로 설정하였다. 한옥의 추녀곡에 대해서 잘 모른다면 추녀곡을 설정하기 어렵기 때문에 직관적으로 이해하기 쉬운 양곡의 조절을 통해 자동적으로 추녀곡이 따라가는 형태로 모델링을 구축하였다. 하지만 좀 더 고급사용자이며 장인들의 방식을 더 엄격히 적용하고 싶은 경우에는 추녀곡을 독립 파라미터로 잡고 양곡을 추녀곡에 따르는 종속파라미터로 바꿀 수도 있다.

먼저 기준점 O에서 점A로 추녀내목길이선을 긋는다. 선분OA의 수평길이는 [도리 간 수평거리 $\times \sqrt{2}$]이고 수직길이는 [도리 간 수직거리]가 되므로 파라미터 함수식을 적용한다. 점C를 잡기 위해서는 기준 평서까래의 끝점의 위치가 필요하다. 양곡이 기준평서까래의 끝점과 추녀끝점의 높이차이기 때문이다. 실제로 실측조사보고서를 살펴보면 추녀옆의 첫 번째 선자연²²⁾을 기준으로 양곡을 측정하지만 장인들의 작도법은 추녀끝을 기준으로 하고 있으며 선자연 초장을 기준으로 한 것과 큰 차이가 없으므로 추녀끝점을 양곡 기준으로 한다. 가상의 기준 평서까래를 작도하여 점 C의 위치를 잡고 앞에서 말한 가장 일반적인 방식의 추녀곡 설정방법으로 추녀곡을 잡는다. 나머지 추녀외목 밑부분인 추녀배와 추녀내목상부, 내목 뒤로 내민 부분인 뒷초리를 그려 추녀의 단면을 완성한다. [표 21]에 사용되는 파라미터들을 정리하였다. 이러한 파라미터 중 음영이 들어간 추녀 중심 춤, 추녀 뒷 춤은 추녀로 사용될 목재에 따라 결정되며 추녀 하단 끝점, 뒷초리, 추녀배의 형태는 디자인적인 요소로 사용자가 원하는 대로 치수를 변경하여 입력해도 된다.

22) 선자연 초장이라고 함

추녀 형상 파라미터 관계

기호	파라미터 명칭	구분	성격	관계 함수
O	주심도리상단 교차점	점		기준점
선분OH	추녀내목수평투영선	선	종속	[도리 간 수평거리 x $\sqrt{2}$]
선분AH	중도리와 주심도리 높이차	선	독립 기본	[도리 간 수직거리]
A	중도리상단 교차점	점		-
선분OA	추녀내목길이	선	종속	$[\sqrt{((\text{도리 간 수평거리} \times \sqrt{2})^2 + (\text{도리 간 수직거리})^2)}$
O'	주심도리상단점	점		가상 평서까래 기준점
선분O'D'	평서까래 내목길이	선	독립 기본	[도리 간 수평거리]
선분A'D'	중도리와 주심도리 높이차	선	독립 기본	[도리 간 수직거리]
A'	중도리상단점	점		-
선분O'A'	평서까래 실제 내목길이	선	종속	$[\sqrt{((\text{도리 간 수평거리})^2 + (\text{도리 간 수직거리})^2)}$
선분A'B'	평서까래 지름	선	독립 기본	[평서까래 지름]
선분O'E'	처마내밀기	선	독립 기본	[처마내밀기]
C	평서까래 상단 끝점	점	종속	선분 B'C와 선분 C'E의 교차점
I	주심도리상단 교차점의 수평투영점	점	종속	점 O를 지나는 수직선과 점 C를 지나는 수평선의 교차점
선분BI	추녀외목길이	선	종속	[(처마내밀기 + 안허리곡) x $\sqrt{2}$]
선분BC	평서까래 끝점과 추녀끝점 간격	선	독립 기본	[양곡]
C	추녀상단끝점	점		-
D	추녀곡 점	점	종속	선분 AC와 선분AO의 수직선과의 교차점
선분OD	추녀곡	선	종속	양곡과 평서까래 지름에 따라 결정 <추녀곡>으로 정의
선분OE	추녀 중심 춤	선	종속	[추녀곡 x 1.15]
선분AF	뒷초리	선		약 300mm (보통 300mm이상)
선분FG	추녀 뒷 춤	선	종속	[추녀곡 x 0.6]
J	추녀하단 끝점	점	종속	점 C에서 수직으로 [추녀곡 x 0.85] 밑으로, 수평으로 [추녀곡 x 0.42] 안쪽으로 이동
곡선OJ	추녀배	선	종속	3개의 점 J, O, A을 지나는 곡선



추녀폭의 설정

추녀폭 파라미터 정의

파라미터 명칭	구 분	관 계 합 수
추녀폭	중속	[추녀곡 x 0.7]

추녀 단면이 완성된 뒤에 단면에 두께 값을 입력²³⁾하면 추녀가 완성된다. 추녀의 폭은 수직하중을 받는데 유리하도록 춤보다 작게 설정되며 180x210의 비율을 많이 사용하였다.²⁴⁾ 본 연구에서는 [추녀곡 x 0.7]로 설정하여 추녀의 춤이 커지는 만큼 추녀폭도 늘어날 수 있도록 하였다. 물론 0.7의 수치는 사용자가 변경할 수 있다.

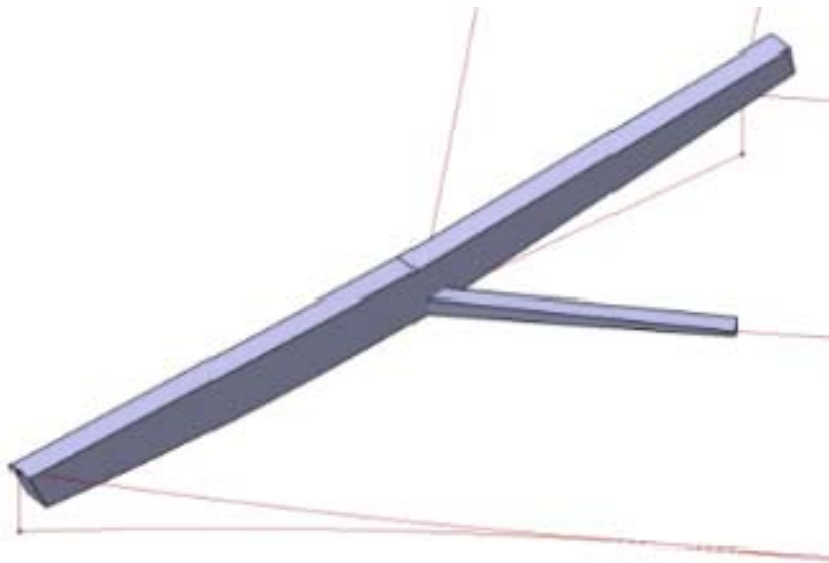
2) 갈모산방의 파라메트릭 모델링

갈모산방은 주심도리 상단에 위치하며 추녀와 선자연을 받치는 부재이다. 갈모산방의 높이가 높아질수록 선자연의 곡은 줄어들게 되며 직선재에 가깝게 된다. 최근에는 휘어진 부재를 구하기 어렵기 때문에 직선재를 많이 사용한다.²⁵⁾

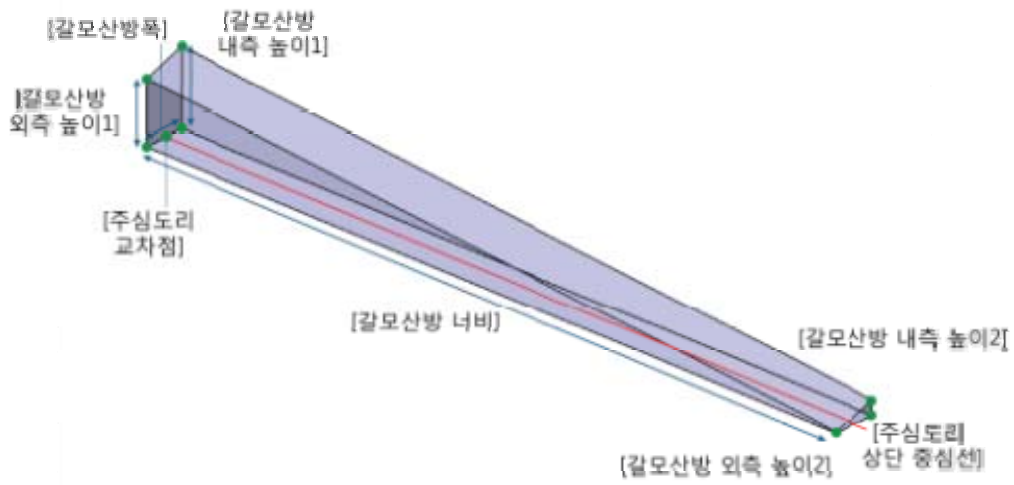
23) Digital Project의 Pad 명령어를 사용한다.

24) 민영기, 앞의 논문, 2010, p.64

25) 민영기, 앞의 논문, 2010, p.87



갈모산방 위치와 형상



갈모산방 파라미터 명칭

갈모산방 파라미터 정의

파라미터 명칭	구 분	관 계 함 수
갈모산방 너비	종속	[도리 간 수평거리] x 1.03
갈모산방 폭	독립	약 90mm ²⁶⁾
갈모산방 외측 높이1	종속	[추녀곡] * 0.5
갈모산방 외측 높이2	독립	3mm
갈모산방 내측 높이1	종속	[추녀곡] * 0.5 + 30mm
갈모산방 내측 높이2	독립	33mm

갈모산방의 높이도 역시 연구자별로 조금씩 달랐고 정리하면 [표 20]와 같다.

장인들의 갈모산방 높이 산출기준

도편수명	갈모산방 높이 기준	출처
신응수	추녀곡 * 0.5	배지민의 연구 ²⁷⁾
김창희	수장폭의 1~.15배 또는 1.5~2배 (정확한 기준치는 없는 것으로 추정)	손미영의 연구
-	갈모산방의 기울기가 평고대의 기울기보다 작게 하는 것이 원칙 => [양곡 / (도리 간 수평거리 + 처마내밀기 + 안허리곡)] 보다 작게함 추녀몸통 높이의 1/3	민영기의 연구 ²⁸⁾

민영기의 연구에서 나타난 방법을 함수식으로 정리하면 처마곡선을 직선으로 가정하고 기울기는 [양곡 / (도리 간 수평거리 + 처마내밀기 + 안허리곡)]이다. 이와 동일한 기울기를 갈모산방에 적용하면 초장은 거의 곡이 없게 되지만 실제 처마곡선은 직선이 아니라 곡선이기에 이장, 삼장의 선자연은 선자 외목이 선자 내목보다

26) 민영기, 앞의 논문, 2010, p.87

27) 배지민, 앞의 논문, 2003, p.35

28) 민영기, 앞의 논문, 2010, p.52

쳐진 곡이 발생한다. 그래서 쳐마곡선 기울기 80% 정도로 갈모산방의 기울기를 주어 초장은 곡이 있지만 이장, 삼장에서는 곡이 적게 발생하도록 하였다. 이 방법에 의해 구해진 치수와

[추녀곡 * 0.5]의 수치가 유사하기 때문에 좀 더 간단한 방법인 [추녀곡 * 0.5]로 모델링을 구성한다.

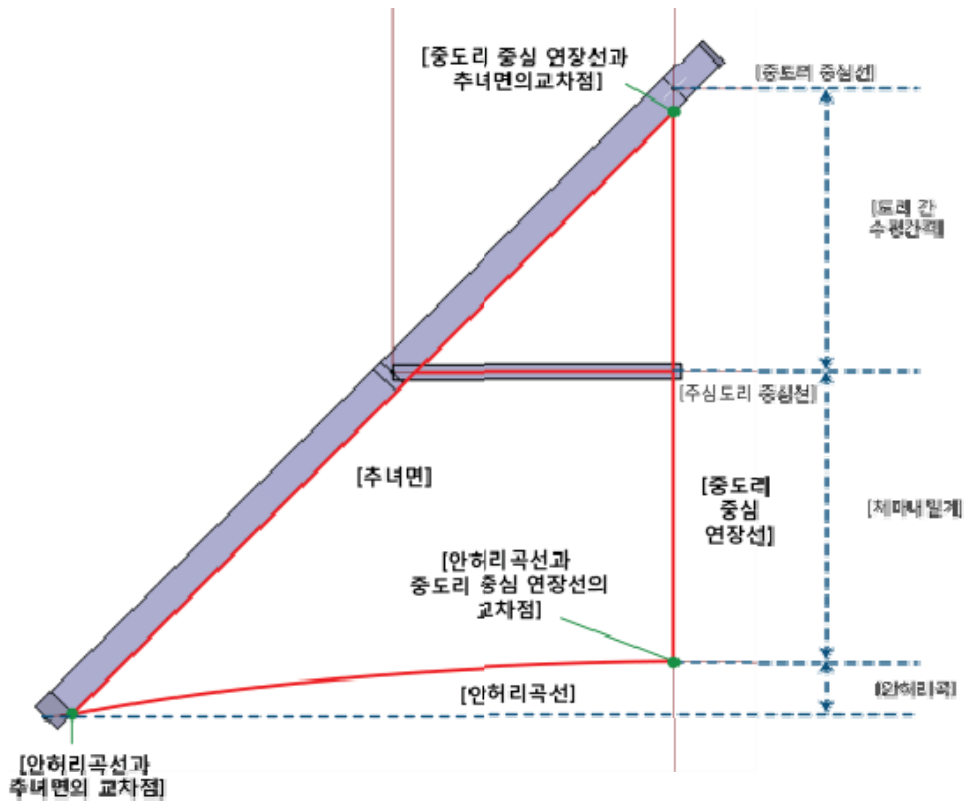
추녀 뒷면의 높이는 선자연 내목 밑을 받쳐야하나 선자연을 그리기 전에 정확한 치수를 알기 어렵기에 선자연을 작도한 뒤에 보완하도록 한다. 또 추녀와 겹치는 부분은 추녀의 모양에 맞게 갈모산방 부분을 삭제한다.

선자연의 파라메트릭 모델링

선자연 나누기 기준선

선자연의 형상과 위치는 장인들이 사용하는 선자연 나누기 방법²⁹⁾을 통해 결정된다. 선자연 나누기를 위해 먼저 선자연 나누기의 기준이 되는 기준선을 작도해야한다. 선자연 나누기는 [그림 41]과 같은 가상의 평면을 통해 이루어지며 선자연 나누기 선들이 채워질 평면을 의미한다.

29) 민영기의 연구에 나온 선자연 나누기를 주로 참조 하였다. 민영기, 위의 논문, 2010, pp.93-98

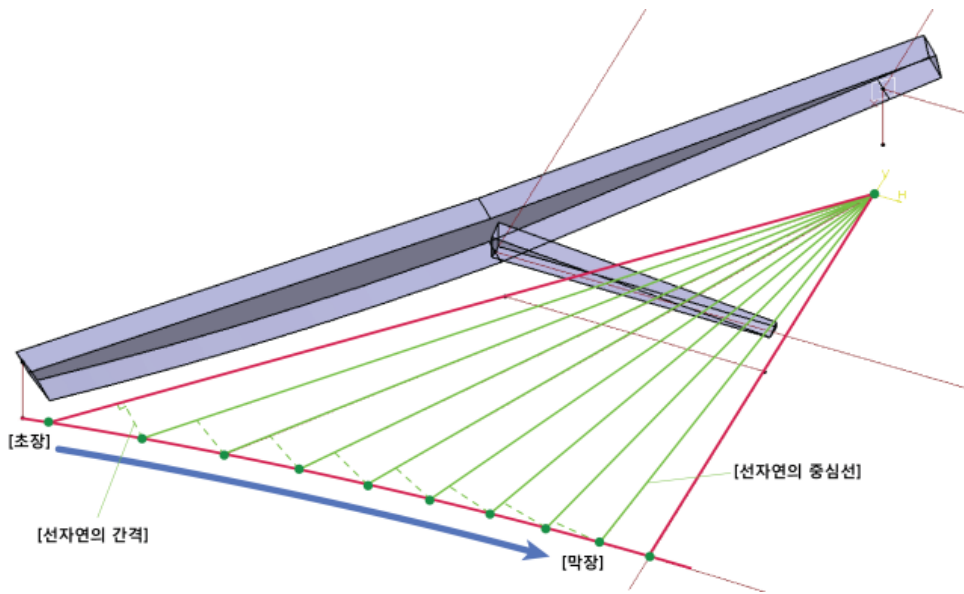


선자연 나누기 기준선 작도

선자연 나누기를 위해서는 3개의 기준점이 필요한데 첫 번째는 중도리 중심선의 연장선과 추녀면의 교차점, 두 번째는 안허리곡선과 추녀면의 교차점, 세 번째는 중도리 중심선 연장선과 안허리곡선의 교차점이다. 이들 세 점을 기준으로 하는 가상의 평면을 그리는데 추녀 끝에서 양곡만큼 떨어진 면을 기준으로 해야 처마곡선과의 바로 연결되기에 작도에 편하다.

선자연 중심선 나누기

가상의 평면이 준비되면 선자연 나누기를 하면서 선자연들의 중심선의 위치를 잡는다. 선자연 초장은 추녀 면에 붙어 있으며 추녀 면으로부터 약 한 자(약 300mm) 길이 간격으로 선자연들의 중심선을 그려나간다. 추녀면에 수직선과 안허리곡선의 교차점이 선자연 이장의 끝점이 되고 선자연 이장 중심선의 수직선과 안허리곡선의 교차점이 선자연 삼장의 끝점이 된다. 나머지도 이와 같은 방법으로 선자연 나누기를 한다.



선자연 중심선 작도

선자연 간격 파라미터 정의

파라미터 명칭	구 분	관 계 함수	출처
선자연 간격	독립	1차 간격(평연간격)	민영기의 연구 ³⁰⁾
		1차(평연크기 3~6치일 때)	손미영의 연구 ³¹⁾
		1.1차(평연크기 7치)	

민영기의 연구에서는 선자연 막장의 중심선이 중도리 중심 연장선과 정확히 일치하도록 선자연의 간격을 조정하였지만 파라메트릭 모델링에서는 다양한 크기에 따라 선자연의 개수가 늘어나야 한다. 아직까지 완벽히 자동생성 및 삭제되는 로직을 개발하지 못하였기에 주거용 한옥 사례에서 활용할 수 있도록 마지막 기준선에 딱 떨어지는 것과 상관없이 선자연 중심선 13개를 그려준다.

선자연의 간격은 처마부 전체 모델링시 장연과의 간격 조정으로 인하여 변경할 필요성이 있으므로 파라미터로 정해둔다.

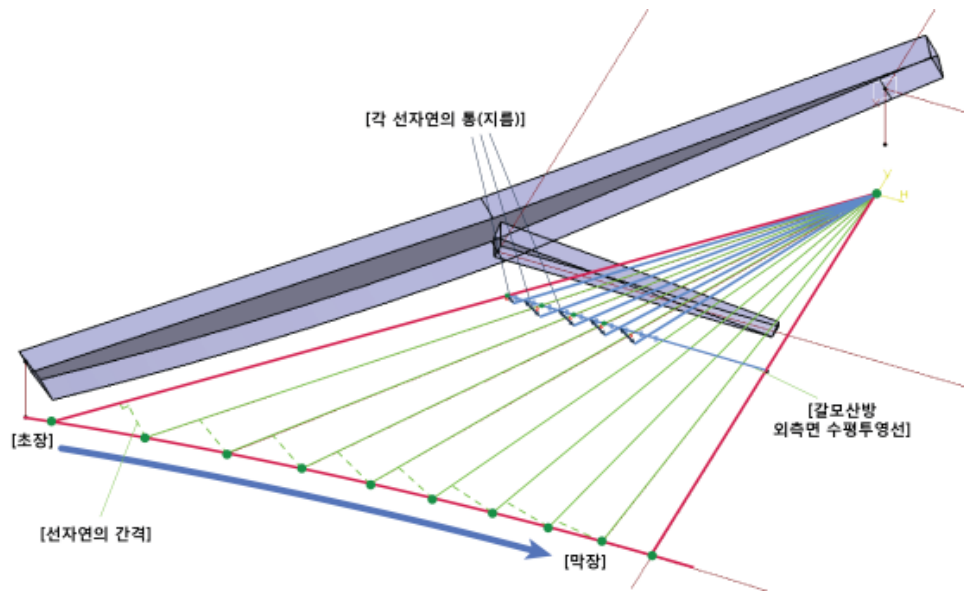
선자연 통주기

선자연 중심선 그리기가 완성되면 다음으로 선자연의 통을 준다. 갈모산방 외측면을 기준으로 안쪽은 선자 내목이 바깥쪽은 선자 외목이 위치하게 되므로 갈모산방

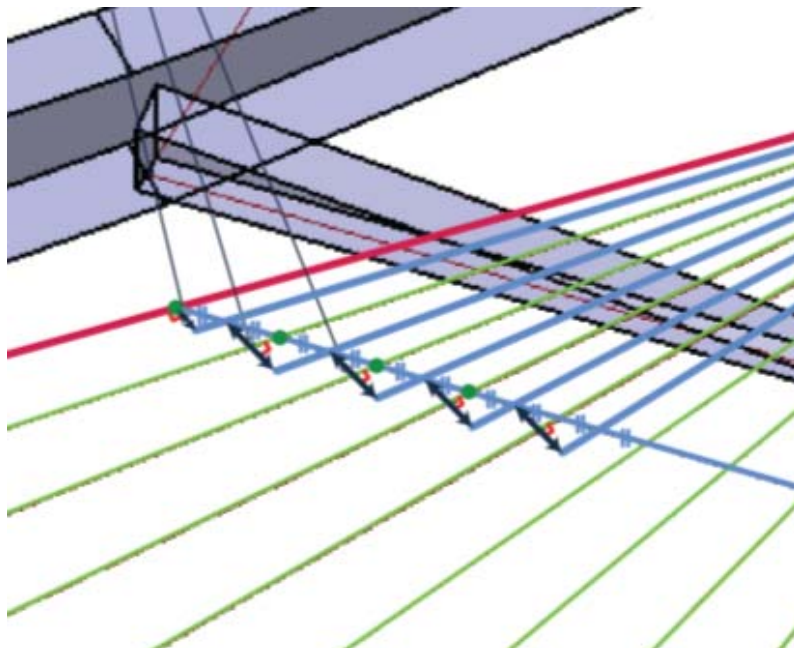
30) 민영기, 앞의 논문, 2010, p.94

31) 손미영, 앞의 논문, 2006, p.44

외측면과 선자연 중심선 교차점 간격을 2등분하여 통을 정한다. 선자연 나누기와 마찬가지로 초장부터 막장의 순서로 진행하고 각각의 통의 크기를 측정하여 선자연 외곽 그릴 때 사용할 수 있도록 한다.



선자연 통주기



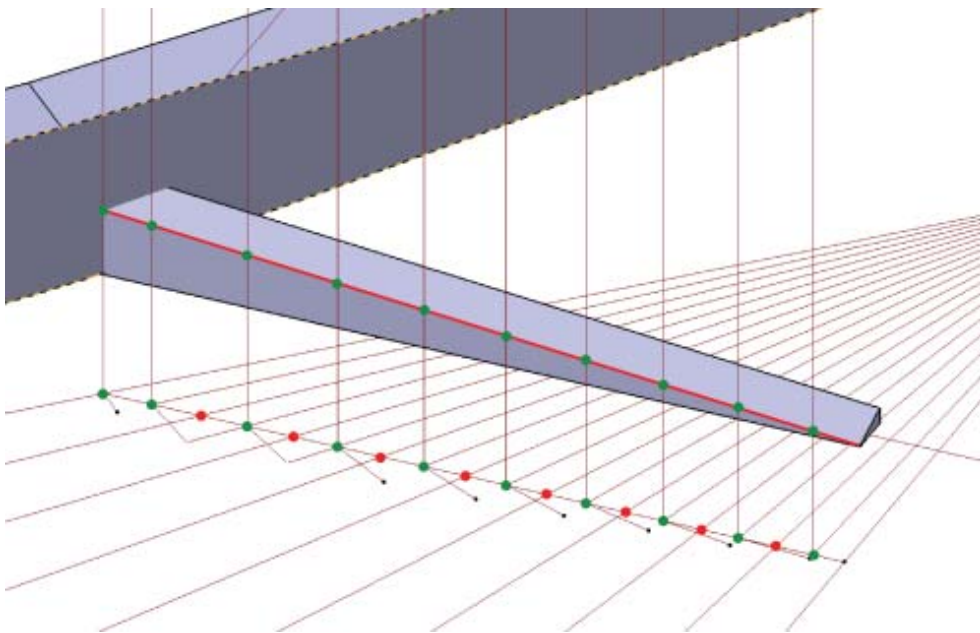
선자연 통주기 상세도

선자연 내목 그리기

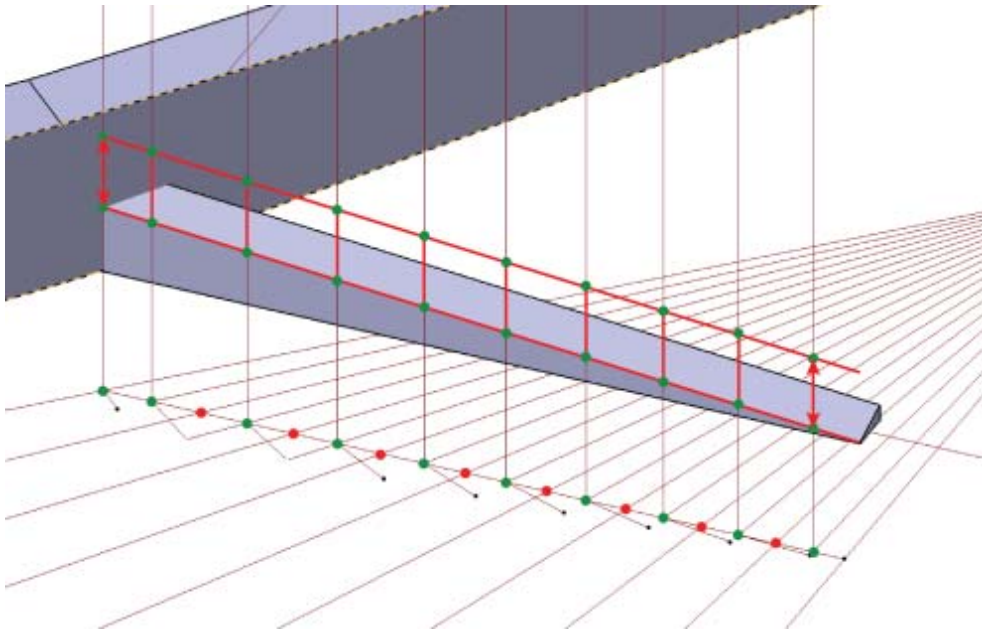
다음으로 선자연 내목을 그린다. [갈모산방 외측면 수평투영선]과 [선자연 중심선] 교차점의 간격 2등분점([그림 45]의 초록색 점)을 기준으로 수직으로 연장선을 그어 [갈모산방 외측 상단]과의 교차점을 찾는다. 그리고 선자연 내목의 춤을 결정하고 선자연 내목 상단 기준선을 그리는데 선자연 내목 춤은 가장 굵은 선자연 지름보다 조금 크게 한다. 선자연의 춤이 선자연 통보다 작으면 선자연의 외목이 불록 튀어나온 형태가 되기 때문이다.

선자연 춤 파라미터 정의

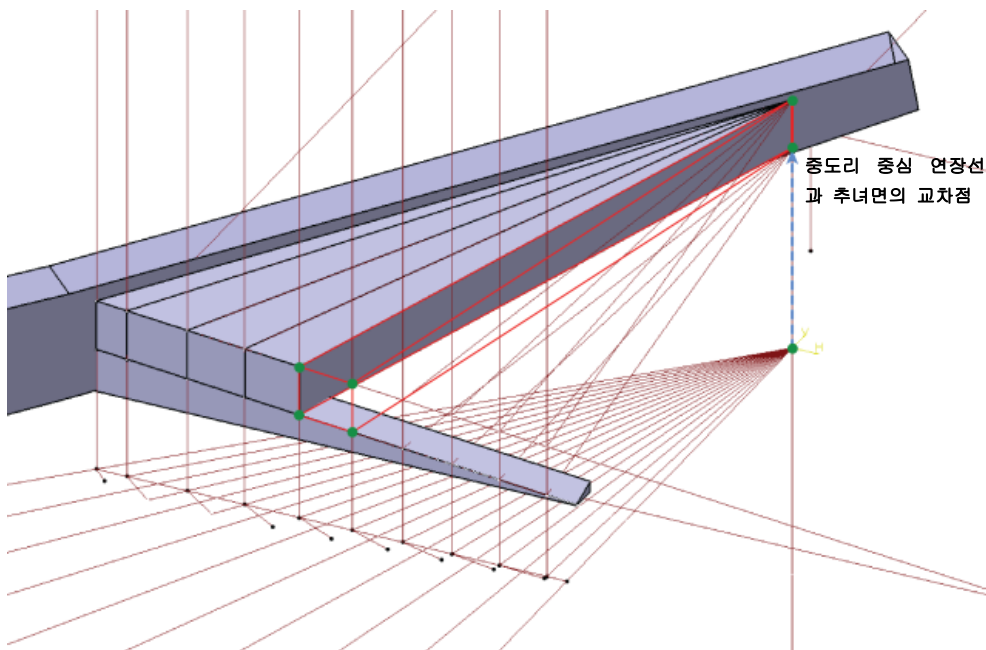
파라미터 명칭	구 분	관 계 합 수
선자연의 춤	종속	가장 굵은 선자연 지름 + 15mm



선자연 내목 기준선 작도 [가]



선자연 내목 기준선 작도 [나]



선자연 내목 그리기

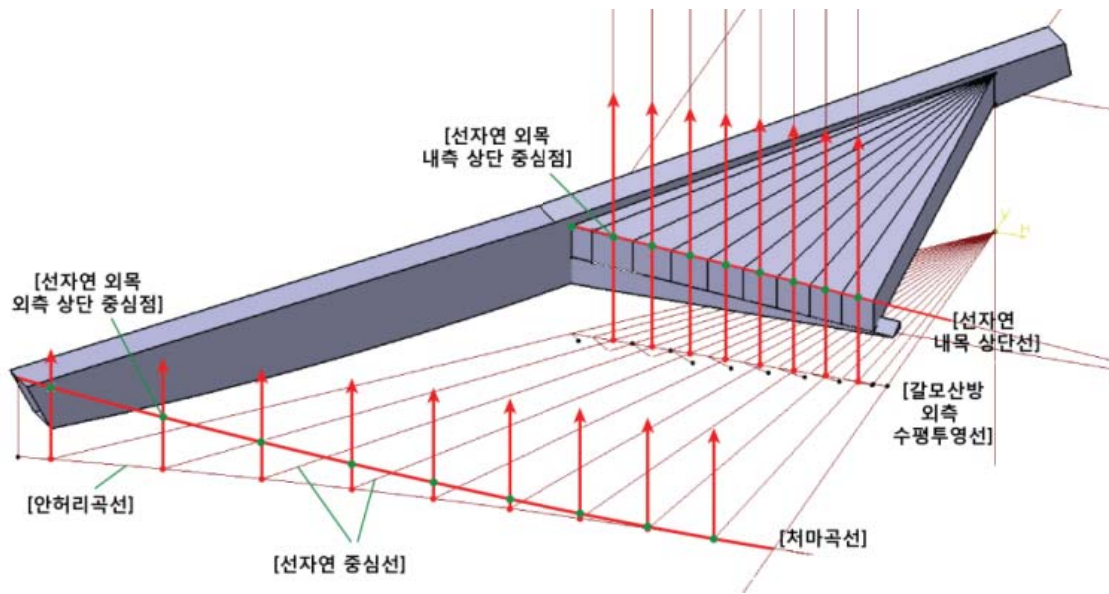
[중도리 중심 연장선과 추녀면의 교차점]이 선자 내목 하단점이 되므로 그 점에도 역시 선자연의 춤만큼 높이를 주어 각각의 선자 내목을 완성한다.³²⁾

32) Digital Project의 Polyline 명령으로 선자연 내목의 윗면과 밑면을 만들고 Multi-Section Solid 명령으로 각각의 내목을 완성했다.

선자연 외목 그리기

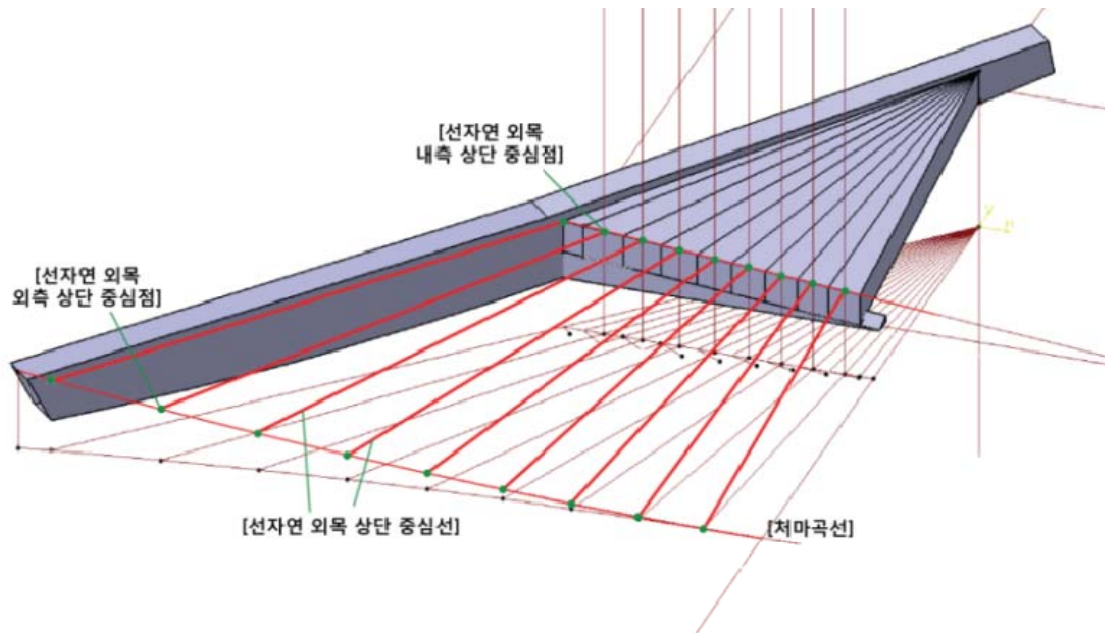
먼저 선자연 외목 내측 중심선을 그린다. 선자연 나누기에서 [선자연 중심선]과 [갈모산방 외측 수평투영선]과의 교차점을 기준으로 위로 수직선을 그려 [선자 내목 상단선]과의 교차점을 찾는다. 이 점이 [선자 외목 내측 상단 중심점]이 된다.

다음으로 선자연 외목 외측 중심점 그린다. 선자연 나누기에서 [선자연 중심선]과 [안허리곡선]의 교차점에서 위로 수직선으로 그어 [처마곡선]과 만나는 점이 선자연 [외목 외측 상단 중심선]이 된다.

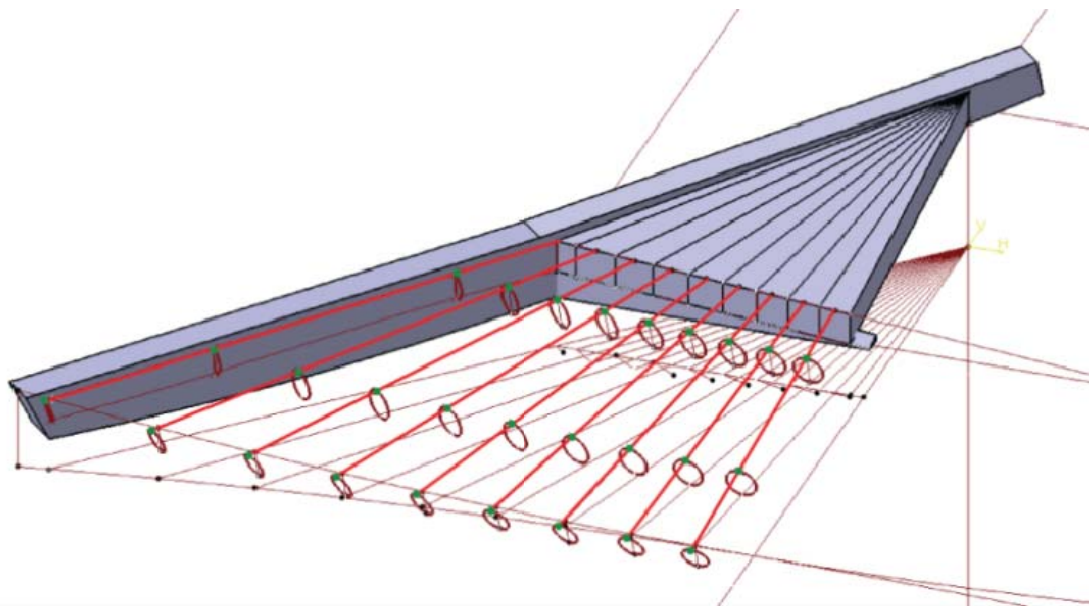


선자연 외목 그리기

[선자연 외목 내측 상단 중심점]과 [선자연 외목 외측 상단 중심점]을 이어 [선자연 외목 상단 중심선]을 그리는데 이때 [선자연 외목 상단 중심선]이 한 치 (30mm) 정도 더 나오게 그린다.



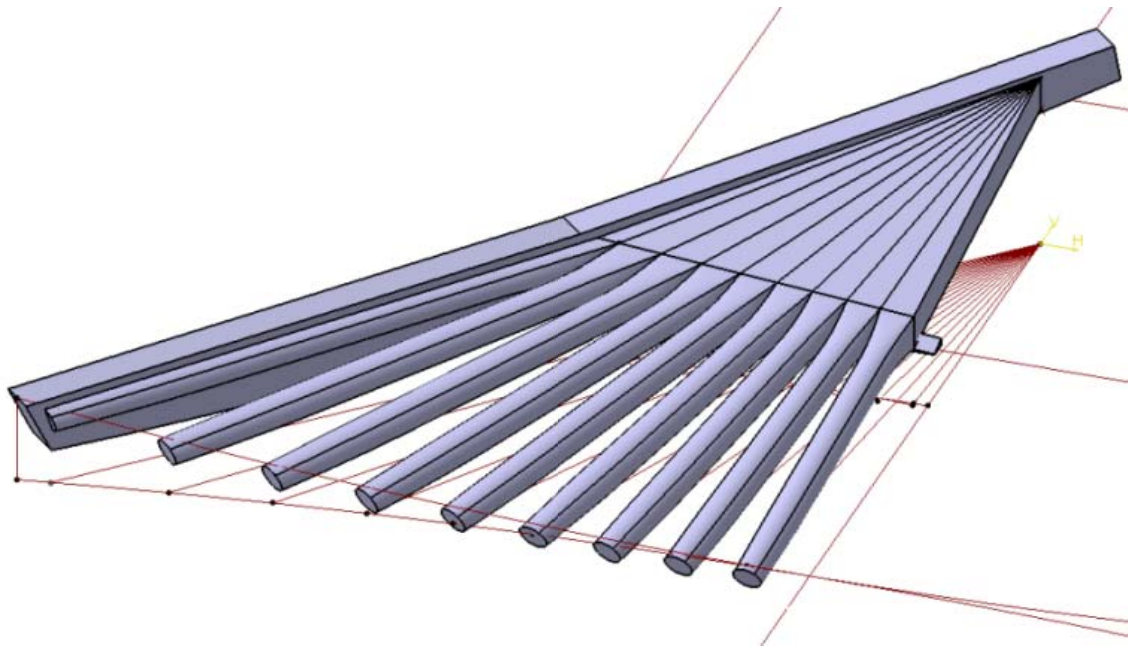
선자연 외측 상단 중심선 그리기



선자연 외측 원 그리기

[선자연 외측 상단 중심선]에 안쪽으로부터 1/3지점에 각 중심선에 수직이며 각 선 자연의 통을 지름으로 하는 원을 그리고, 다시 2/3 지점에 같은 크기의 원을 그린다. 중심선 끝에는 30mm 정도 안쪽으로 기울어지고 통의 85%정도 크기인 마구리 단면 원을 그린다. (단, 선자연 초장은 반원이나 2/3원을 그린다, 선자연 마구리 원의 지름 = 선자연 통 x 0.85)

마지막으로 이 원들을 연결하여 선자연 외목을 완성한다.



선자연 파라메트릭 모델링 완성

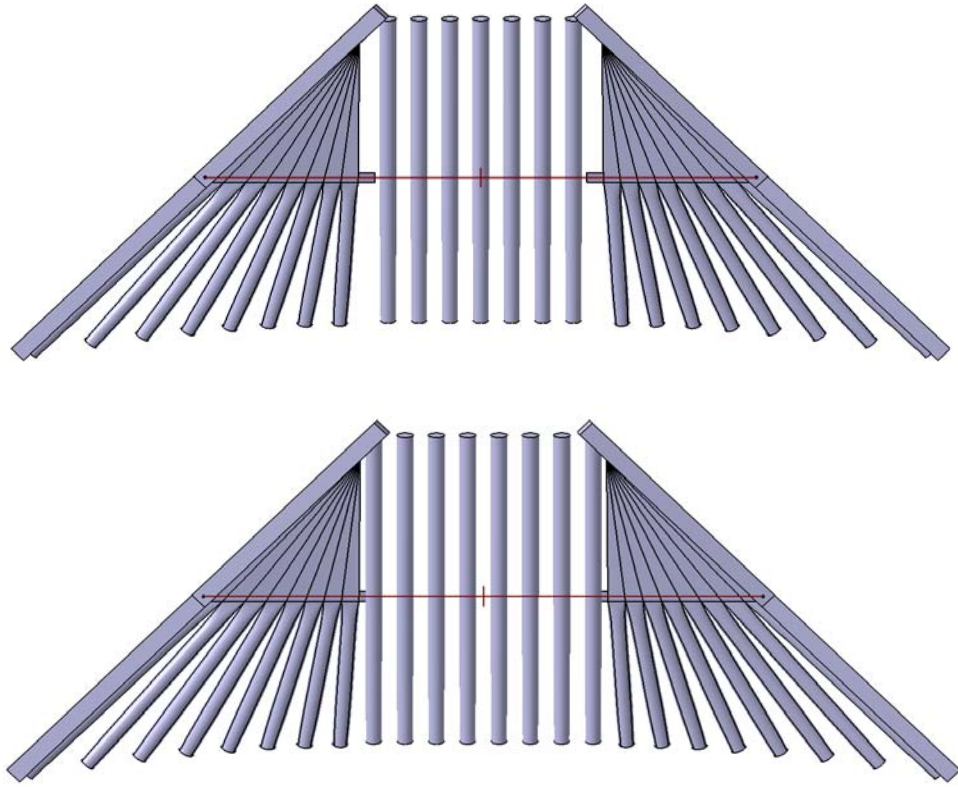
장연, 단연의 파라메트릭 모델링

장연의 파라메트릭 모델링

장연은 외목 끝이 변화가 없이 똑같이 배열되는 직선 배열형 장연과 외목 끝이 처마곡에 따라서 곡이 점점 생기는 곡선 배열형 장연으로 나눌 수 있다. 직선 배열형 장연은 모두 형상은 같으나 곡선 배열형 장연은 곡선에 따라 개별 장연의 형상이 달라지게 된다.

장연 직선 배열형

추녀와 마찬가지로 장연의 형상과 연관 있는 기본적인 파라미터들을 설정한다. 도리 간 수평간격, 도리 간 수직간격, 처마내밀기, 정면길이가 기본적인 파라미터로 이중 정면길이는 장연이 배열될 길이를 뜻하며 장연이 직선 배열이기 때문에 양곡과 안허리곡 파라미터는 사용되지 않는다. 좌우에 동일한 추녀나 회침추녀가 사용된 E, H 처마부 조합단위의 경우에는 장연 흘수형은 정면길이 중앙을 기준으로 기준 장연의 단면을 그려주고 짝수형은 중앙에서 좌우로 장연 간 간격의 1/2 만큼 기준 점을 이동하여 장연의 단면을 그려준다.

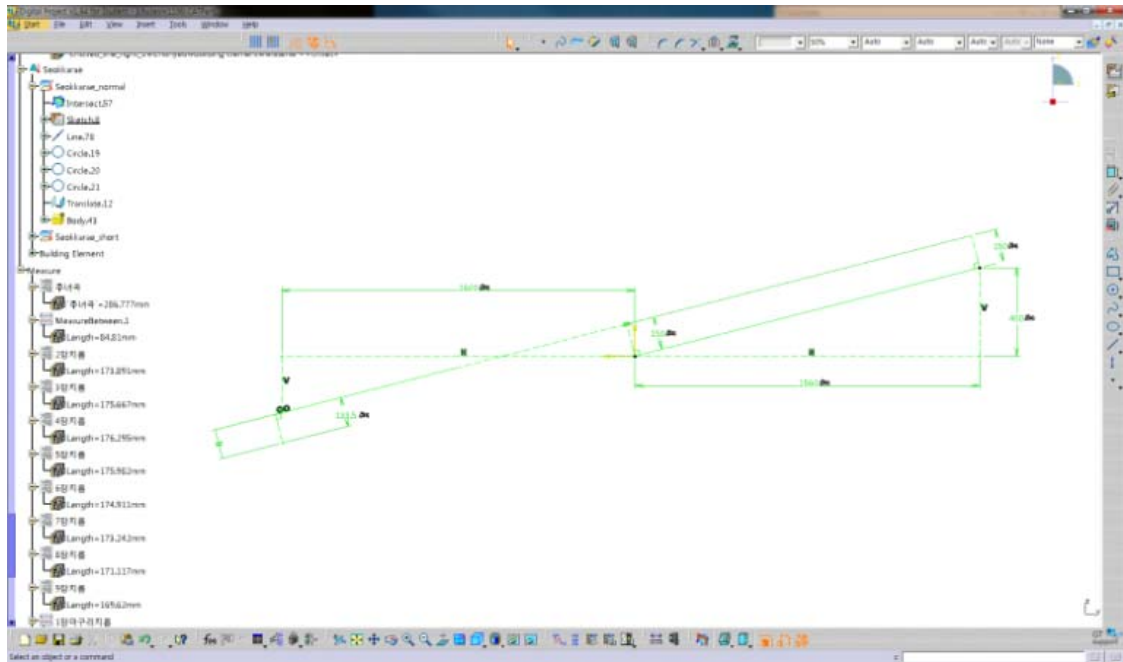


처마부 조합단위, 상부가 홀수형, 하부가 짝수형

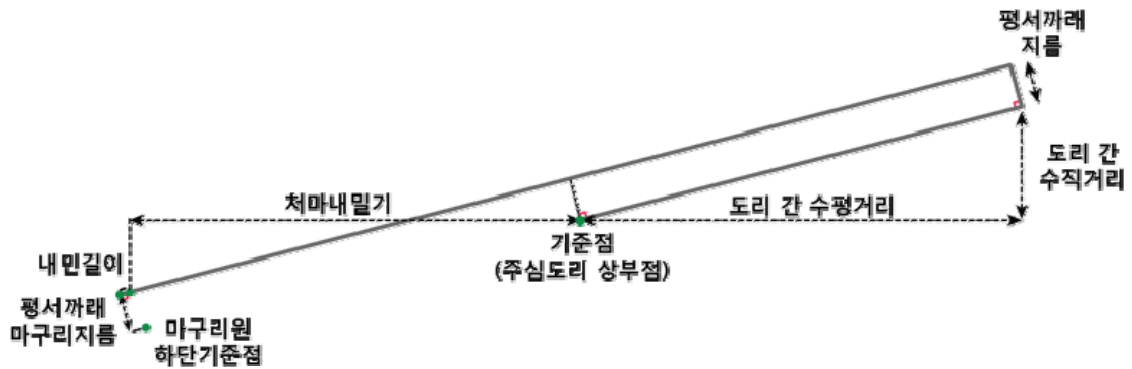
비대칭의 조합단위의 경우에는 추녀나 회첨추녀가 위치한 곳의 첫 번째 장연을 기준으로 설정하여 단면을 그려준다. 추녀나 회첨추녀의 기준점에서 도리 간 수평간격 만큼 떨어진 곳에 첫 번째 장연의 위치를 잡고 서까래 엇걸음을 조정할 수 있도록 선자연과 장연의 간격 파라미터 추가하여 입력한다.

장연만 사용한 B 조합단위는 좌측을 기준으로 우측방향으로 늘어나도록 한다.³³⁾ 이때에도 위치조정 파라미터 값을 추가로 넣어 기준점을 잡는다.

33) 본 연구에서의 조합단위의 기준점은 좌측의 추녀나 회첨추녀, 장연을 기준으로 했으며 우측의 추녀나 회첨추녀가 오는 경우만 우측을 기준으로 한다. 이것은 조합단위를 입력할 때 기준점의 혼동을 방지하기 위함이다.

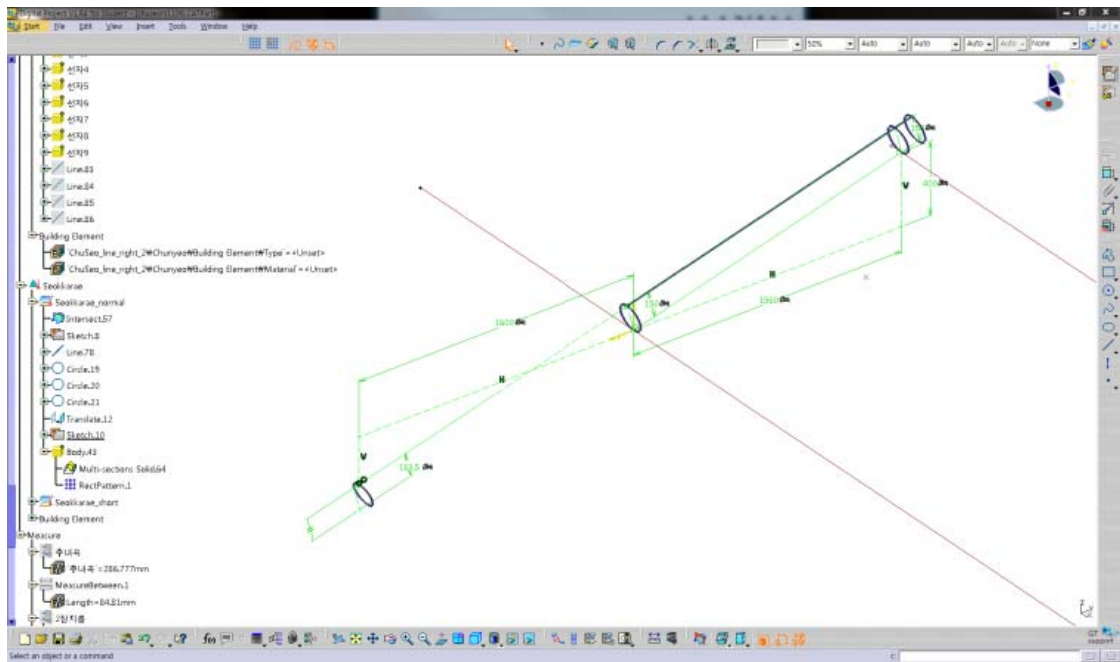


장연 단면 그리기

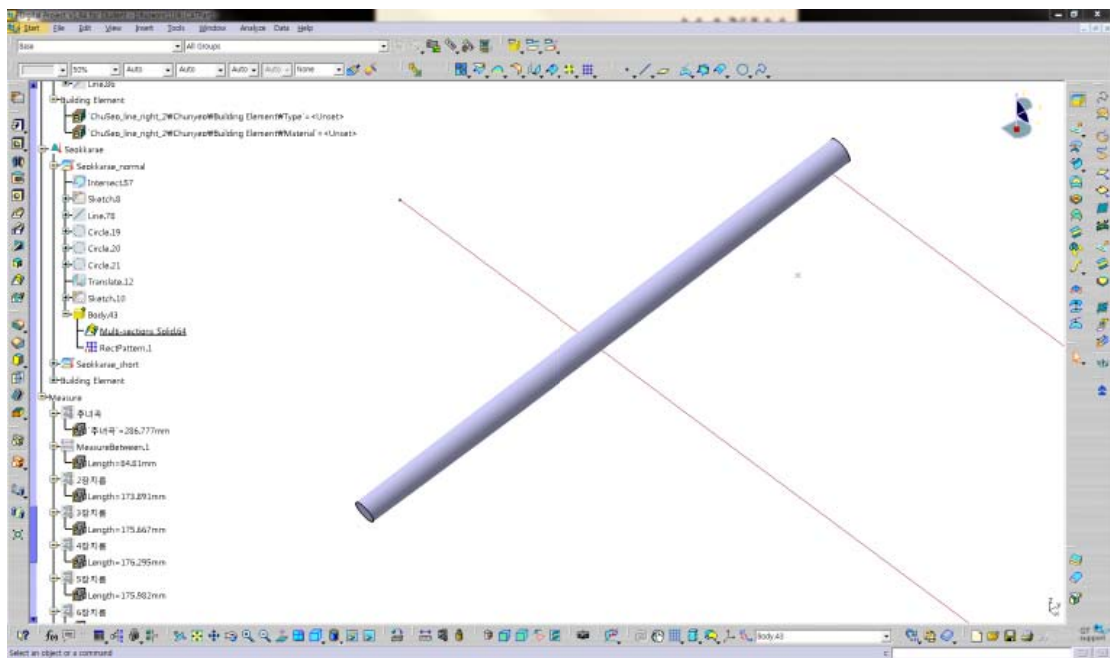


장연 단면 파라미터 구성

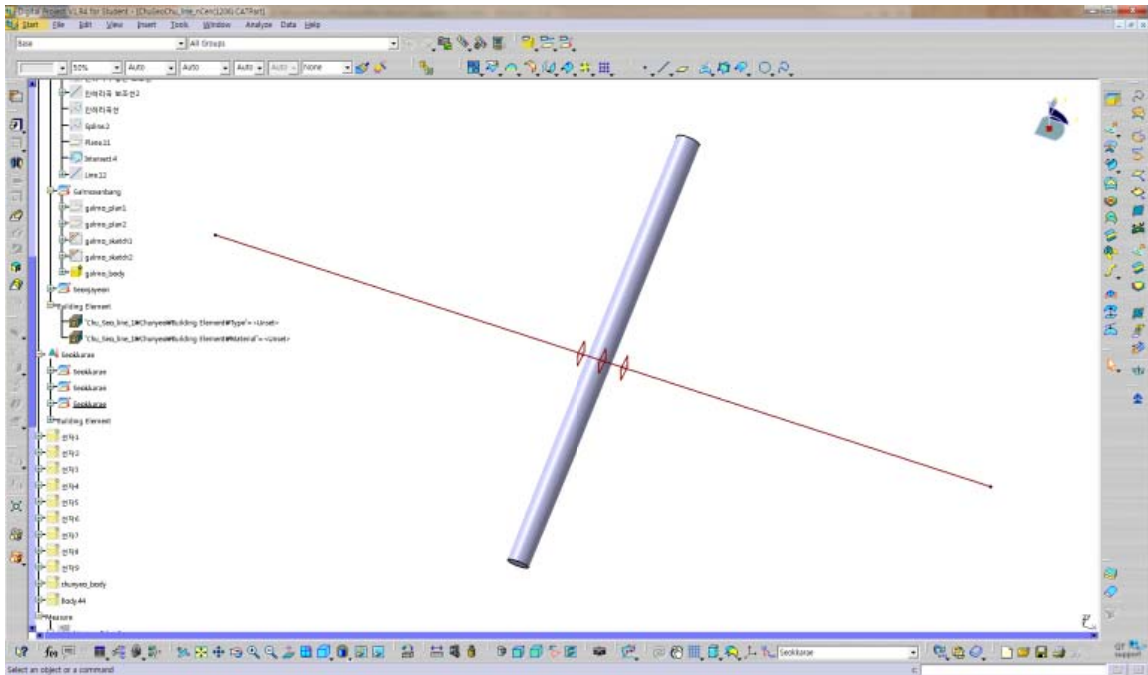
장연의 지름은 일반적으로 주거용 전통 한옥에서는 120~150mm 정도의 크기이며 파라미터로 설정해 주면 나중에 변경하기 편리하다. 장연 외목의 내민길이는 약 30mm 정도로 하는데 이것은 장연의 끝이 평고대보다 한 치(30mm) 정도 더 내밀기 때문이다. 장연의 마구리지름은 장연 지름의 0.85배 정도로 하고 경사지게 빗 깎기 때문에 한치 반(45mm) 정도 안쪽으로 기준점을 설정한다. 이것은 서까래를 후려 깎는다고 표현하고 날렵하게 보이기 위함이다.



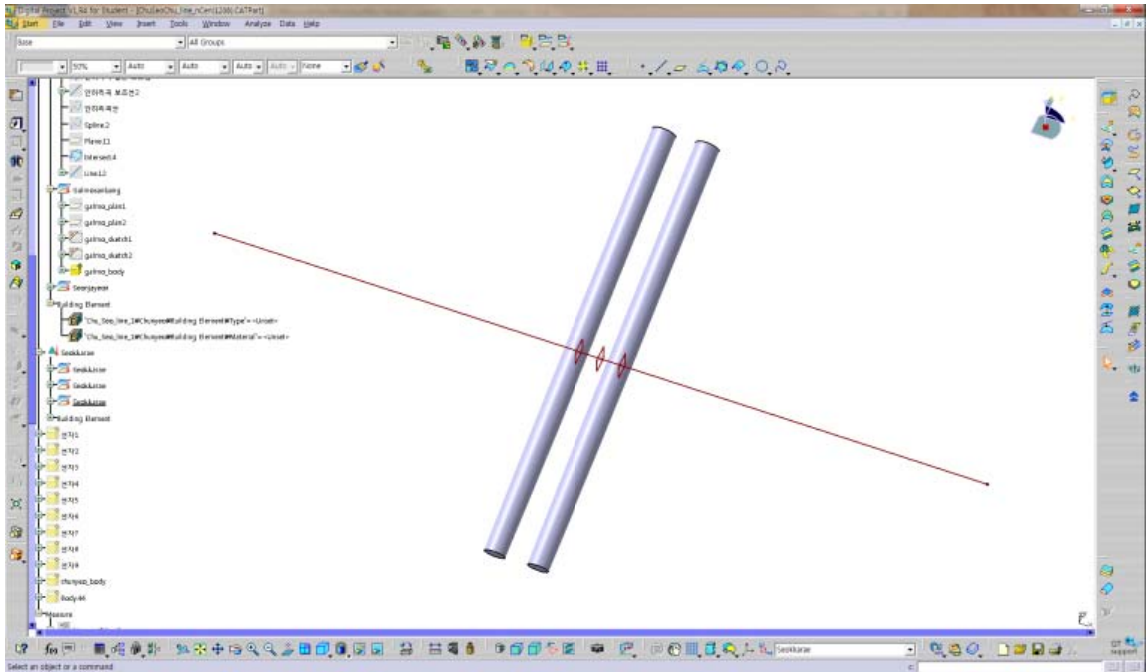
장연 단면 원 그리기



기준 평서까래 완성



홀수형의 기준 장연의 위치, 가운데 사각형이 정면의 중심



짝수형의 기준 장연의 위치, 가운데 사각형이 정면의 중심

기준점을 바탕으로 양쪽 마구리 원과 중심 원을 그려 준다. 외목의 마구리 원은 위에서 언급한대로 평면지름의 0.85배 크기로 기울여서 그린다. 내목의 마구리 원은 더 뒤 쪽으로 내미는데 이 부분은 3량에 사용될 때 5량보다 더 연장되므로 파라미

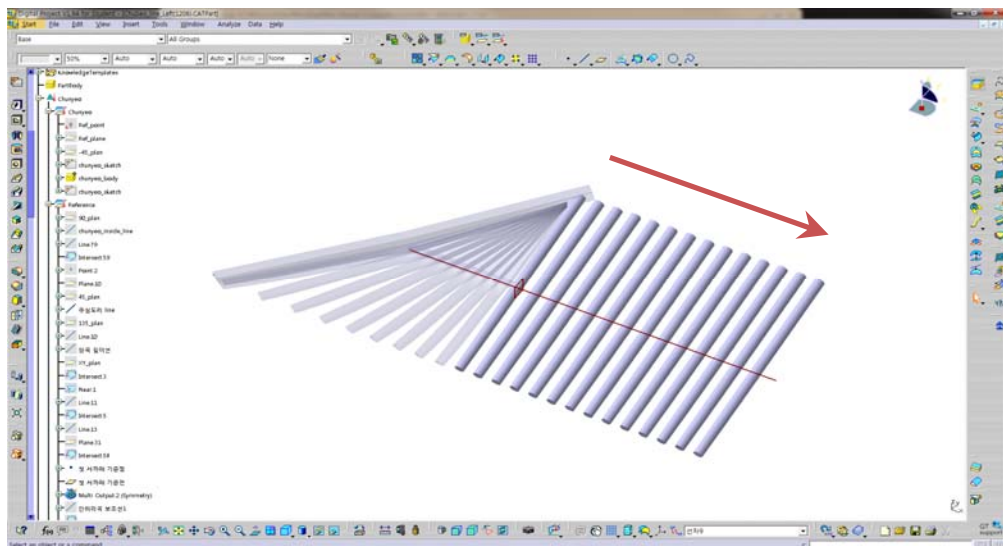
터로 만들어서 변경할 수 있도록 한다.

원을 다 그린 후 세 원을 지나는 객체를 생성³⁴⁾하면 기준 장연이 만들어지고 E, H 조합단위의 경우 기준 장연의 좌우로 300mm 정도로 장연 간의 간격을 설정하여 정면길이만큼 배열해주면 직선 배열형 평서까래가 완성된다.³⁵⁾

좌우비대칭의 조합단위의 경우 추녀나 회침추녀의 반대 방향으로 평서까래를 배열해 준다.

장연 파라미터 정의

파라미터 명칭	구 분	관 계 함 수
평서까래 지름	독립	120 ~ 150mm
평서까래 마구리지름	종속	평서까래 지름 * 0.85
평서까래 뒷초리	독립	3량가 : 도리폭 * 3 / 5량가 : 도리폭
평서까래 간격	독립	약 300mm



D 조합단위 추녀 좌측형 및 장연 직선배열형

34) Digital Project의 Multi-Section Solid 명령을 사용한다.

35) Digital Project의 Rectangular Pattern 명령을 사용하면 일정한 간격에 일정한 길이만큼 자동적으로 객체를 배열할 수 있다.

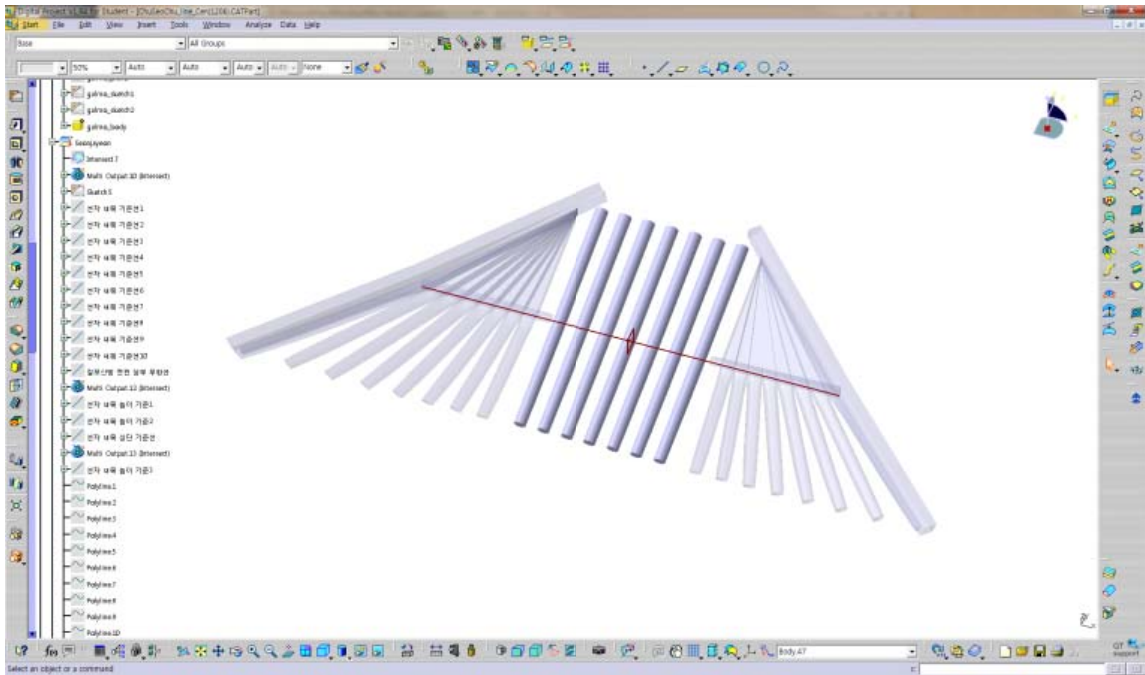


그림 69. E 조합단위 장연 직선배열 및 흡수형 (장연이 중심부터 배열)

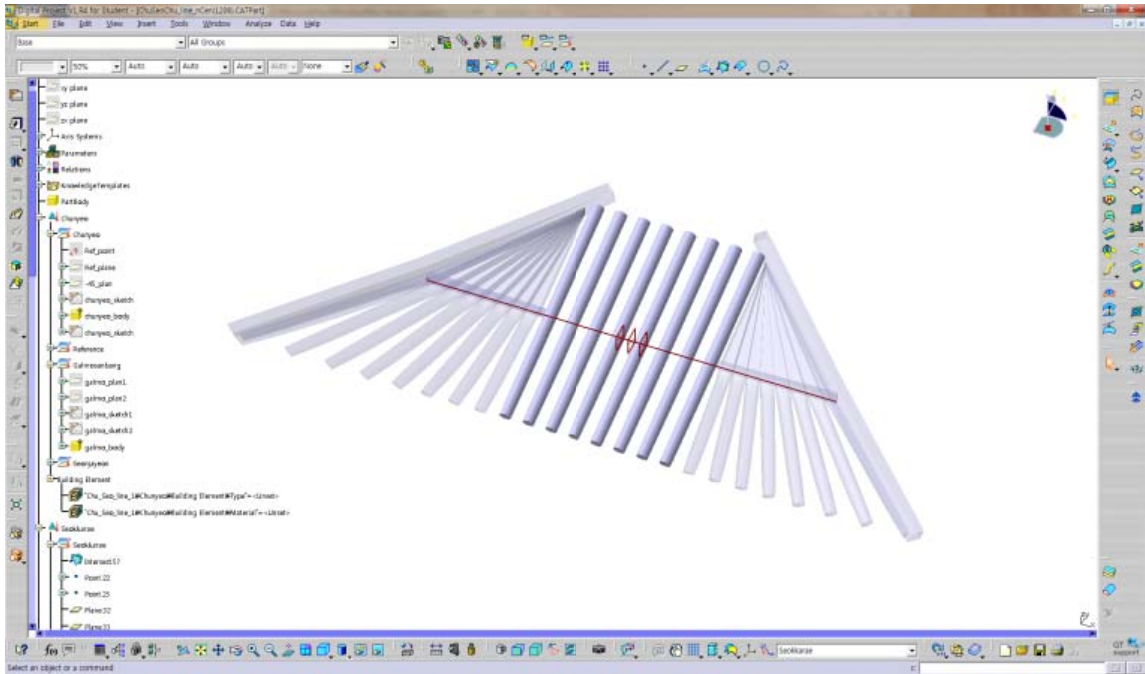


그림 70. E 조합단위 장연 직선배열 및 짝수형 (장연이 중심을 비우고 배열)

장연 곡선 배열형

곡선 배열형 장연은 양곡과 안허리곡으로 구성된 처마곡을 따라 장연이 배열되는 형태를 말한다. 기준 장연을 그리는 것은 직선 배열형 장연과 동일하다. 하지만 추가로 가상의 양곡, 안허리곡을 설정하여 처마곡선을 만든 후에 장연의 외목 끝점들이 처마곡선을 따라 변경되도록 Digital Project의 Knowledge Pattern을 이용하여 정면길이에 맞게 자동으로 배열되도록 한다.³⁶⁾

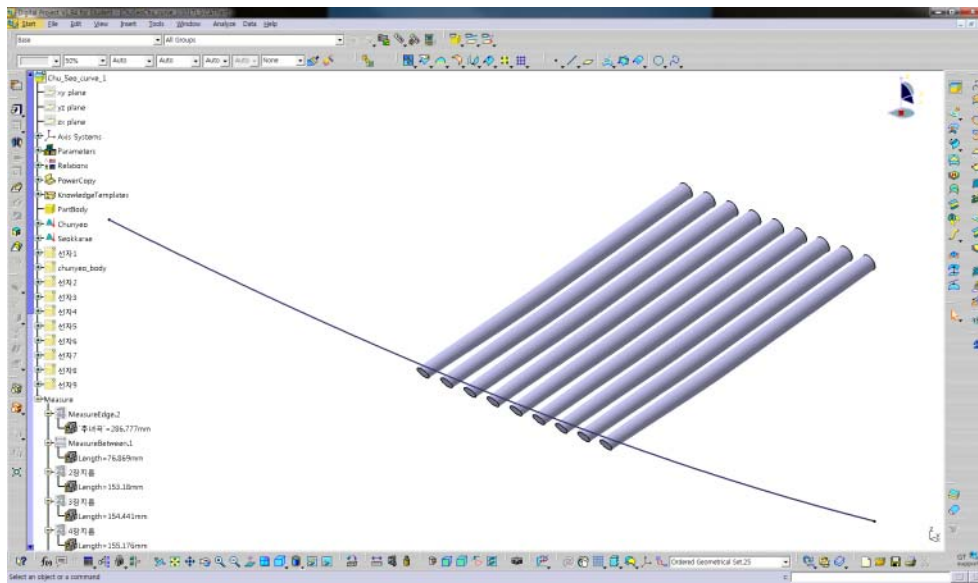


그림 71. 장연 곡선 배열형

2) 단연의 파라메트릭 모델링

단연의 기본적인 형태는 장연의 형태에서 외목을 뺀 내목의 형태와 유사하고 중도리에 안정적으로 연결하기 위해 내목이 장연 방향으로 대략 도리 크기의 절반만큼 나와 있는 형태이다.

단연의 크기는 중도리와 중도리의 수평간격과 수직간격의 크기의 $\sqrt{2}$ 이며 상단은 중도리 크기의 2.5~3배인 1.5자정도 더 내밀고 지름은 장연과 동일하게 한다. 역시 좌측을 기준으로 하여 우측으로 생성되도록 구성하며 기준점에 위치조정 파라미터

36) 본 연구에서는 곡선 배열형 장연은 일반적인 원리만 설명하고 자동화 생성에 대해서는 다루지 않았다. 곡선 배열형 장연을 자동으로 생성하기 위해서는 Digital Project의 일반적인 명령어로는 불가능하고 Knowledge Pattern이라는 고급 사용자 수준의 명령어를 사용해야 하는데, 이것은 사용자가 일련의 연속된 명령어 체계를 Script 형태로 입력하는 것으로 고급 수준의 사용자가 아니면 다루기 어렵기 때문이다.

값을 설정해 준다. 단연은 장연과 달리 양곡과 안허리곡의 영향을 받지 않으므로 같은 형태가 반복되며 항상 앞뒤가 같이 있으므로 전면과 대칭되도록 배면의 단연도 같이 만들어 준다.³⁷⁾

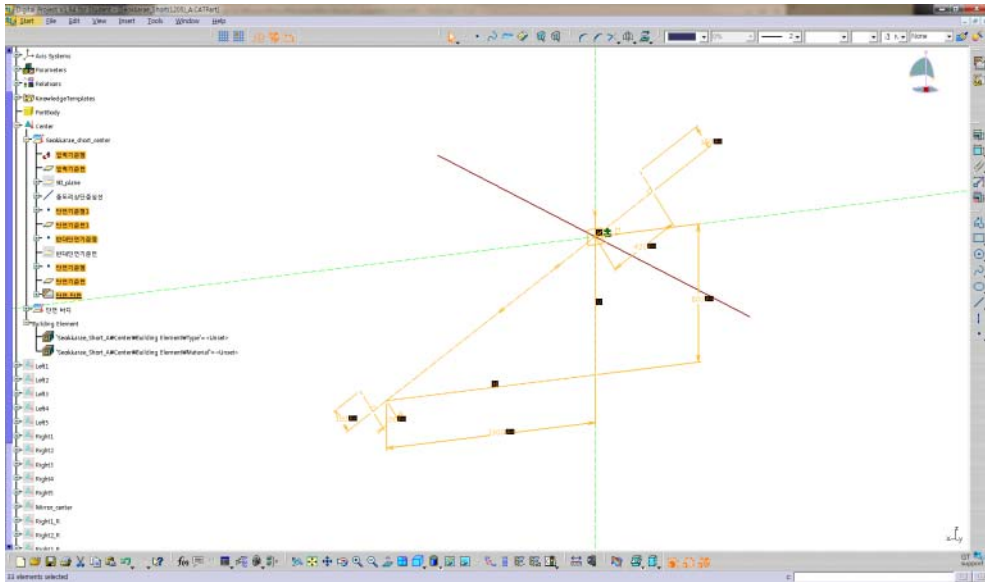


그림 72. 단연 단면 그리기, 붉은 선이 종도리 상단 중심선

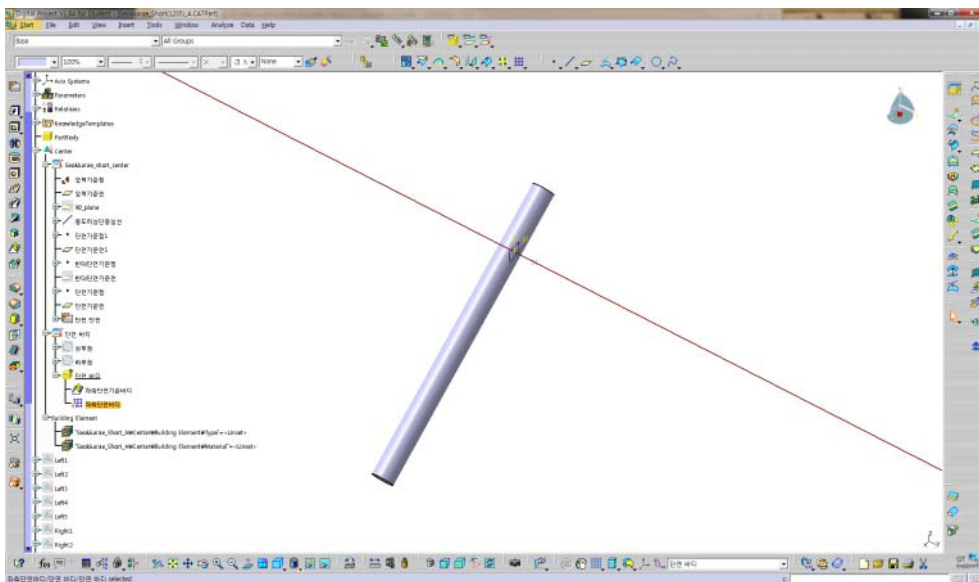


그림 73. 기준 단연 생성

37) 전면 단연의 단면 방향을 반대로 바꾸고 단면의 기준 위치를 단연 간격 만큼 이동하여 배열한다.

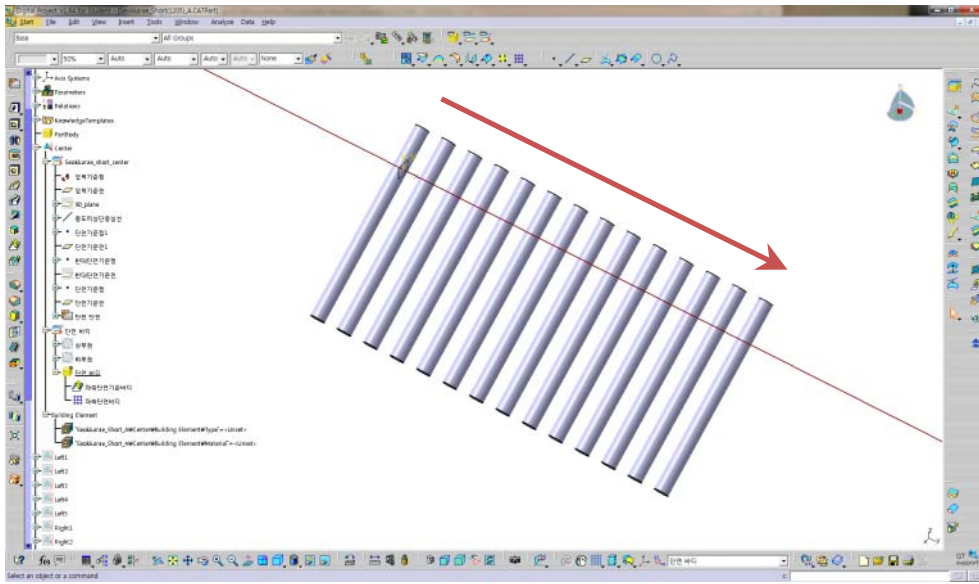


그림 74. 전면 단면의 배열

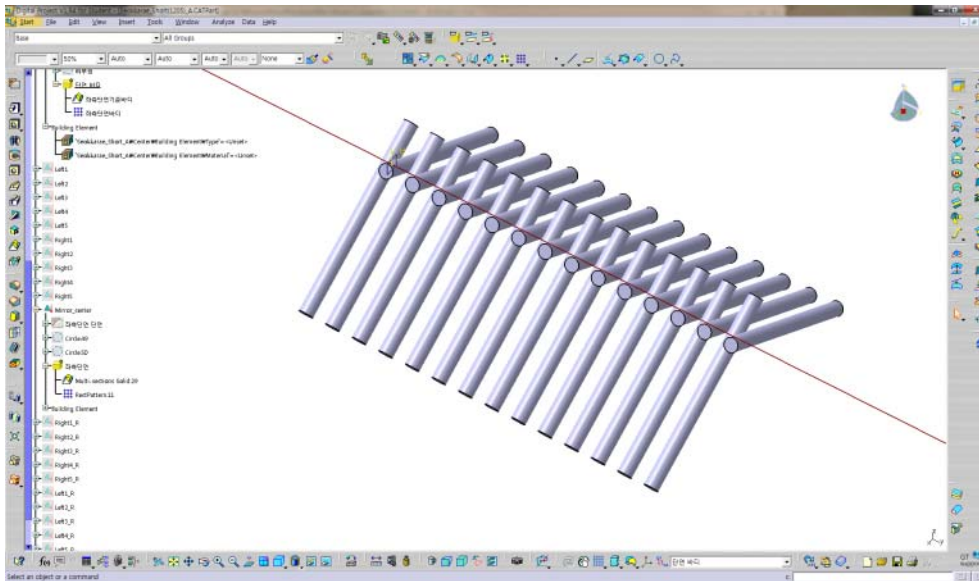


그림 66. 단면의 기본 조합단위 완성

표 10. 단면 파라미터 정의

파라미터 명칭	구 분	관 계 함 수
단면 지름	독립	120 ~ 150mm (장면과 동일)
단면 뒷초리	독립	3량가 : 도리폭 * 3 / 5량가 : 도리폭
단면 간격	독립	약 300mm (장면과 동일)

3.3.3 회침추녀의 파라메트릭 모델링

회침추녀는 양곡과 안허리곡에 영향을 받지 않고 외목은 처마내밀기, 내목은 도리 간 수평간격과 수직간격 크기에 좌우된다. 회침추녀는 그 형태에 대하여 구체적으로 연구된 사례가 없기에 실측조사보고서를 통해 조사하였으나 회침추녀를 사용한 사례가 많지 않고 실측된 자료도 충분하지 않았다.

표 11. 회침추녀 크기 조사 (단위 : mm)

해당가옥	도리간격(수평)	처마내밀기	회침추녀	서까래 크기
강릉 선교장 활래정	610	600	150 x 210	110
청도 윤강고택 만화정	1530	1410	180 x 210	135
남원 몽심재 안채	1393	980	154 x 285	125
하회 겸암정사 살림채	1370	1260	165 x 180	160
만운동 모선루 본채	996	1217	130 x 160	130

회침추녀의 단면의 가로와 세로의 비는 약 평균 1 : 1.4로 도리간격 1130mm, 처마내밀기 1050mm, 서까래크기 125mm 일 경우 154 x 218mm의 크기로 추정할 수 있다. 이를 참고하여 파라미터를 구축하였다. 도리 간 수평간격과 처마내밀기가 전체 길이를 좌우하며 전체 길이에 따라 단면의 크기도 비례하므로 회침추녀의 층은 [표 26]과 같은 수식으로 정의 할 수 있다.

표 12. 회침추녀 파라미터 정의

파라미터 명칭	구 분	관 계 함 수
회침추녀 외목길이	종속	처마내밀기 * $\sqrt{2}$
회침추녀 내목길이	종속	도리 간 수평간격 * $\sqrt{2}$

회첨추녀 뒷초리	중속	서까래 크기 * 2 ~ 3
회첨추녀 춤	중속	(도리 간 수평간격 + 처마내밀기) / 15
회첨추녀 폭	중속	회첨추녀 춤 / 1.4

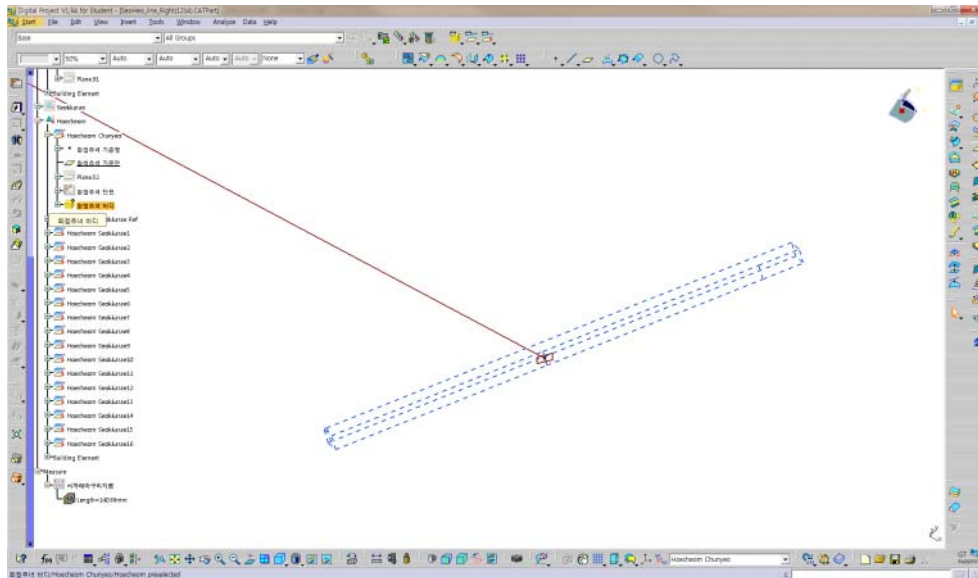


그림 67. 회첨추녀의 기준면, 중심도리와 45° 기울어진 면에 단면을 설정한다.

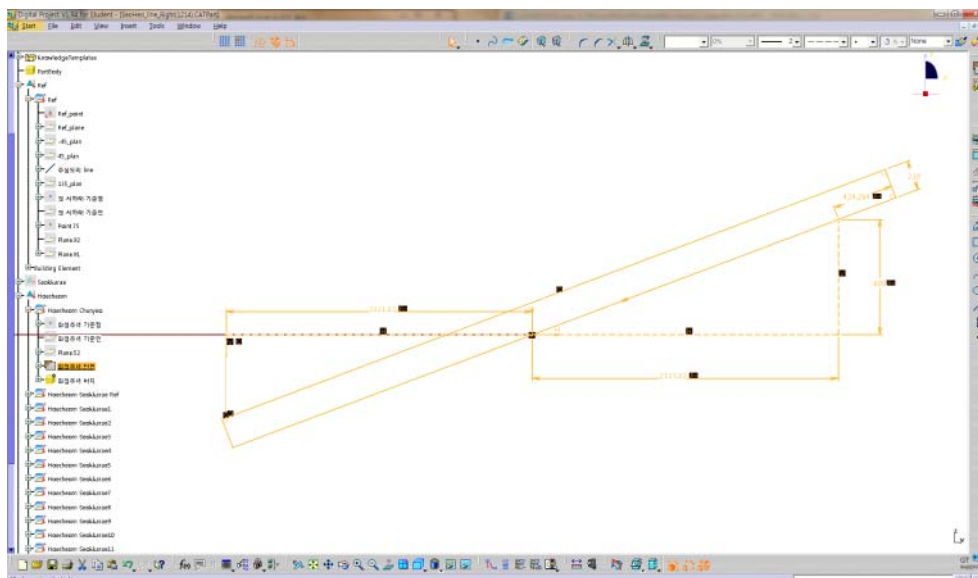


그림 68. 회첨추녀 단면 그리기

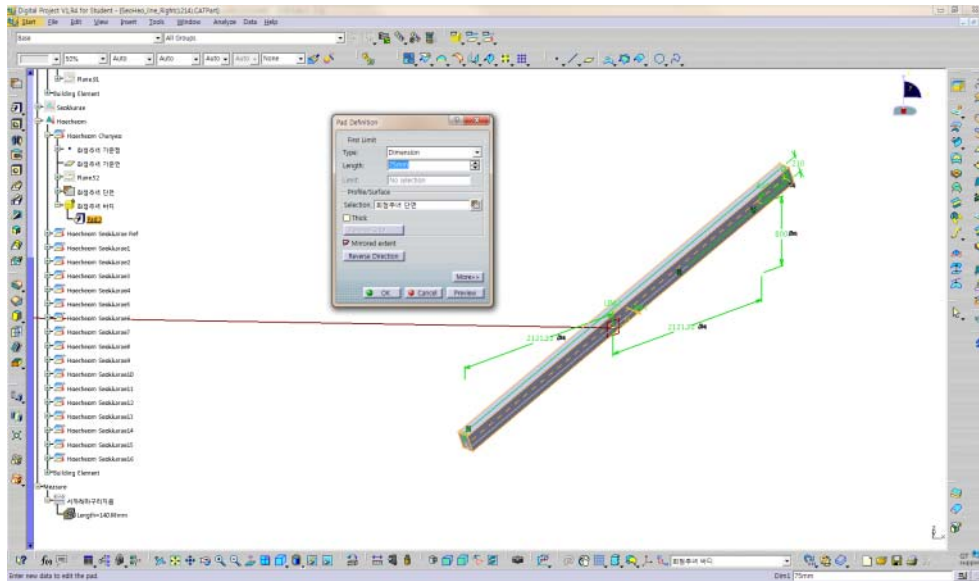


그림 69. 회침추녀의 폭 입력

회침추녀는 장연과 연결되는데 이 때 장연은 회침추녀와의 연결 길이에 따라 점차 짧아지는 형태를 나타낸다. 앞서 말한 장연의 단면을 회침추녀 기준점에서 처마내 밀기 만큼 떨어진 곳에 설정하고 회침추녀 쪽으로 장연 간격만큼 장연들을 배열한다. 이 회침추녀에 배열되는 서까래들은 회침추녀의 중간 기준면을 중심으로 잘라 버리는 명령어³⁸⁾를 사용하면 회침추녀크기에 맞게 길이가 조정된다. 실제로는 회침추녀의 면을 기준으로 해야 하지만 회침추녀 서까래의 맞연귀 회침에 대한 조합단위를 따로 만들기 보다는 회침추녀 조합단위에서 둘 다 표현 가능하도록 회침추녀의 중심면을 기준으로 하였다.

38) Digital Project의 split 명령어를 사용하였다.

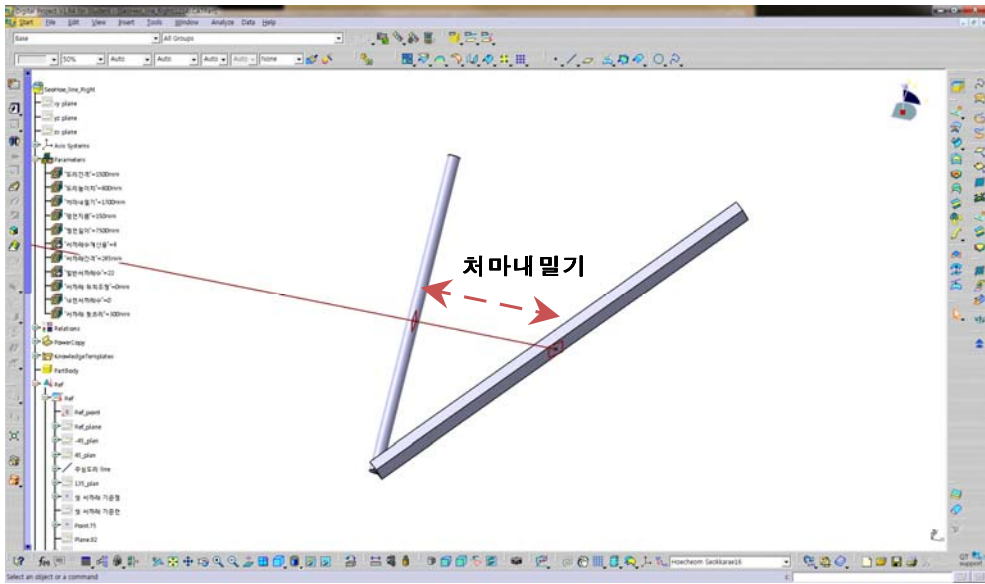


그림 70. 회침 서까래 기준점

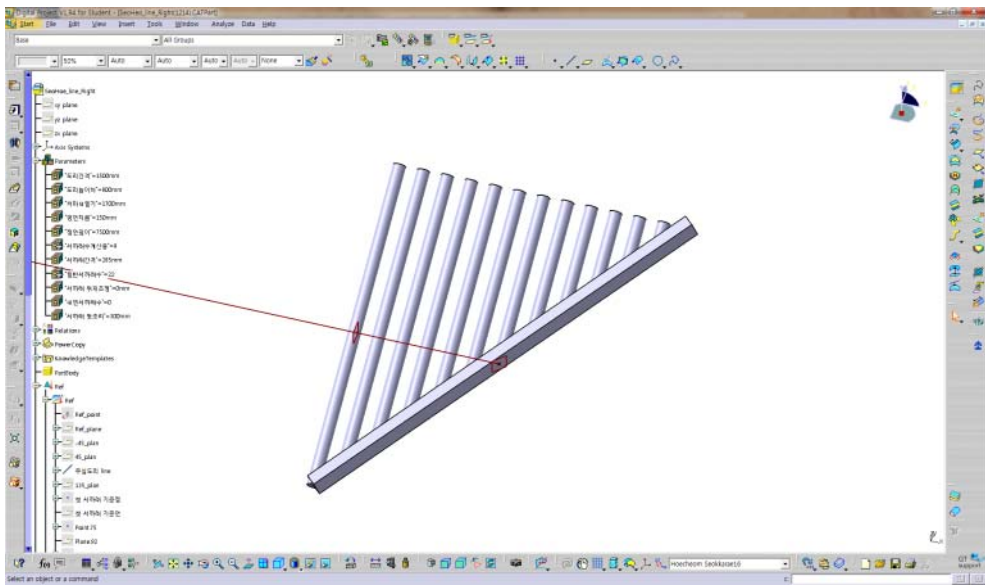
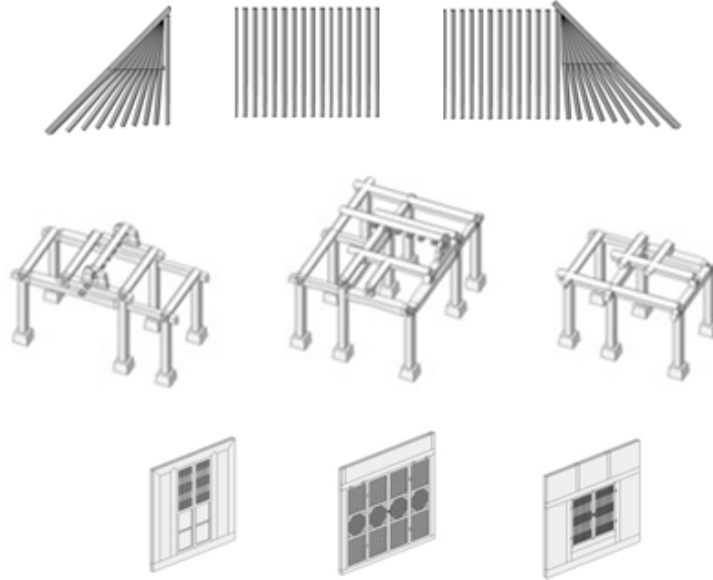


그림 71. 회침 서까래 배열

3.3 조합유닛의 개념

- 부재유닛을 결합한 묶음단위로 조합유닛을 구성하였다. 조합유닛은 가옥을 구성하는 부분에 따라 구조부, 벽체부, 지붕부, 바닥부로 구분된다.



조합유닛의 예시

3.4 조합유닛의 예시 - 지붕부분

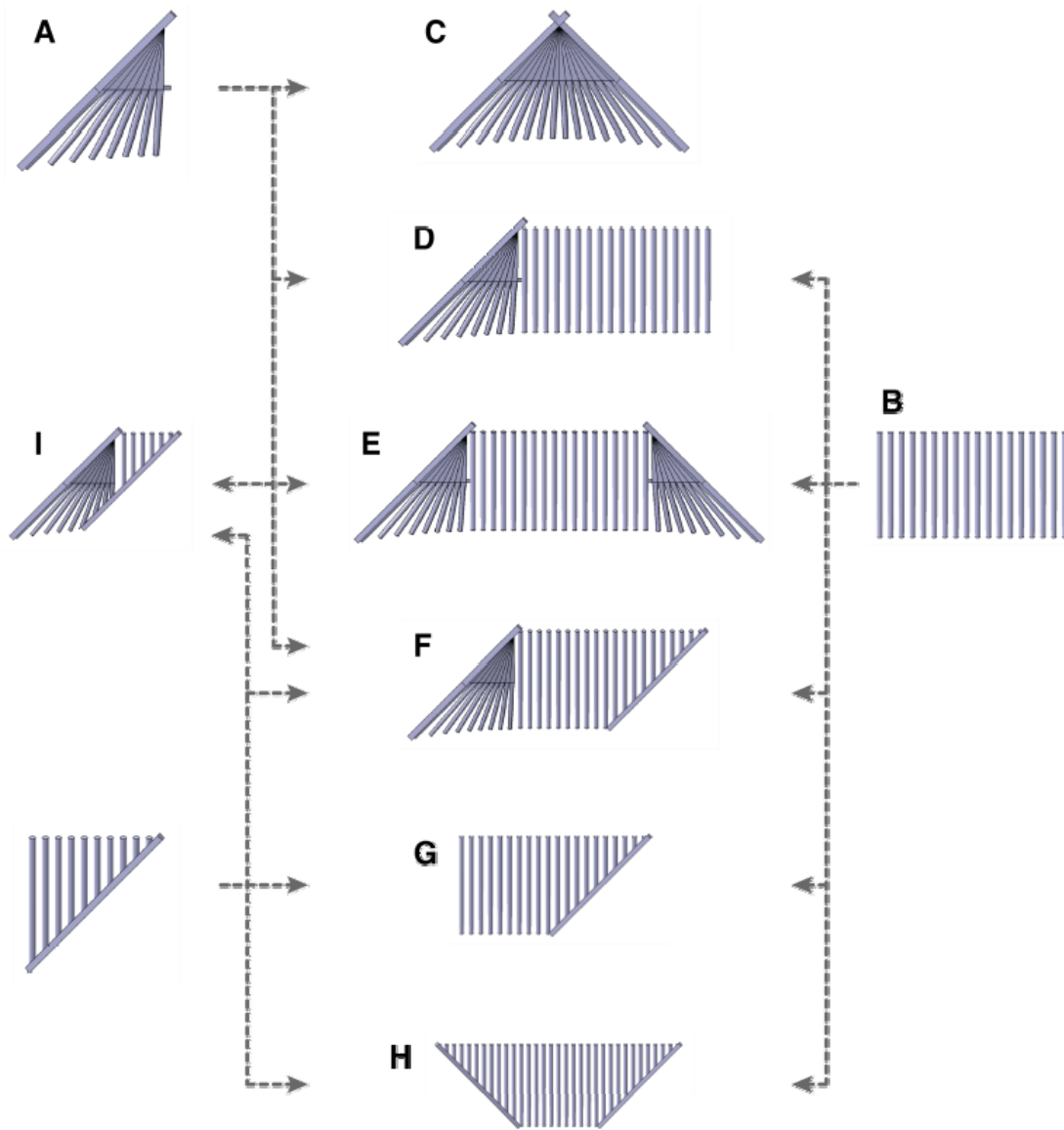
앞에서 완성된 부재 모델링들의 조합으로 9가지 처마부 조합단위와 6가지 단연부 조합단위를 만든다. 2.2.3에서 언급한대로 9가지 처마부 조합단위는 장연 배열의 곡 유무, 장연의 엇걸음을 위한 배열형태(홀수/짝수), 비대칭 조합단위의 추녀/회첨 추녀의 위치에 따라 세부단위를 만든다.

처마부 조합단위 파라메트릭 모델링

처마부 조합단위는 3.3절의 기본 부재들의 조합으로 이루어진다. 추녀와 선자연, 장연, 회첨추녀는 기본 부재단위이고 [그림 72]에서 C부터 I는 이들 기본 부재의 조합으로써 만들어지는 단위이다. 처마부 파라메트릭 모델링에 바로 사용될 수 있는 A와 B는 기본 부재단위이자 조합 단위가 될 수 있으나 회첨추녀는 회첨추녀 단독으로 모델링에 사용되지 않기에 처마부 조합단위로 분류하지 않는다.

3.3절에서 설명한 방법으로 A, B, 회첨추녀를 파라메트릭 모델링하고 이것을 바탕으로 나머지 C, D, E, F, G, H, I 조합단위를 만드는데 각 조합단위의 기준점은 동일

하게 해야 한옥 지붕 모델링 시에 혼동의 여지가 적다. 본 연구에서는 주심도리 상 단점을 기준으로 좌측 (회침)추녀를 기준으로 하였다. 또한 앞서 설명한 대로 각각의 조합단위들을 한옥 지붕 모델링에 적용하기 위해서는 조합단위들의 형태와 조합 부재에 따라 세부적인 단위가 더 필요하다.













처마부 조합단위 개념도

좌우비대칭 조합단위

좌우가 대칭이 아닌 A, D, F, G, I 조합단위의 경우 대칭인 형태가 더 필요하다. 직접 대칭인 형태로 만들거나 만들어진 형태를 대칭으로 변경하는 명령어를 사용하

여 만들 수 있다. 추녀 또는 회침추녀 우측형의 경우 기준점은 우측으로 변경된다.

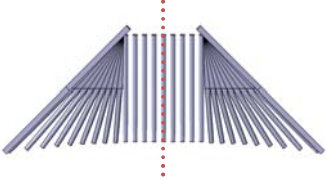
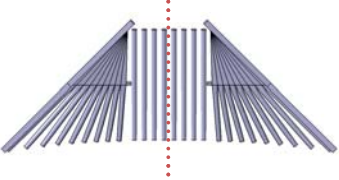
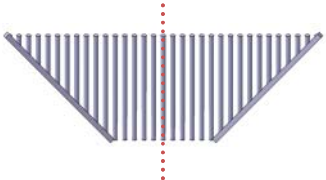
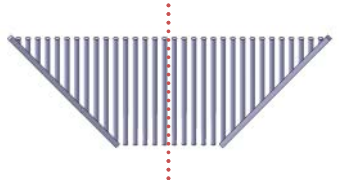
처마부 조합단위의 세분화1 - 좌우비대칭형

구분	처마부 구성	추녀 / 회침추녀 좌측형	추녀 / 회침추녀 우측형
A	추녀부		
D	추녀부+장연		
F	추녀부+장연+회침추녀		
G	장연+회침추녀		
I	추녀+회침추녀		

장연 홀수형 / 짝수형 조합단위

좌우가 대칭인 B, C, E, H 조합단위 중 서까래를 사용하고 좌우에 추녀나 회첨추녀를 사용한 E, H 조합단위는 기본적으로 서까래를 중앙에서부터 배열하게 된다. E 조합단위는 꺾음부가 없는 입면에 단독으로 사용되며 H 조합단위는 ㄷ자형 꺾음부 중앙에 단독으로 사용되기 때문이다. 하지만 같은 조합단위를 전후로 사용하게 되면 서까래의 위치가 겹치기 때문에 중앙을 비운 형태로 만들어서 장연 홀수형, 짝수형의 2가지 다른 형태가 필요하다. 다만 B 조합단위는 추녀나 회첨추녀가 없고 건물 한 채의 다양한 곳에 사용되기에 서까래를 홀수형과 짝수형으로 분류하기 보다는 서까래의 위치를 조정할 수 있는 파라미터를 설정하는 것이 더 효율적인 모델링 방법이다.









처마부 조합단위의 세분화2 - 장연 홀수형 / 짝수형

구분	처마부 구성	장연 홀수형	장연 짝수형
E	추녀부+장연 +추녀부		
H	회첨추녀+장연 +회첨추녀		

장연 직선 / 곡선 배열형 조합단위

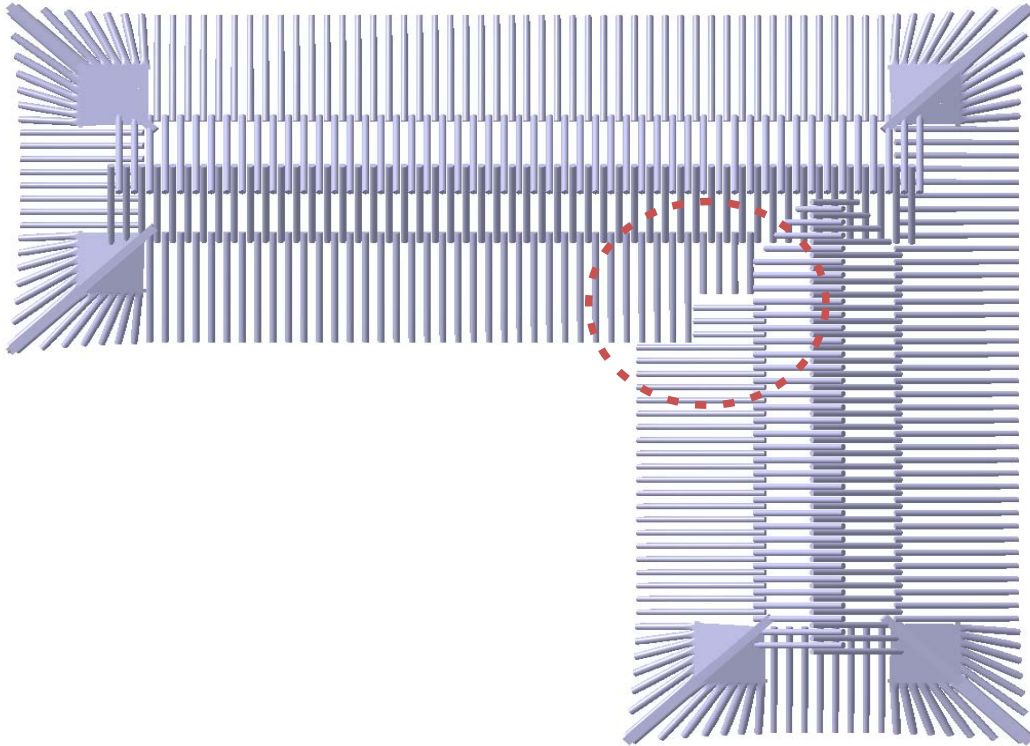
한옥의 선자연과 장연은 3차원의 곡선을 이루고 있는 경우가 있다. B, D, E, F 조합단위가 이러한 경우에 해당하며 G, H 조합단위의 경우 장연이 곡선보다는 직선의 형태를 띠는 것이 대부분이기에 곡선 배열형은 제외한다.

처마부 조합단위의 세분화3 - 장연 직선 / 곡선 배열형

구분	처마부 구성	장연 직선 배열형	장연 곡선 배열형
B	장연		
D	추녀부+장연		
E	추녀부+장연 추녀부		
F	추녀부+장연 +회첨추녀		

기타 파라미터 추가 조합단위

한옥의 꺾음부에서는 B, D, G 조합단위가 서로 만날 경우 만나는 지점에서 짧은 장면이 필요하게 된다. 그러므로 파라미터 값을 설정하여 짧은 장면이 생성될 수 있도록 해야 한다.



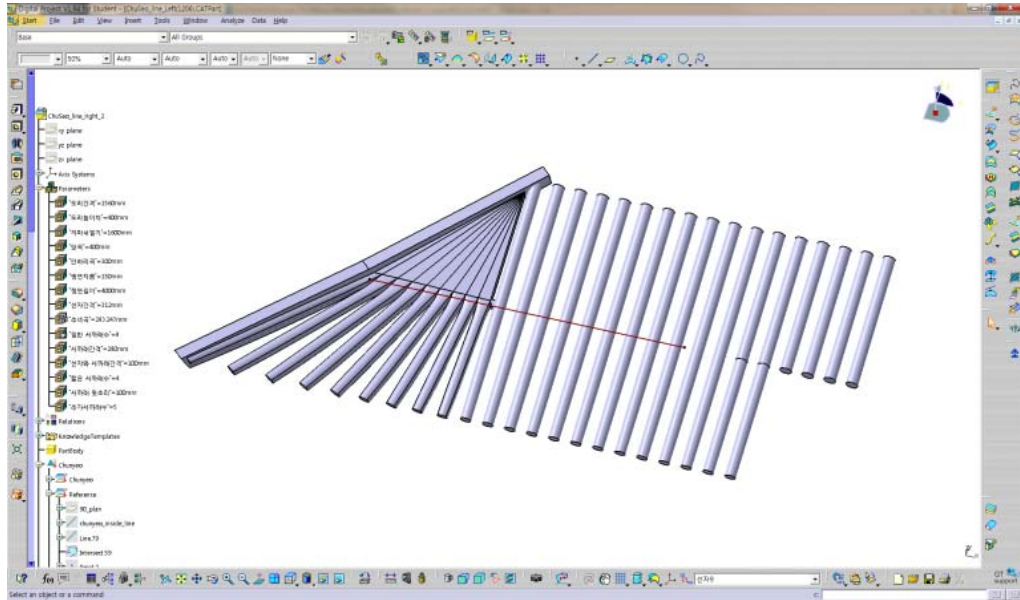
영동 규당 고택 양시도, 꺾음부에서 D 처마부 조합단위가 만난다.

B, D, G 조합단위에서 겹치는 부분에 대한 짧은 장면이 채워지도록 하는 설정을 할 때는 [겹친길이]를 파라미터로 주는 것 보다는 직접 [짧은 서까래 수]를 사용자가 입력할 수 있도록 한다. 사용자가 겹치는 부분마다 길이를 측정하기 보다는 사용자가 눈으로 보면서 개수를 조정하는 것이 편리하기 때문이다. [짧은 서까래 수] 파라미터를 설정하고 그 기준점은 마지막 일반 장면에서 [서까래 간격] 만큼 떨어진 위치³⁹⁾이다. 그 곳에 단연처럼 내목만 있는 형태의 서까래를 그려주고 [짧은 서까래 수]만큼 자동으로 생성되도록 구성한다. B 조합단위는 ㄷ자형 꺾음부 중앙에 위치할 경우를 대비해 양방향 따로 파라미터를 설정한다.

한편 겹친 길이만큼 정면길이보다 일반 장면의 수가 늘어나는 경우도 발생하는데 이것은 [추가 서까래 수]라는 파라미터를 만들어 일반 장면의 자동 생성 숫자 파라미터에 더하여 사용자가 추가 서까래 수 파라미터 값에 따라 늘릴 수 있도록 한다.

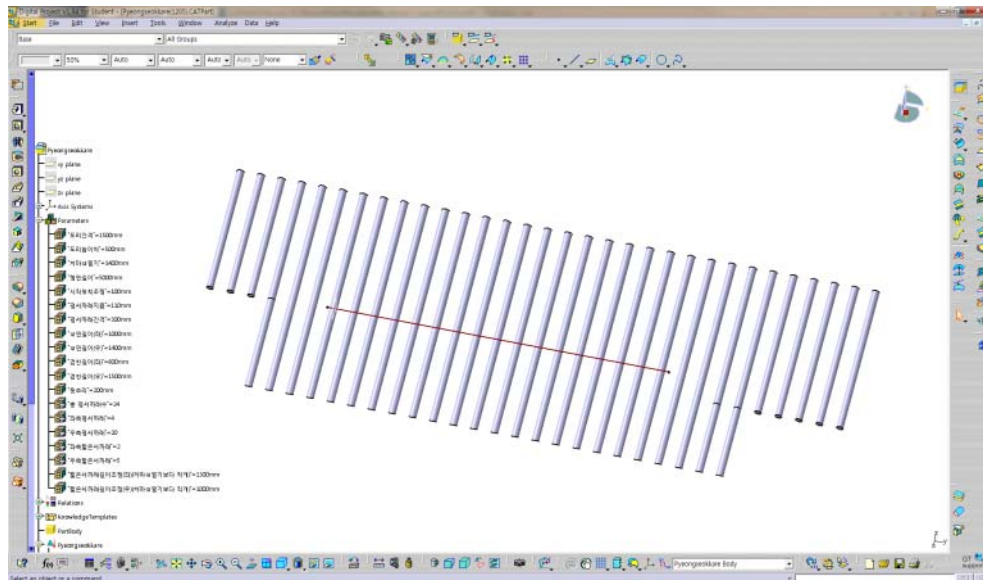
39) 본 연구의 조합단위에서는 일반 서까래와 2개 겹치도록 기준점을 변경하여 만들었다. 짧은 서까래를 0으로 만들 경우 프로그램 상의 자동생성 과정에서 오류가 발생하기 때문이다.

이러한 파라미터의 추가는 파라미터에 따라 쉽게 변경할 수 있는 것으로 별도로 세분화하여 따로 만들지 않고 모든 B, D, G 조합단위에 동일하게 추가 파라미터로 넣는다.



D 조합단위의 파라미터 추가








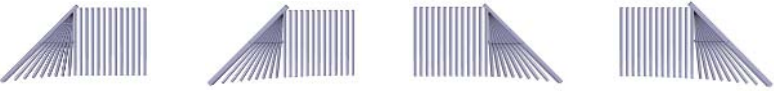










붉은 보조선이 기둥과 기둥 사이의 정면길이. 일반 서까래, 짧은 서까래 4개씩 추가되었다.



B 조합단위의 파라미터 추가

붉은 보조선이 기둥과 기둥 사이의 정면길이. 좌측은 일반 서까래, 짧은 서까래 3개씩 추가되고 우측은 일반서까래 4개, 짧은 서까래 5개가 추가 생성되었다.

처마부 조합단위 전체 모델

구분	도 식	처마부 조합단위
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		

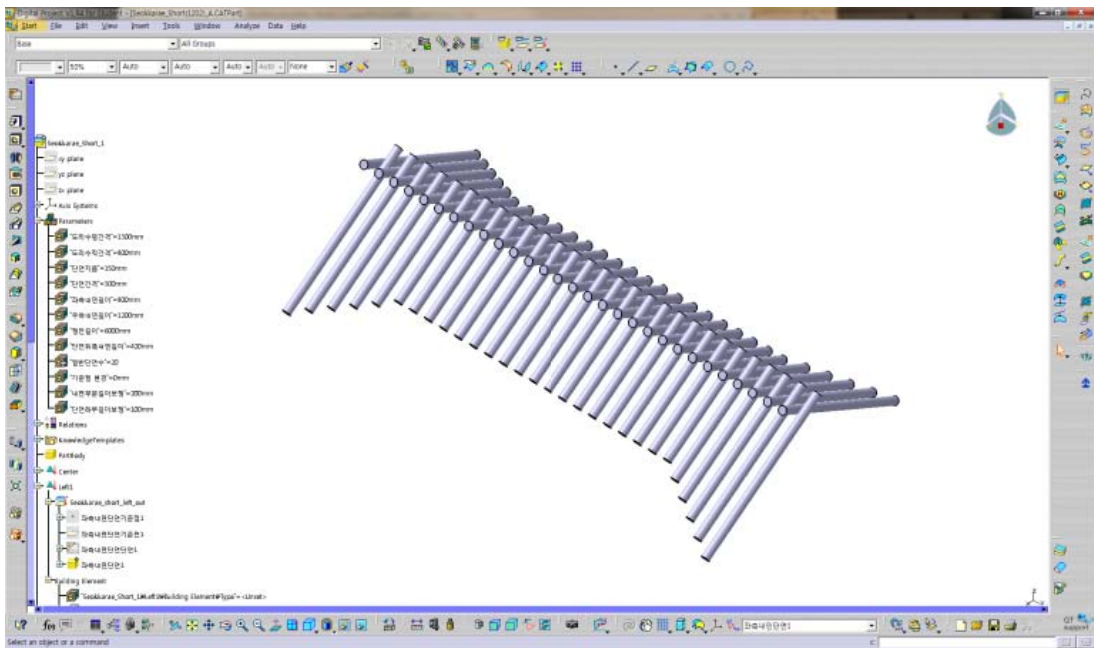
총 23가지로 처마부 조합단위를 세분화 할 수 있다.

단연부 조합단위 파라메트릭 모델링

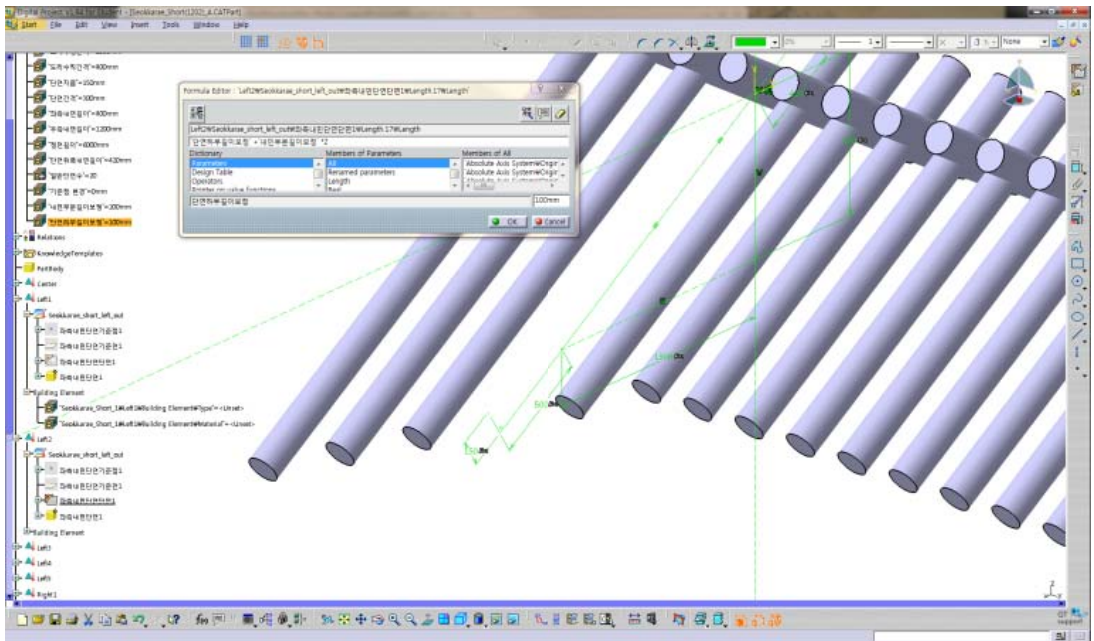
단연은 같은 형상이 반복하여 만들어지는 기본적인 형태에 양끝단의 형상의 변화에 따라 종류가 나뉜다. 2장에서 살펴본 대로 6가지가 나타나지만 '나', '라', '바' 3가지 조합단위의 변경으로 6가지를 나타낼 수 있으나 사용자의 직관적인 단연 입력을 위해 6가지 모두 조합단위로 만드는 것이 좋다.

단연의 '가' 조합단위는 앞서 만든 기본 부재 형태와 동일하며, '나' 조합단위는 '가' 조합단위 양단에 점차 길이가 길어지도록 파라미터 값을 입력하여 만든다. 이 길이는 처마부의 경사나 형태에 따라 길이가 달라지므로 길이 값을 조정할 수 있도록 파라미터를 만들고 그 파라미터 값에 비례하도록 단연의 형상을 완성한다. 첫 번째 길어지는 단연은 [길이 보정치 * 1], 두 번째 길어지는 단연은 [길이 보정치 * 2], 세 번째는 [길이 보정치 * 3]으로 입력하면 같은 비율로 점차 커지는 형상을 만들 수 있다. 실제로는 자동적으로 하부 처마 부재들에 맞게 길어지도록 만들면 좋으나 이 부분은 실제 현장에서 보정하는 작업이 필요하므로 실제보다 길게 설계한다.

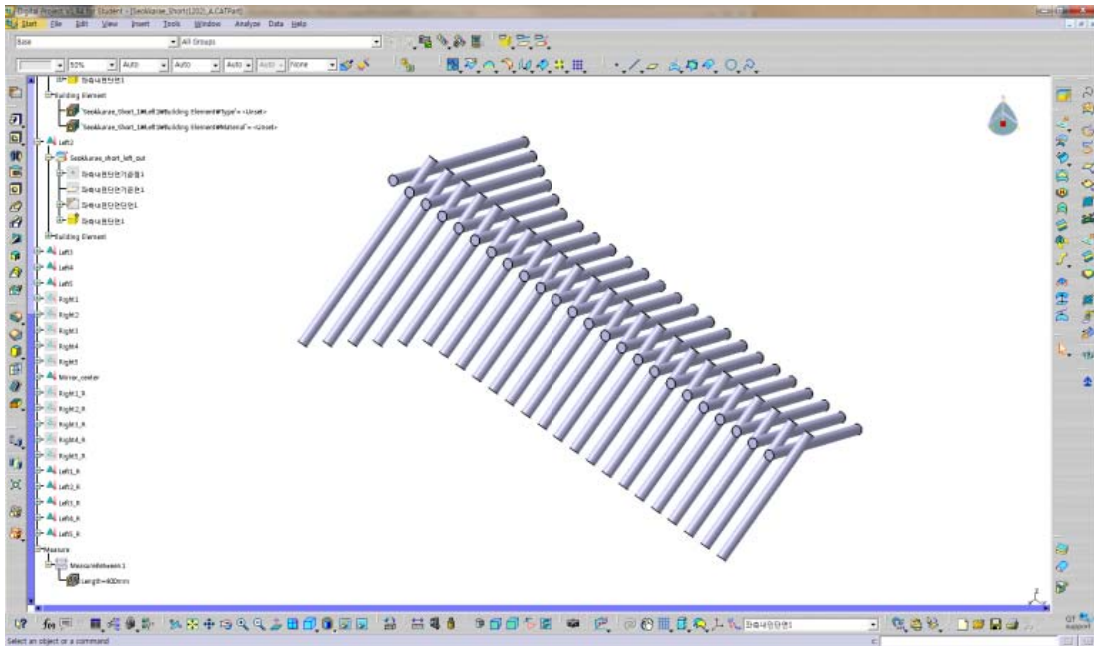
단연 '다' 조합단위는 '나' 조합단위에서 한쪽만 남아있는 형태로 한쪽의 길어지는 단연만 남기면 된다.



단면 '나' 조합단위의 전체 형상



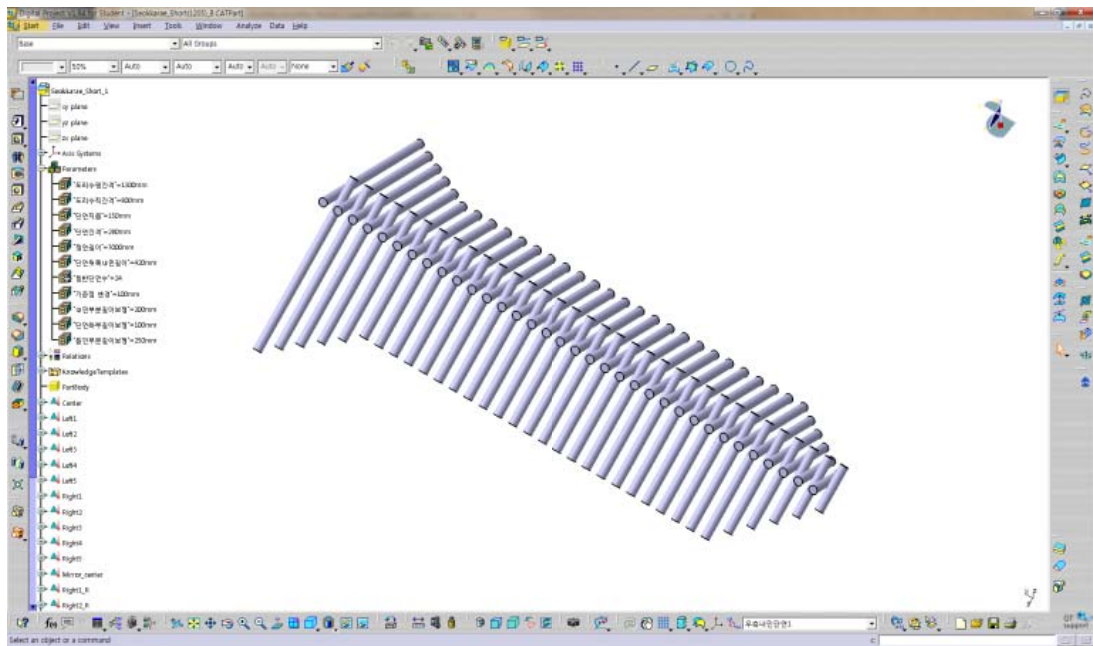
단면 '나' 조합단위에서 길이 파라미터 입력



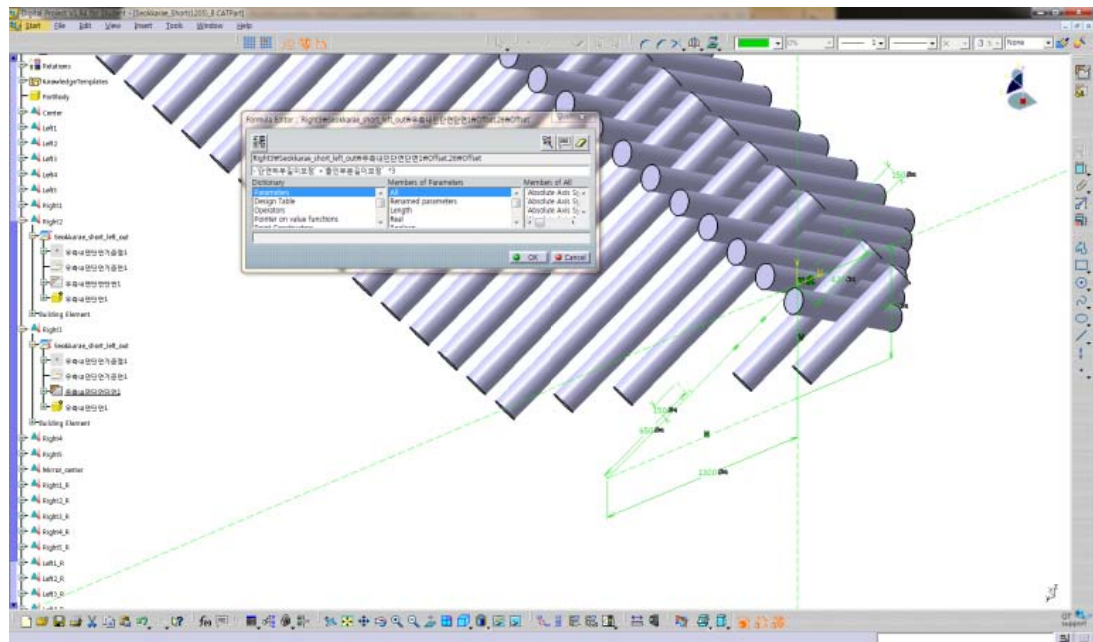
단면 '다' 조합단위 전체 형상

단면 '라' 조합단위는 '다' 조합단위의 일반 단면 쪽에 짧아지는 단면을 추가로 입력한 것으로 길어지는 단면 만드는 것과 반대방향으로 길이 값을 조정하면 된다. 이때 길어지는 수치와 짧아지는 수치는 다를 수 있으므로 각각의 파라미터를 설정해야 한다.

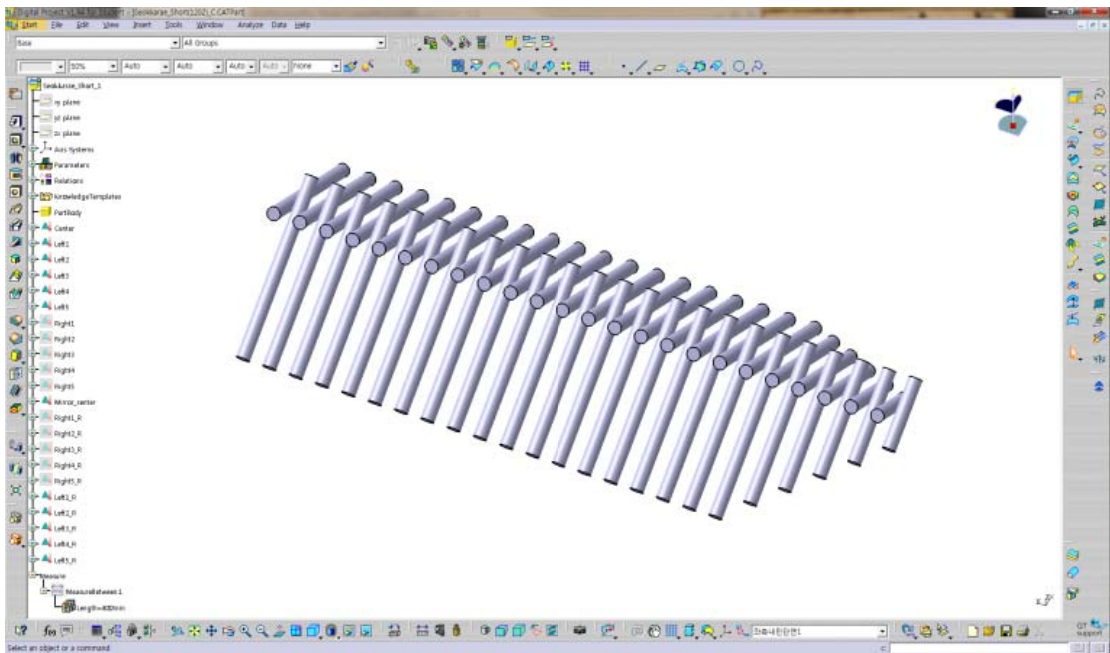
단면 '마'와 '바' 조합단위는 위의 방법과 동일하게 하는데 '마' 조합단위는 한 방향만 짧아지는 단면을 추가하고 '바' 조합단위는 양방향에 짧아지는 단면을 추가한다.



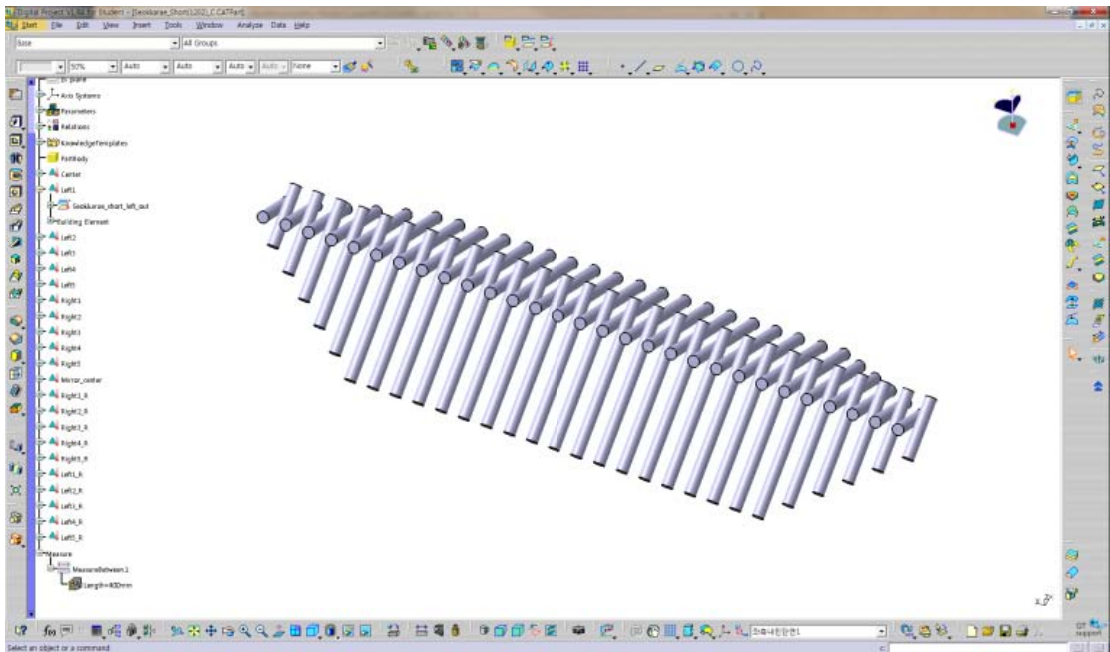
단면 '라' 조합단위 전체 형상



단면 '라' 조합단위 파라미터 입력















단연 '마' 조합단위 전체 형상



단연 '바' 조합단위 전체 형상

단연부 조합단위 전체 모델

구분	도 식	단연 조합단위
가		
나		
다		
라		
마		
바		

6가지 단연부 조합단위로 정리 할 수 있다.

3.5 조합유닛의 활용 활용

전통 한옥 사례 조합단위 모델링 적용

완성된 처마부 조합단위와 단연부 조합단위를 전통 한옥 사례에 적용해 조합단위 모델링의 효율성과 유용성을 검토한다. 적용 대상은 ㄱ, ㄴ, T자형 지붕평면을 가진 형태의 건물로 다양한 조합단위가 사용된 건물로 선택하였다. 모델링의 순서는 우선 필요한 파라미터를 설정하고 그 파라미터에 맞게 기준점과 기준면을 입력한다. 이 기준점에 원하는 형태의 조합단위를 입력하면 설정된 파라미터에 맞게 형태가 변하면서 조합단위들이 입력되게 되며 입력 완료 후 선자연과 서까래의 간격 등 세부조정을 한다.

ㄱ자형 전통 한옥 사례 모델링

사례 개요 및 지붕형태 분석



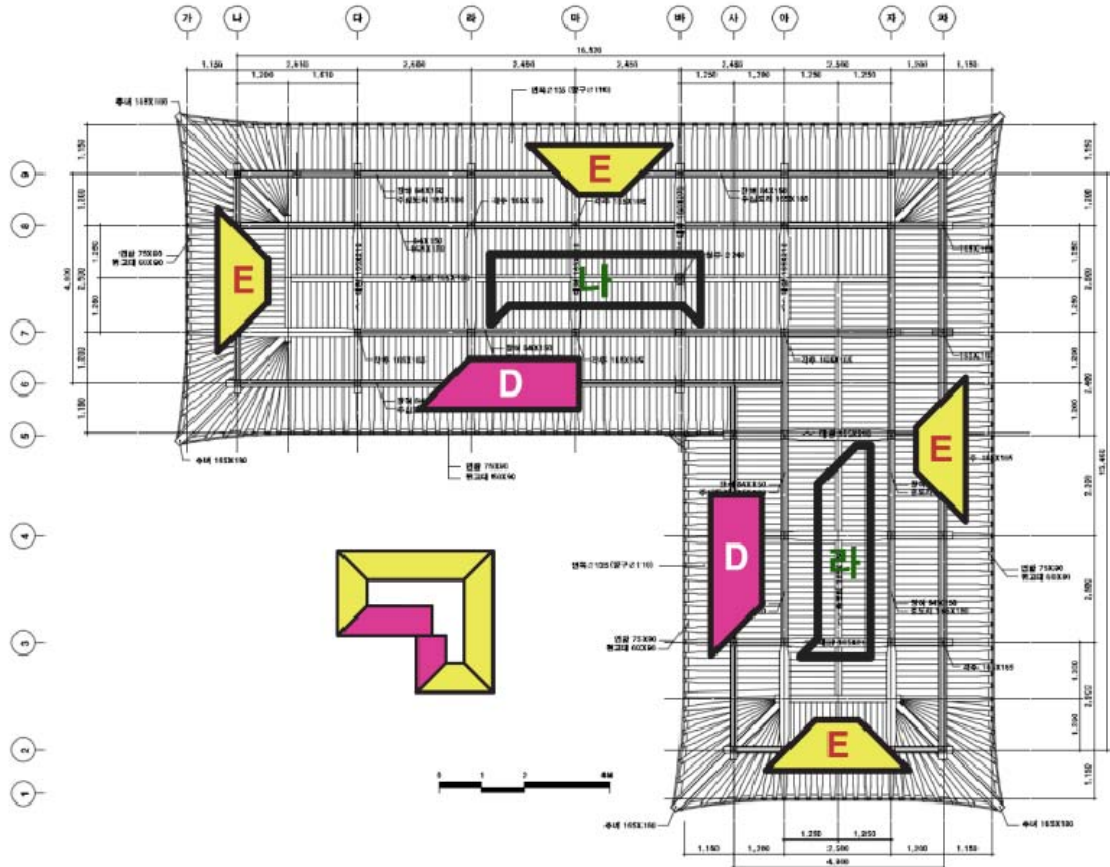
영동규당고택 전경

(출처 : 문화재청, □한국의 전통가옥 27 영동규당고택□, 2008, p8)

ㄱ자형 전통 한옥 사례는 영동규당고택으로 안채와 사랑채가 ㄱ자형으로 연결되어 있다. 본채와 날개채 모두 5량가로 둘 다 단연이 사용되었으며 본채 정면과 날개채 좌측면은 추녀와 장연만 사용된 D 조합단위로, 나머지 4면은 추녀와 장연, 추녀로 구성된 E 조합단위이다. 양곡과 안허리곡 평면에서는 거의 나타나지 않으므

로 장연 직선배열형을 사용한다.

단연은 본체가 팔작지붕의 형태이므로 양단이 모두 길어지는 형태의 '나' 조합단위이며 날개채도 팔작지붕의 형태이므로 한쪽은 길어지고 반대쪽은 본체에 얹혀 짧아지는 형태의 '라' 조합단위이다.



영동규당고택 조합단위 분석

(도면출처 : 문화재청, □한국의 전통가옥 27 영동규당고택□, 2008, p117)

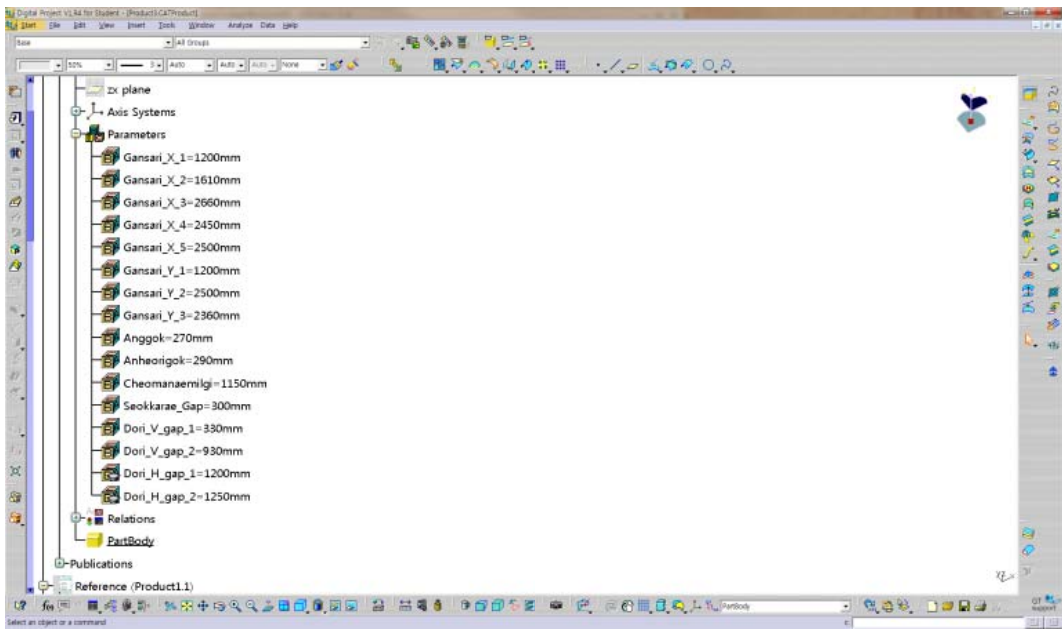
2) 파라미터 및 기준점 입력

영동규당고택의 주요 치수⁴⁰⁾는 다음 표와 같으며 이 치수를 이용하여 각 기준점의 위치를 그려준다. 기준점과 기준면이 완성되면 각 입면의 기둥과 기둥사이의 길이를 측정하는데 이 길이가 조합단위의 정면길이가 된다.

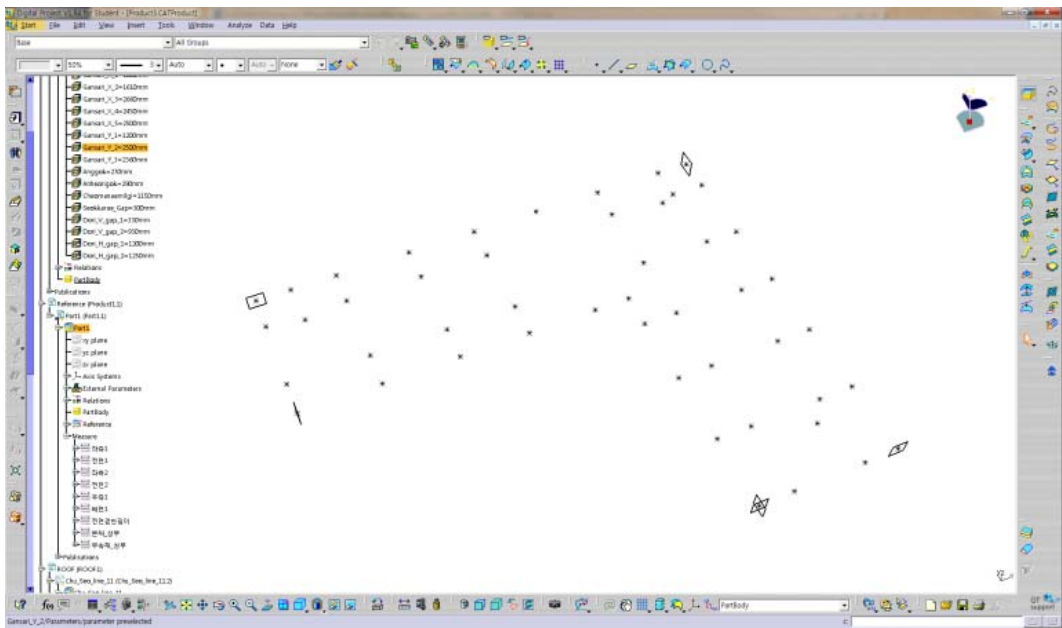
영동규당고택 주요 치수

파라미터	치 수
도리 간 수평간격 (주심 ~ 종도리)	1200mm
도리 간 수직간격 (주심 ~ 종도리)	330mm
도리 간 수평간격 (중 ~ 종도리)	1250mm
도리 간 수직간격 (중 ~ 종도리)	930mm
처마내밀기	1150mm
양곡	270mm
안허리곡	290mm
서까래 지름	135mm
간살이 (X축)	1200, 1610, 2660, 2450, 2500mm
간살이 (Y축)	1200, 2500, 2360mm

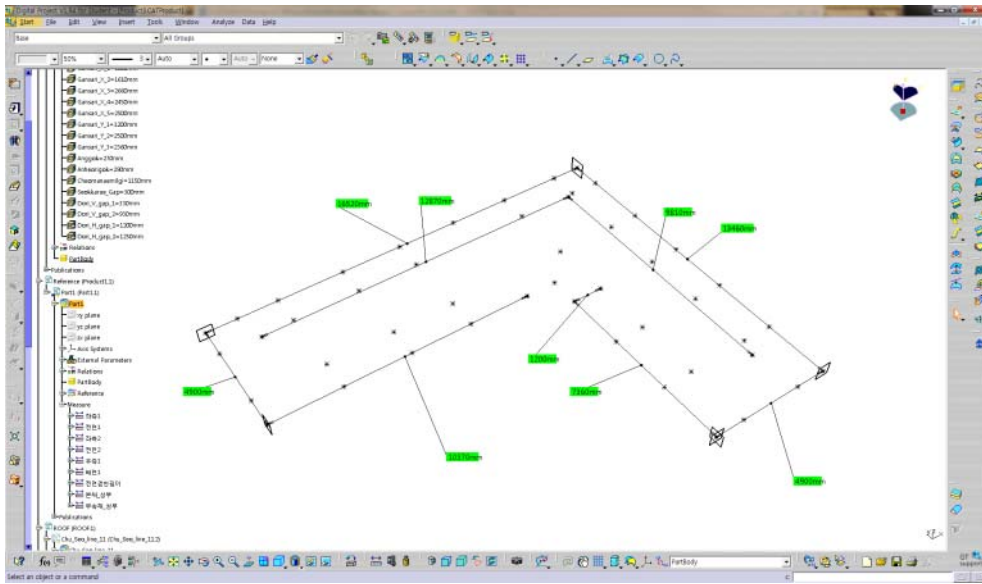
40) 문화재청, □한국의 전통가옥 27 영동규당고택□, 2008



영동규당고택 주요 파라미터 입력



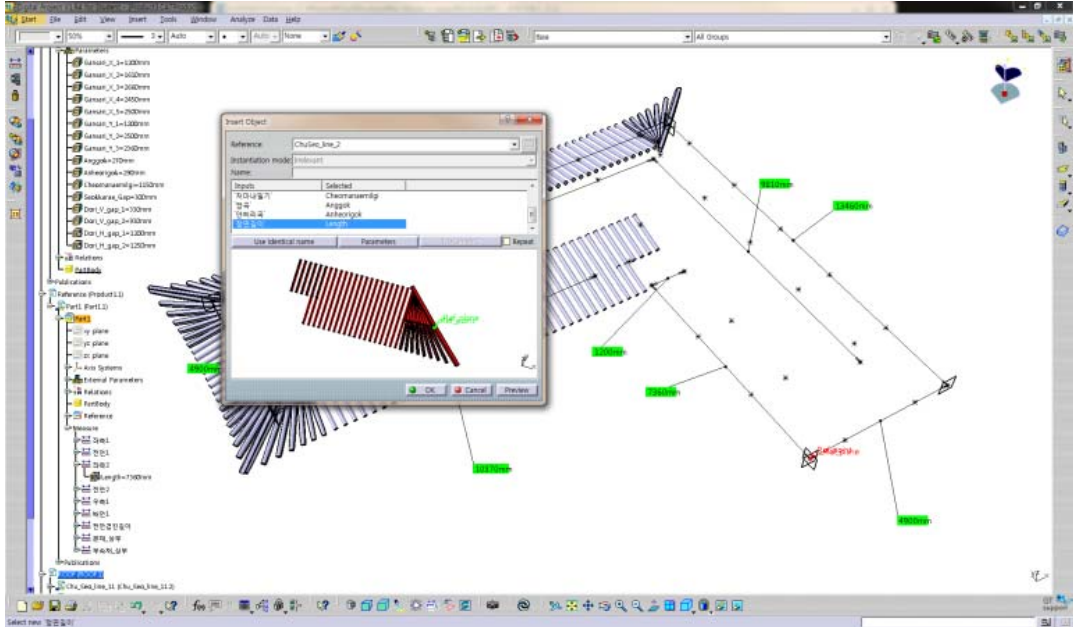
영동규당고택 기준점 및 기준면 입력



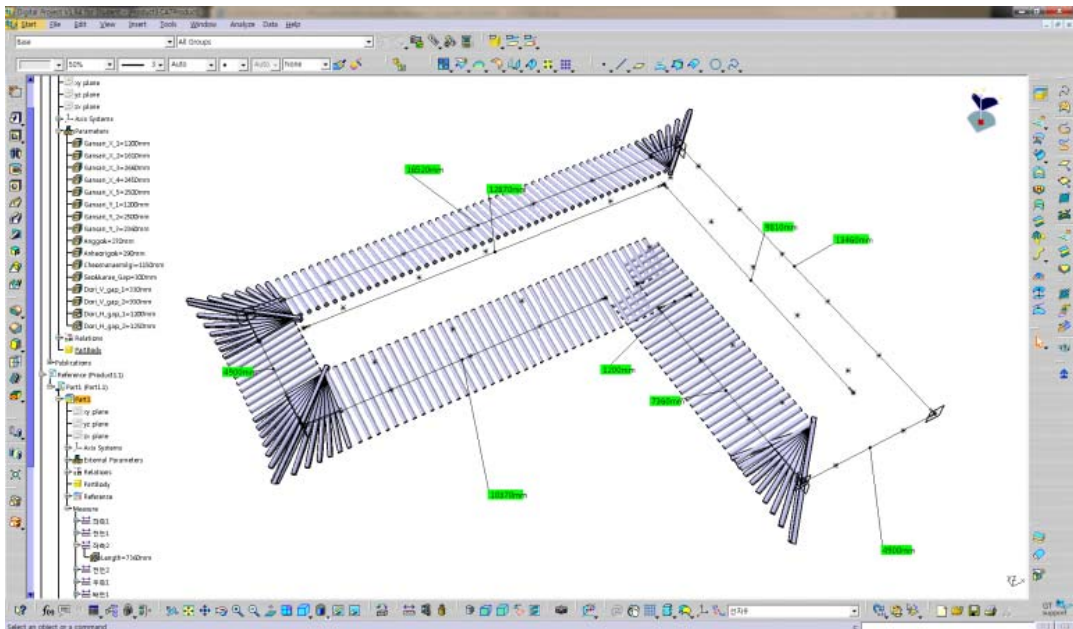
영동규당고택 각 입면 정면길이 측정

조합단위 입력

정면길이의 측정이 완료되면 각 입면별로 조합단위를 입력한다.



영동규당고택 처마부 조합단위 입력1



영동규당고택 처마부 조합단위 입력2
(꺾음부와 선자연과 장연 간의 겹치는 부분이 발생)

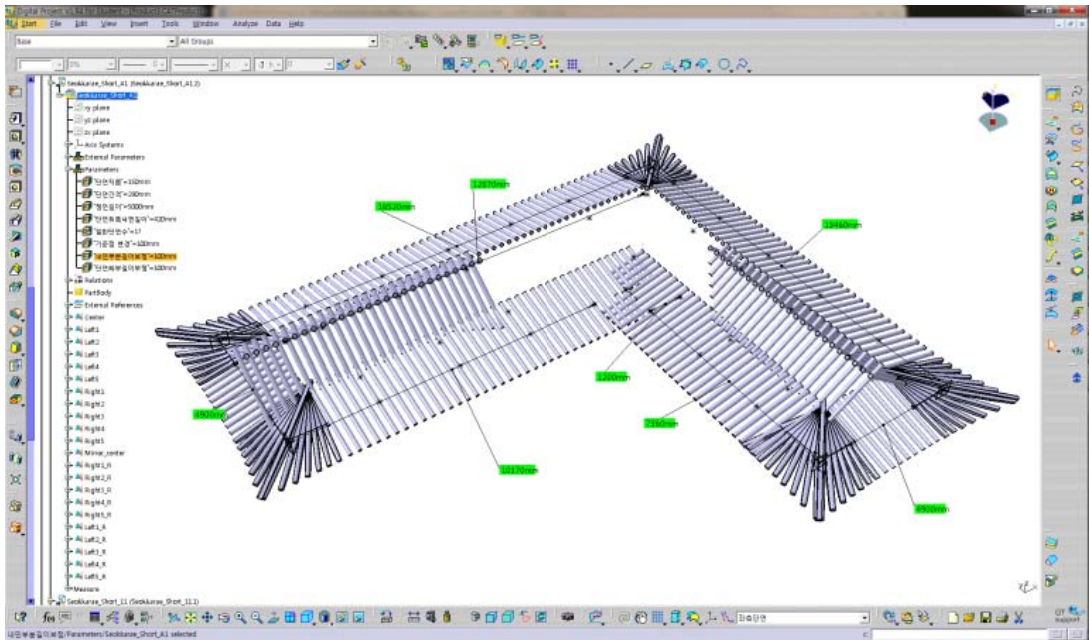
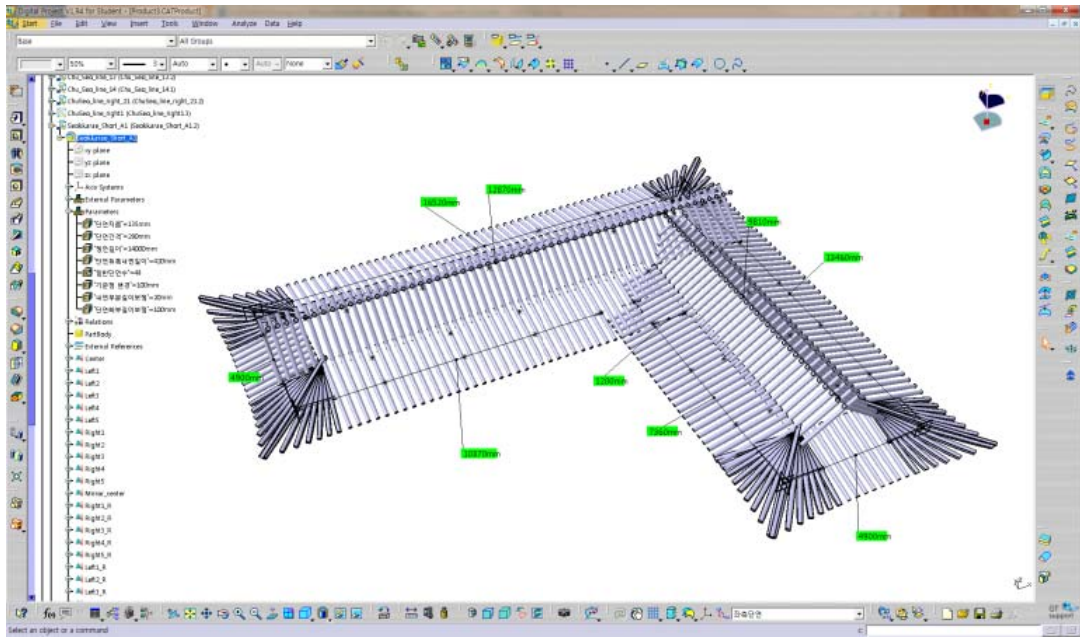


그림 90. 영동규당고택 단연부 조합단위 입력

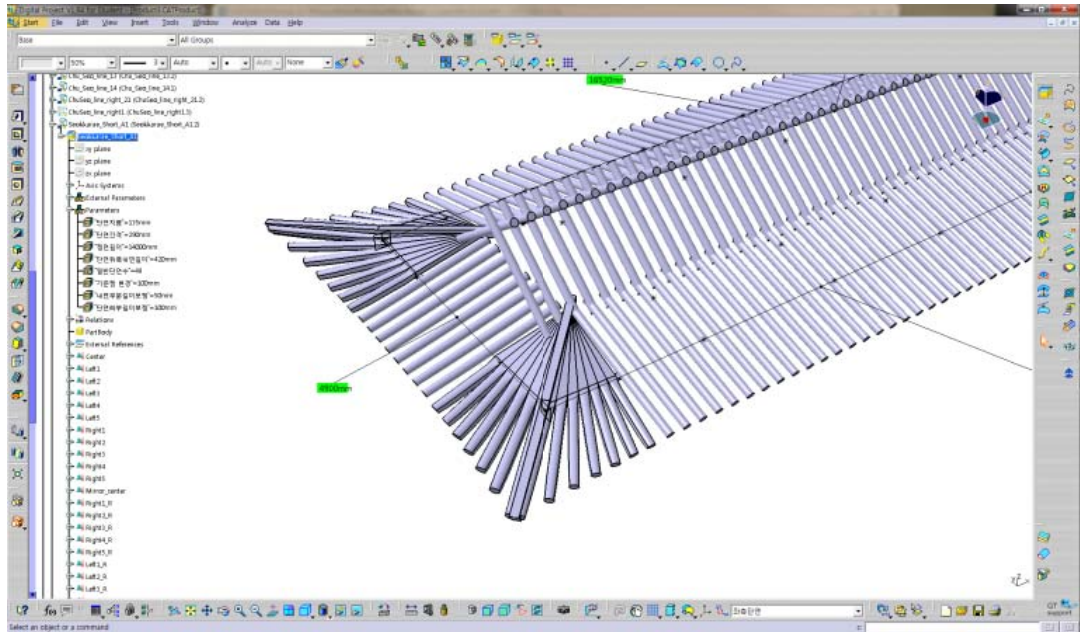
단연부 조합단위의 경우 정면길이를 사용자가 입력하도록 구성하여 단연부 조합단위 입력시 제작된 원래의 정면길이를 나타낸다. 조합단위 입력 시 선택할 수 있도록 할 수 있으나 박공의 위치나 단연 조합단위 간의 겹치는 길이에 따라 조정이 필요하기에 사용자가 직접 입력하도록 구성한 것이다.

세부조정

모든 조합단위의 입력이 완료되면 세부조정을 해야 한다. 가장 먼저 서까래 지름과 서까래 간격을 조정하고 측정한 정면길이를 참조하여 입력하여 전체적인 길이를 조정한다. 그 다음 박공의 위치에 맞게 양단의 길어진 단연의 수를 조정해야 한다. 일반적으로 팔작지붕 단연의 끝은 하부 처마부의 도리 간 수평간격의 절반에 위치하므로 파라미터의 수치 조정을 통해 단연의 수 및 길이를 조정한다.



영동규당고택 단연부 조합단위 세부조정
(파라미터 수치 변경을 통해 전체 길이 및 단연 지름, 간격 조정)



영동규당고택 본체 단연 조합단위 세부조정
(박공의 위치에 맞게 단연 수 및 길이 조정)

서까래의 엇걸음 조정에 앞서 선자연이 추녀와의 45° 간격을 넘는 것들을 조정한다.⁴¹⁾ 조정이 완료되면 서까래 엇걸음을 맞춰야 하는데 엇걸음은 서까래의 위치조정이 불가능한 E 조합단위가 기준이 된다. 영동규당고택에서는 배면이 기준이 되므로 배면부터 서까래 간격을 조정한다. 서까래의 간격은 약 서까래 지름의 2배 내외로 결정하는데 서까래와 선자연 사이의 간격이 서까래 간격과 유사하게 하는 것이 보기 좋다. 여기서 결정된 서까래 간격을 전체의 각 조합단위의 서까래 간격 파라미터에 적용하고 배면 상부 단면의 서까래 기준점 위치 파라미터를 조정하여 다시 엇걸음을 맞춘다. 이 때 엇걸음을 맞추다보면 서까래와 선자연의 간격이 가까워질 경우도 있는데 이때는 선자연 간격 파라미터 값을 줄여 서까래와 선자연의 간격을 조정한다.

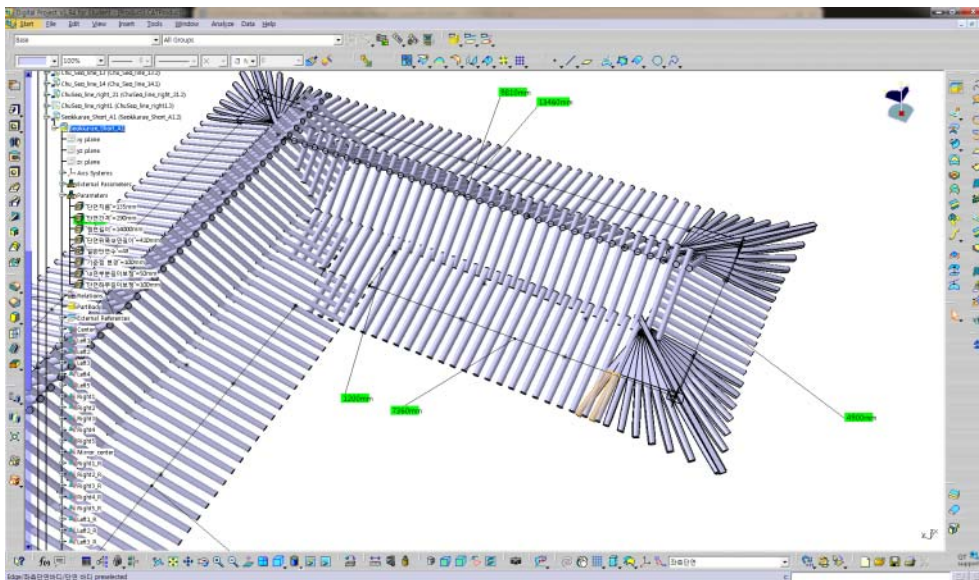


그림 93. 영동규당고택 날개채 선자연 수 조정

41) 없애야 할 선자연은 Digital Project의 Hide나 Deactivate 명령어를 사용한다. 또는 회침추녀의 경우처럼 각 선자연마다 추녀와의 45° 기준면을 입력한 뒤 Split 명령어를 사용하여 자동적으로 생성 및 제거 될 수 있도록 할 수도 있다.

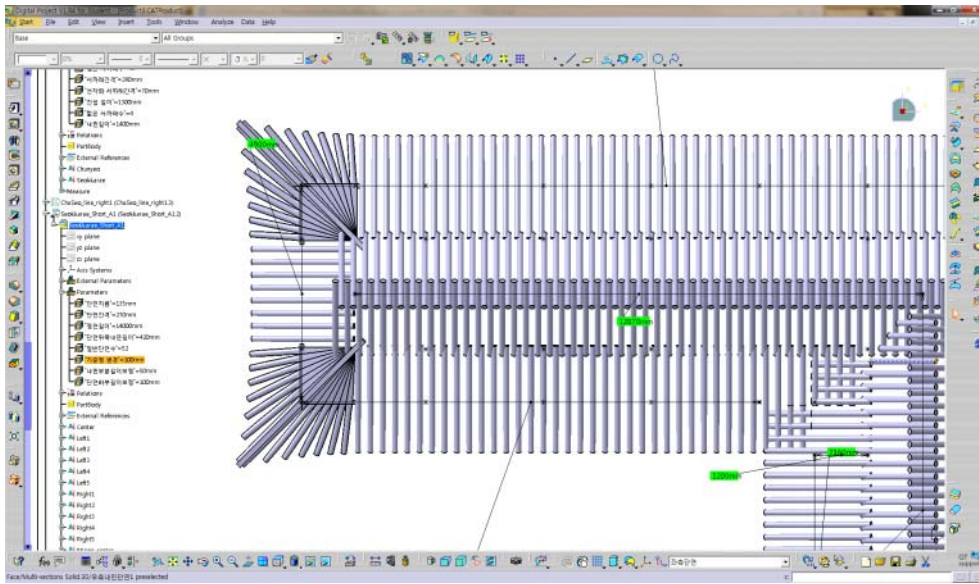


그림 94. 영동규당고택 엇걸음 조정1
(서까래들이 겹쳐있다.)

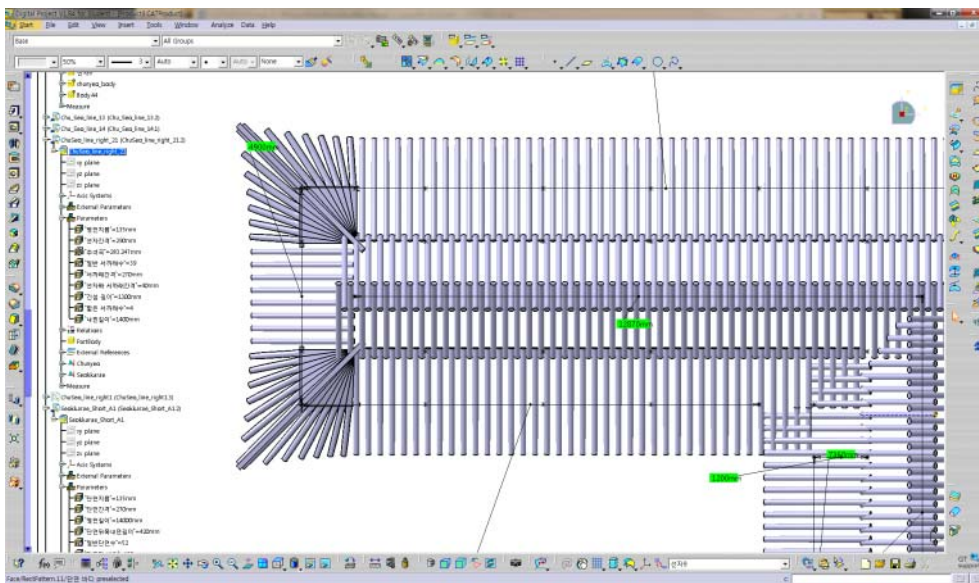
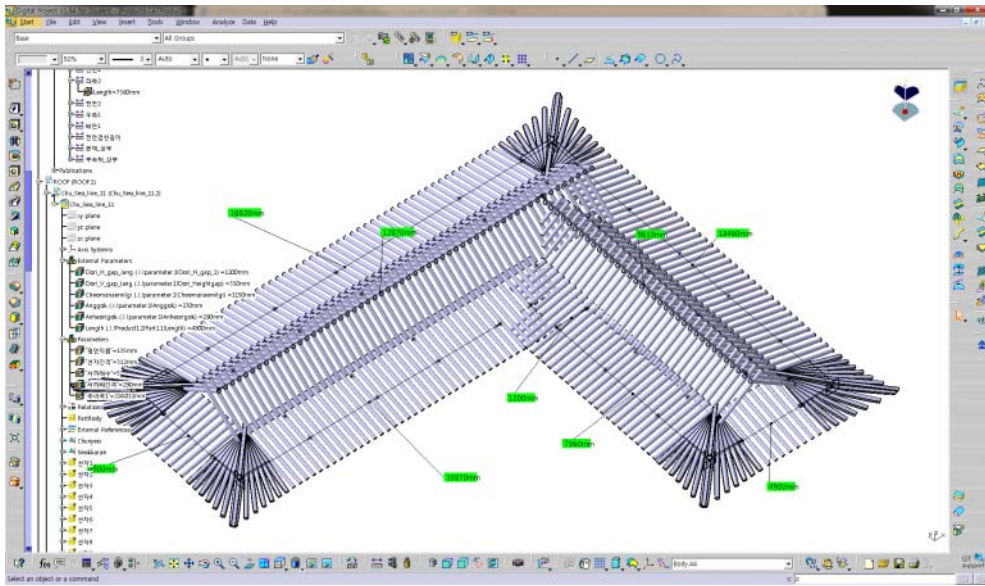
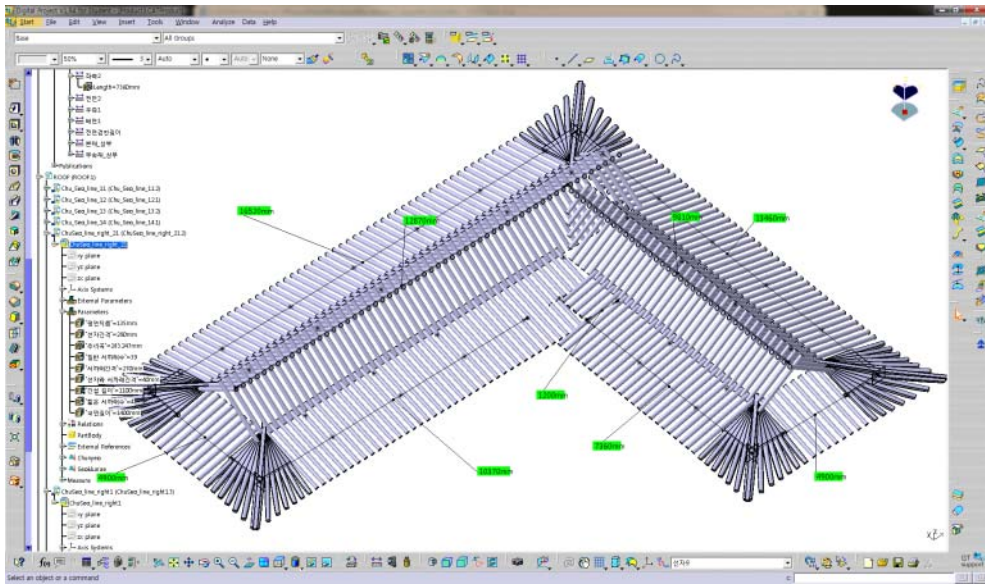


그림 95. 영동규당고택 엇걸음 조정2
(파라미터 값을 조정하여 위치를 맞춘다.)

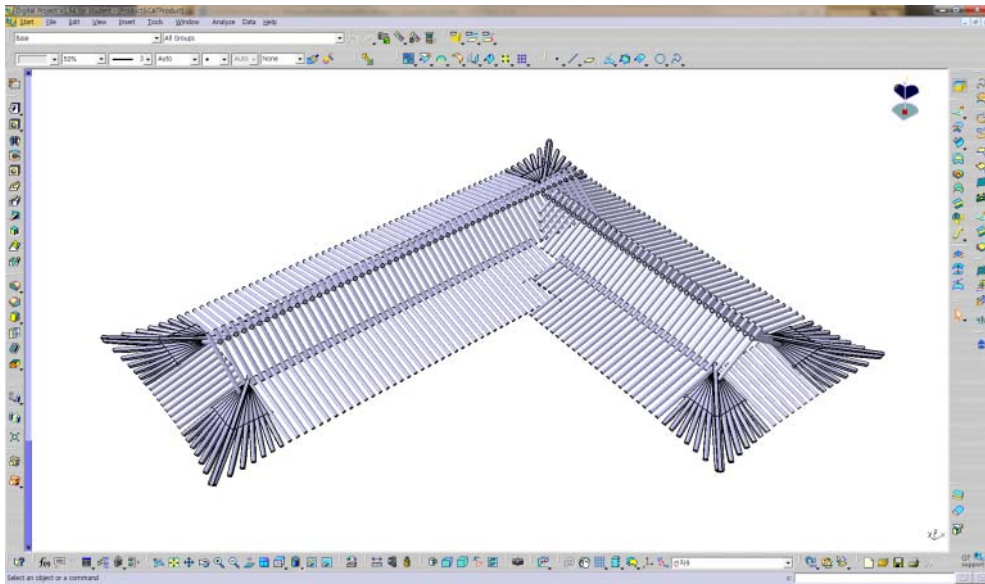
전체적인 서까래의 엇걸음 조정이 끝나면 꺾음부를 조정한다. 꺾음부의 서까래들이 겹치지 않도록 짧은 장면 및 추가 장면 개수 파라미터 값을 조정하여 서까래를 배열한다.



영동규당고택 꺾음부 조정 전



영동규당고택 꺾음부 조정 후



영동규당고택 지붕 완성

이상의 작업을 통해 같은 채에서도 엇걸음 및 선자연과 서까래와의 간격 조정을 따라서 각 모서리 부분의 선자연 간격과 수가 달라질 수 있음을 알 수 있었다.

ㄷ자형 전통 한옥 사례 모델링

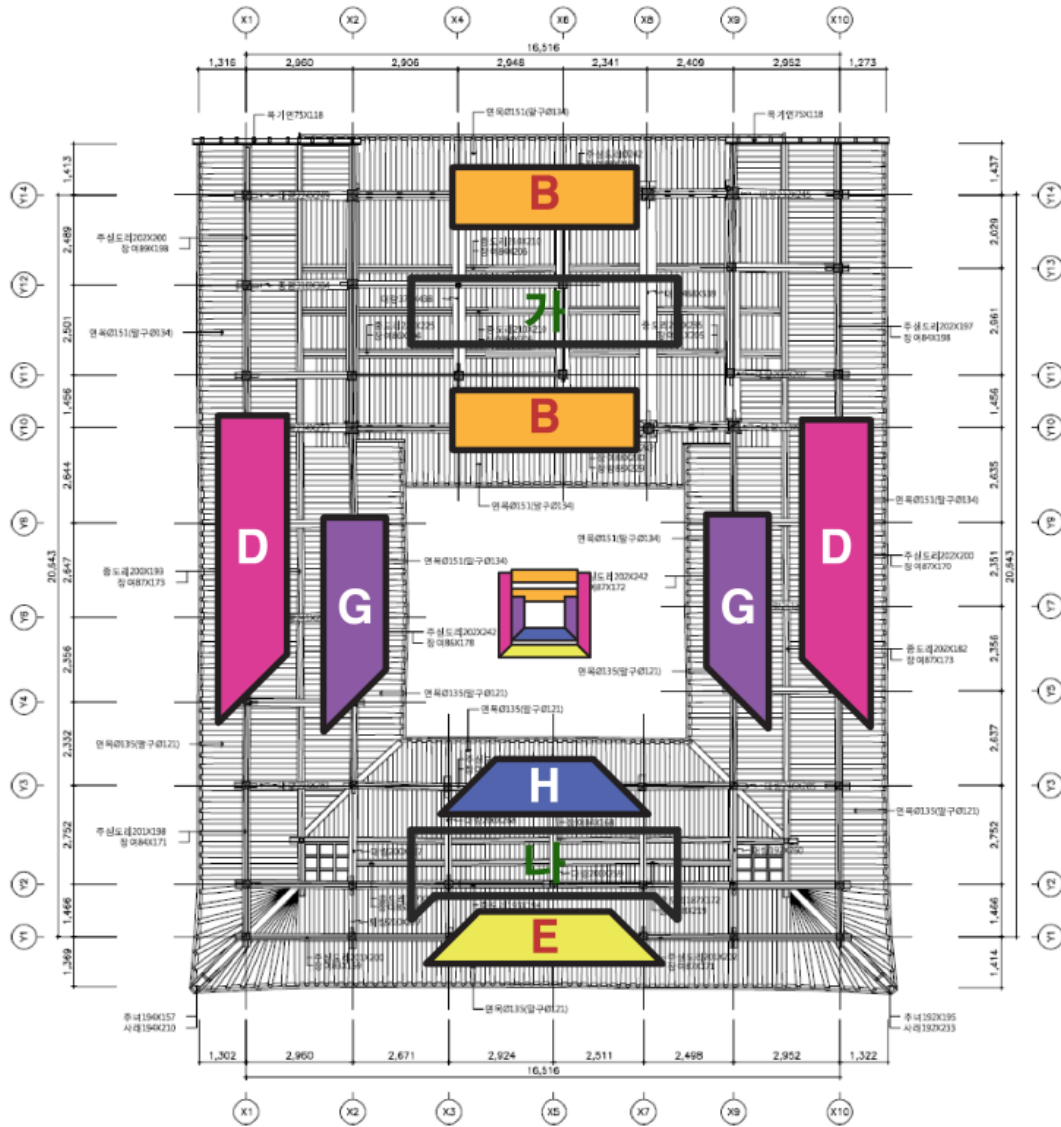
사례 개요 및 지붕형태 분석

ㄷ자형 전통 한옥 사례는 하회 북촌댁으로 완전히 막힌 ㄷ자형으로 안쪽의 안채와 전면의 사랑채는 5량가, 측면은 3량으로 구성되어 있으며 전면 사랑채는 팔작지붕, 측면과 안채는 맞배지붕이다. 전면과 측면의 꺾음부는 회첨추녀가 사용되었으며 측면과 안채는 회첨추녀가 사용되지 않았다. 안채는 전면, 측면보다 높게 되어 있다. 그러므로 처마부 조합단위로 살펴보면 사랑채 전면은 E, 배면은 H, 측면은 양쪽 모두 바깥면은 D, 안쪽은 G, 안채의 전면과 후면은 B 조합단위로 다양한 형태가 사용되었음을 알 수 있다. 단연은 사랑채는 박공이 용마루 바깥으로 돌출되었기에 '나' 조합단위이며 안채는 맞배지붕의 상부로 기본형인 '가' 조합단위이다.



하회 북촌댁 전경

(출처 : 문화재청, □한국의 전통가옥 안동하회마을 1차□, 2009, p4)



하회 북촌덕 조합단위 분석

(도면 출처 : 문화재청, □한국의 전통가옥 안동하회마을 1차□, 2009, p322)

파라미터 및 기준점 입력

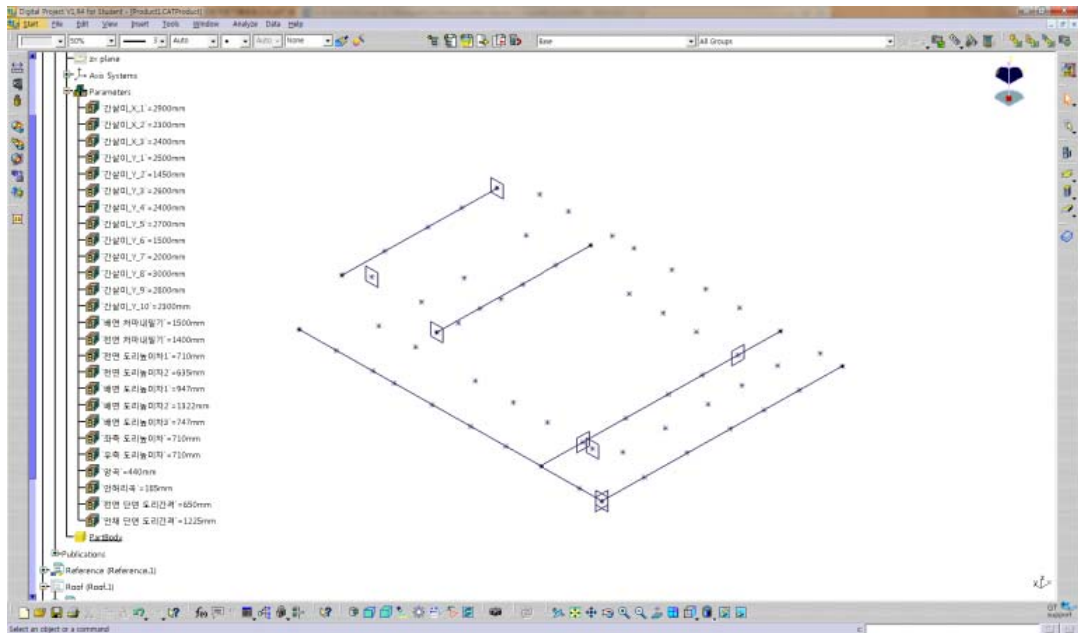
하회 북촌댁의 주요 치수를 정리하면 [표 33]과 같다. 실측조사보고서⁴²⁾의 치수들을 일의 자리까지 표현되어 치수들이 모두 다르나 이것을 시공 오차로 볼 수도 있고, 앞으로의 한옥 생산을 위한 모듈화를 고려하여 모델링에 편하도록 비슷한 치수가 되도록 조정하였다. 양곡과 안허리곡은 좌우의 평균치로 정하였고 사랑채 전면의 양곡은 중앙의 서까래보다 좌측의 서까래가 더 낮아 처짐이 발생한 것으로 보여 선자연에만 곡을 준 직선형 서까래로 가정하고 모델링을 하였다.

하회 북촌댁 주요 치수

파라미터	치 수
도리 간 수평간격 (주심 ~ 중도리)	1450, 2000mm
도리 간 수직간격 (주심 ~ 중도리)	710, 747, 947mm
도리 간 수평간격 (중 ~ 중도리)	625, 1225mm
도리 간 수직간격 (중 ~ 중도리)	635, 1327mm
처마내밀기	1400mm
양곡	440mm
안허리곡	185mm
서까래 지름	135, 151mm
간살이 (X축)	2900, 2300, 2400mm
간살이 (Y축)	2500, 1450, 2600, 2400, 2700, 1500, 2000, 3000, 2300, 2800mm

42) 문화재청, □한국의 전통가옥 안동하회마을 I차□, 2009

모델링 순서는 영동규당고택과 동일하지만 북촌택에서는 안채가 사랑채와 부속채보다 높게 있고 안채의 전면보다 후면의 서까래 위치가 높다는 점에 유의해서 기준점을 잡는다.



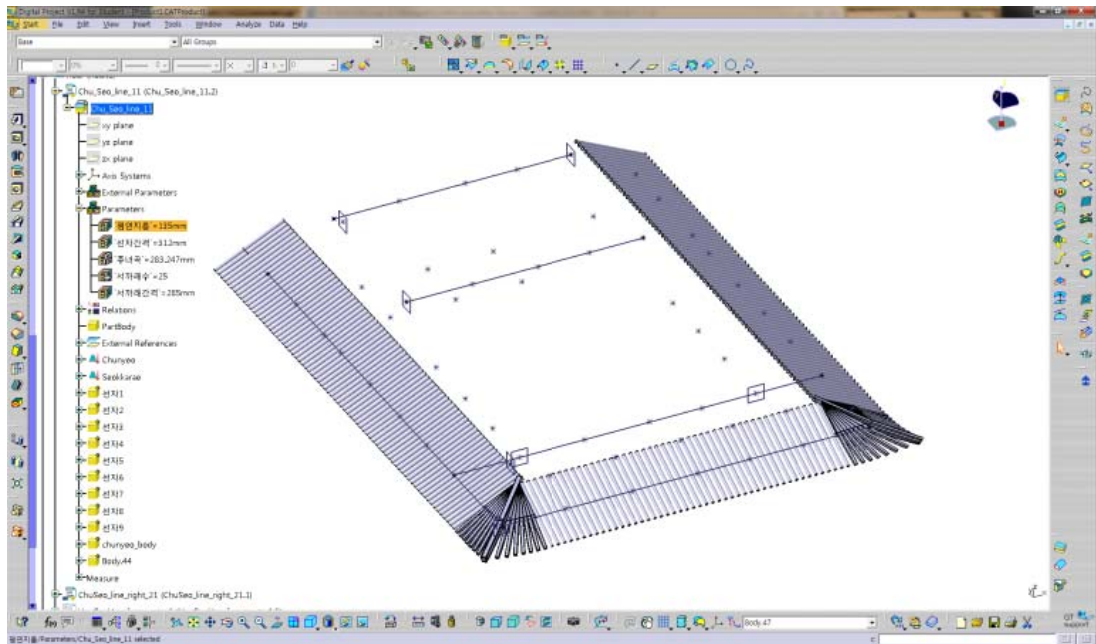
하회 북촌택 파라미터 및 기준점 입력

사랑채 조합단위 입력 및 세부조정

먼저 사랑채 전면과 부속채 바깥면을 입력한다. 이때 실제 도면에는 전면의 좌측과 우측의 처마내밀기가 다르고 또 전면과 측면의 처마내밀기가 다르다. 본 연구의 E 조합단위에서는 좌우가 동일한 것으로 가정하였기에 다르게 하는 것이 불가능하며 추녀끼리 접하는 조합단위의 경우 처마내밀기, 양곡, 안허리곡, 도리 간 수평간격, 수직 간격을 다르게 할 경우 추녀의 형상이 달라지게 되므로 동일하게 해야 한다. 하회 북촌택 모델링의 경우 그 차이가 10cm 이내로 주요 치수들을 동일하게 하여 모델링을 진행하였고 만약 다르게 하기 위해서는 조합단위에 파라미터를 세분화하여 각각 따로 구동되도록 조정하거나 각 부재 파라메트릭 모델을 따로 입력해야 한다. 하지만 이렇게 모든 조건을 충족시키려면 노력과 시간이 많이 들기에 한옥의 생산성을 높이기 위해서는 치수의 통일이 필요하다.

전면에는 E 조합단위 중 장연 직선배열형과 장연이 가운데 배치되는 홀수형으로 입력을 한다. 입력 뒤 파라미터 값 변경을 통해 서까래 지름을 조정하고 영동규당

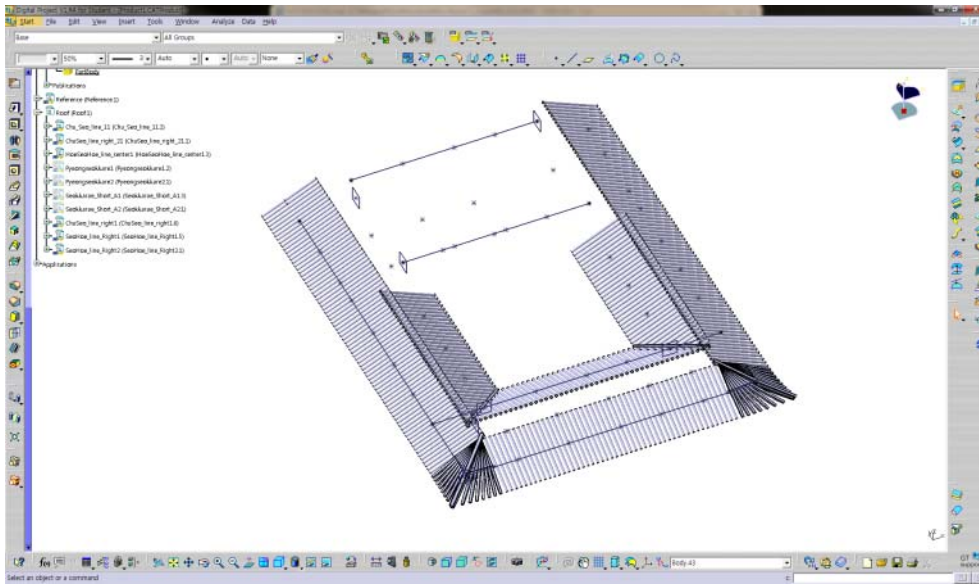
고택과 마찬가지로 선자연과 서까래의 적절한 간격을 고려하여 서까래 간격을 결정하고 선자연의 수를 조정한다. 측면의 D 조합단위 역시 장연 직선배열형으로 입력한다. 파라미터 값 변경을 통해 서까래 지름과 선자연 수를 조정하고 E 조합단위에서 결정한 서까래 간격을 입력한 뒤 선자연과 서까래 사이 간격을 조정한다. 또한 채 쪽에 맞배로 마무리된 부분에 내민길이에 따라 장연의 수를 늘려준다.



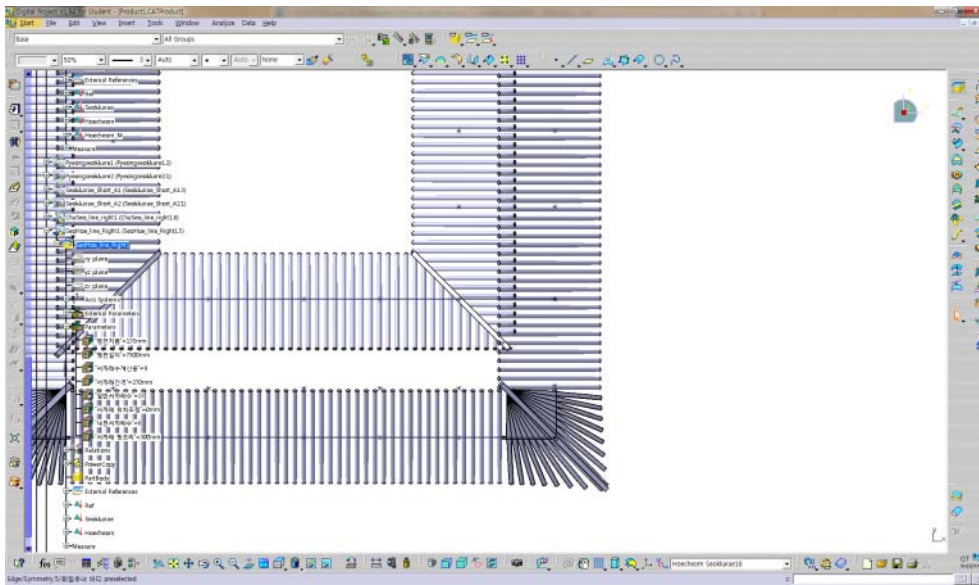
하회 복춘대 처마부 조합단위 입력1

바깥면의 입력과 조정이 완료되면 안쪽 처마부에 대한 조합단위를 입력한다. 안쪽은 회첨추녀를 사용하였기에 사랑채는 H 조합단위를, 측면의 부속채는 G 조합단위를 입력하는데 사랑채 전면이 장연 홀수형을 입력하였기에 그 안쪽인 H 조합단위는 서까래 엇걸음을 위해 짝수형을 입력해야 한다. 바깥쪽과 마찬가지로 안쪽의 조합단위도 회첨추녀를 공유하고 있기에 주요 치수를 같게 입력해야 동일한 회첨추녀가 생성된다.

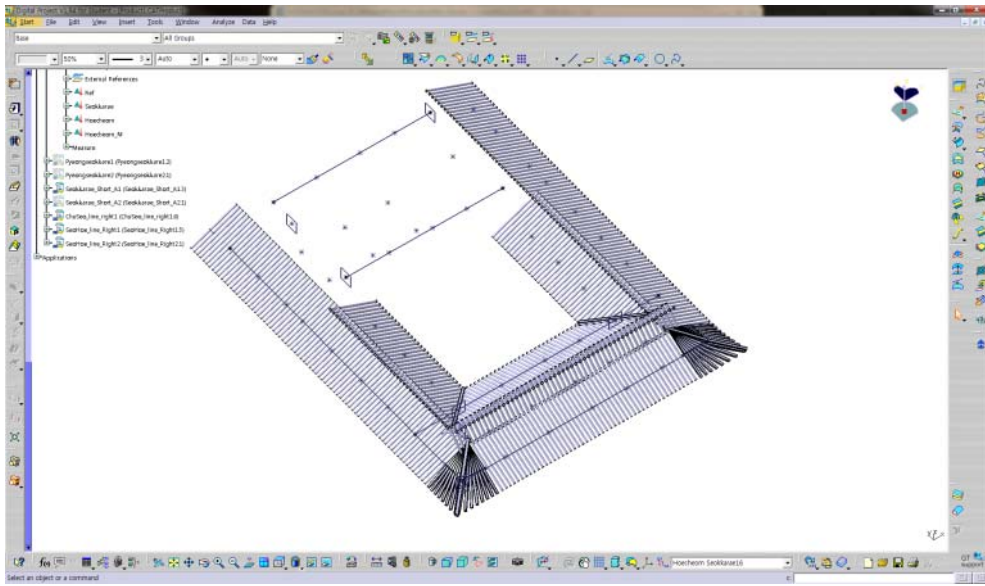
입력 후 H 조합단위 역시 파라미터 값 변경을 통해 서까래 크기 조정, 서까래 간격 조정을 하고 G 조합단위도 서까래 크기 조정, 서까래 간격 조정 및 맞닿는 조합단위와의 서까래 엇걸음을 위한 서까래 위치 조정을 한다. 마지막으로 도면의 내민길이에 맞춰 장연의 수를 증가시킨다.



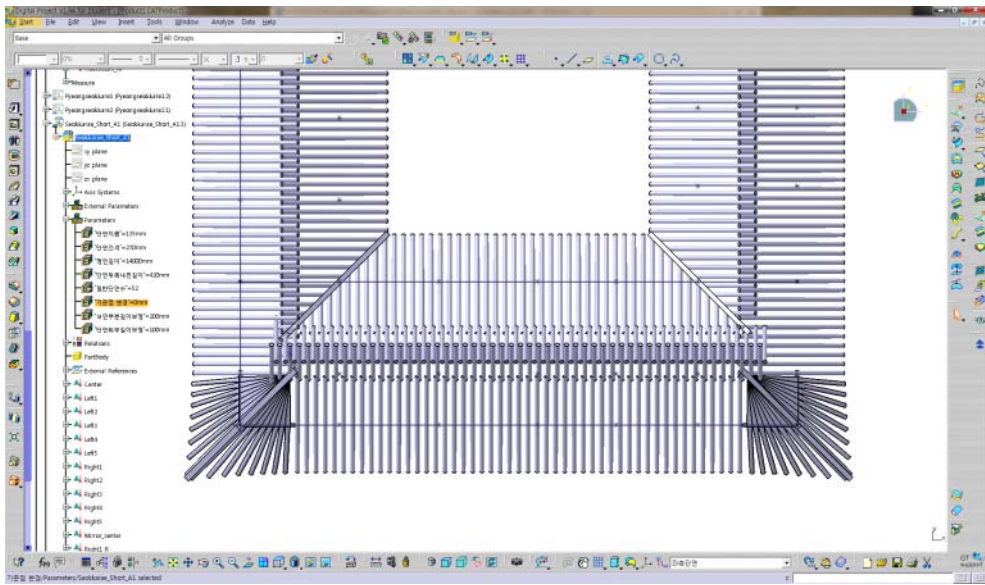
하회 북촌댁 처마부 조합단위 입력2



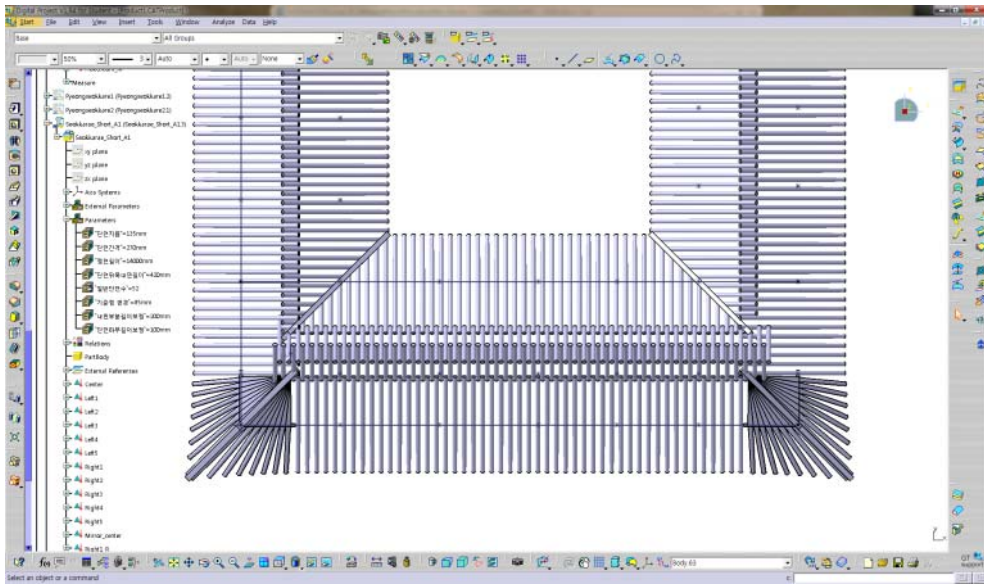
하회 북촌댁 처마부 조합단위 세부조정1 - 측면 조합단위의 서까래 겹침



하회 북촌덕 사랑채 단연부 조합단위 입력



하회 북촌덕 사랑채 단연부 조합단위 세부조정1

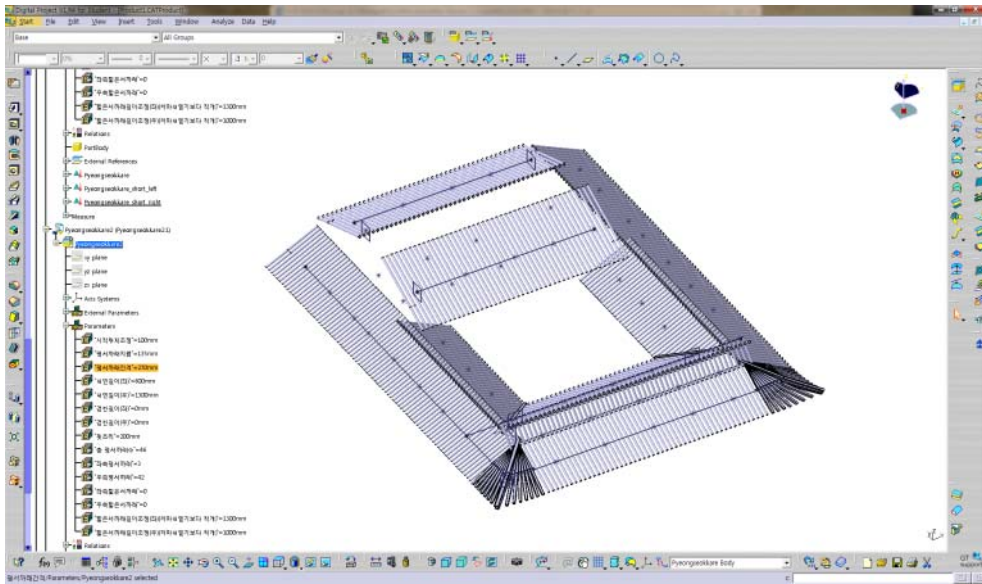


하회 북촌댁 사랑채 단연부 조합단위 세부조정2

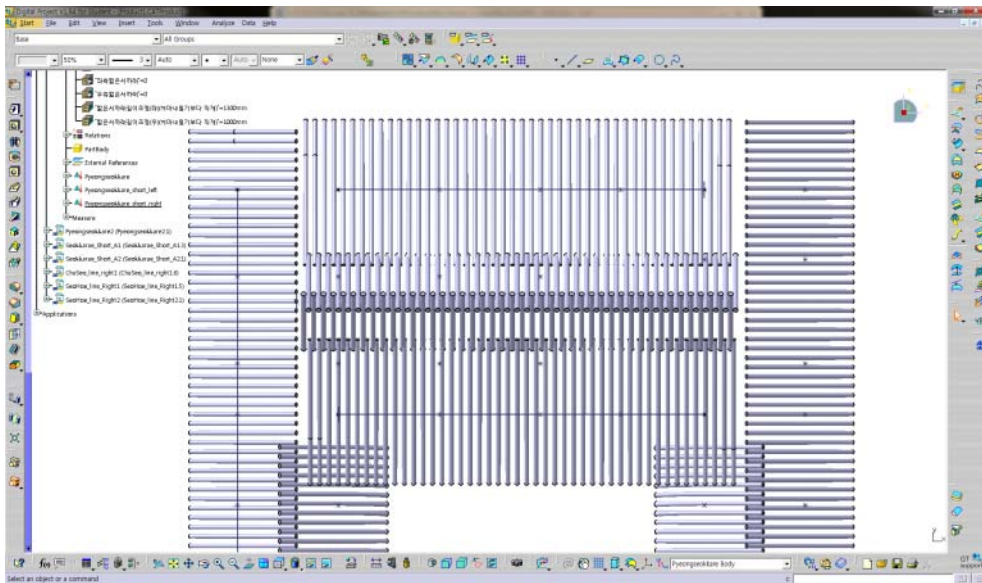
안채 조합단위 입력 및 세부조정

이제 남은 안채에 조합단위를 입력해야 한다. 맞배지붕이므로 B 조합단위를 입력하고 서까래 지름, 서까래 간격을 조정한다. 꺾음부가 아니기에 겹치는 부분이 없으므로 짧은 서까래 수 파라미터를 0으로 조정하고 내민 길이에 따라 연장되는 서까래 수를 조정한다. 또 전면과 배면의 서까래가 겹치지 않도록 위치 조정을 하는데 이 작업은 단연을 입력 후 하는 것이 잘 보이기 때문에 편리하다.

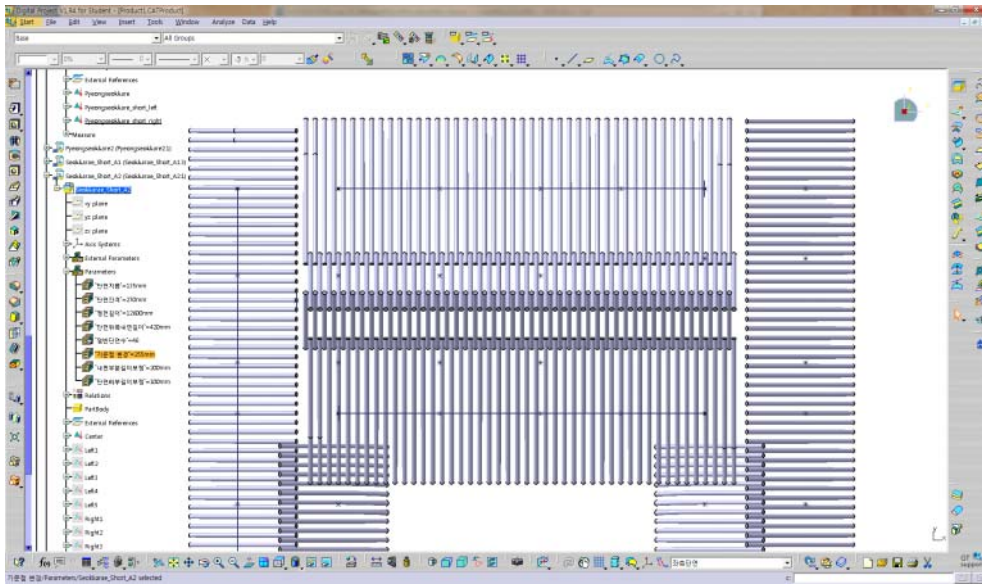
단연은 맞배지붕이므로 기본형인 '가' 조합단위를 입력한다. 서까래 크기, 간격, 전체길이 등을 조정하고 내민길이와 엇걸음에 대한 시작 위치 점을 조정하여 맞춘다.



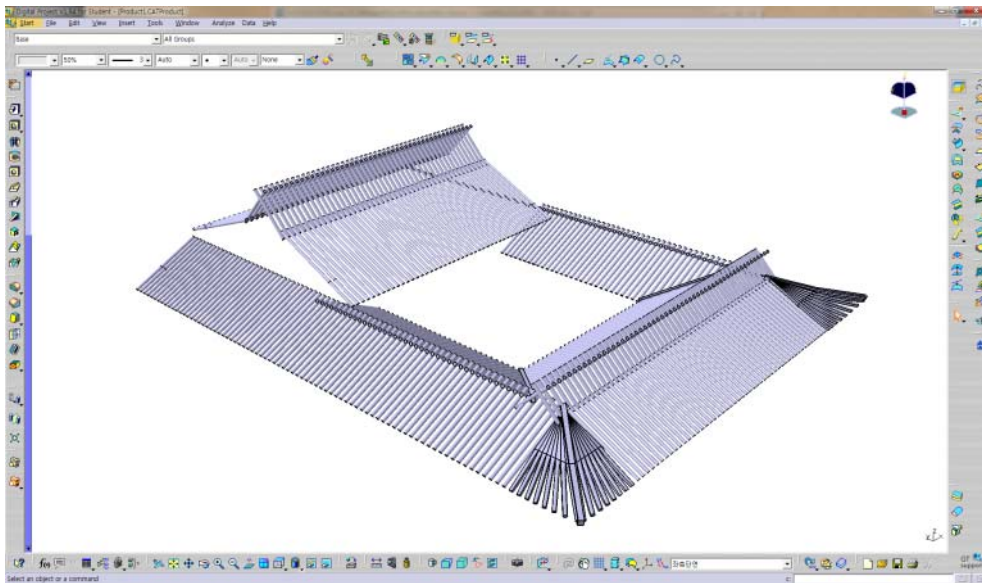
하회 북촌댁 안채 처마부 조합단위 입력



하회 북촌댁 안채 단연부 조합단위 입력 및 세부조정 1



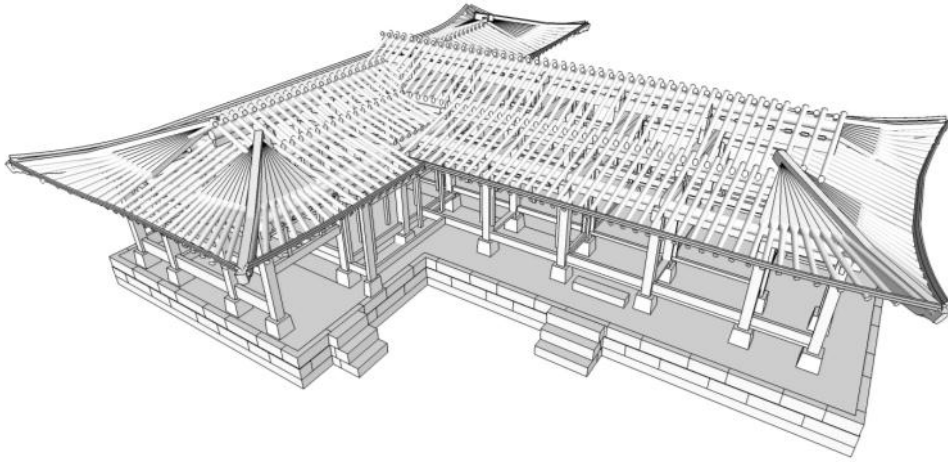
하회 북촌댁 안채 단연부 조합단위 세부조정 2



하회 북촌댁 지붕 완성

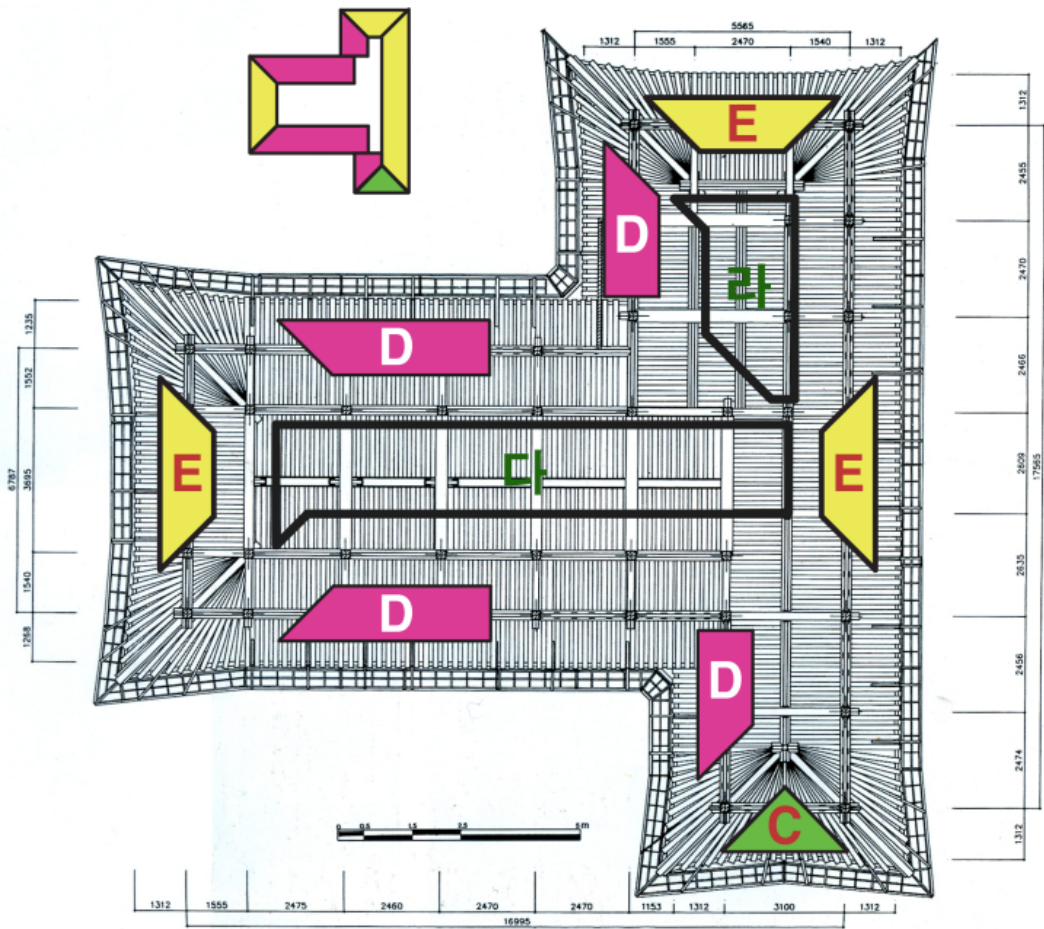
T자형 전통 한옥 사례 모델링

사례 개요 및 지붕형태 분석



서울 윤현궁 노안당
(출처 : 김정현 작도)

윤현궁 노안당은 T자형의 지붕평면이며 본채는 팔작지붕의 5량 구조로 본채 우측에 앞으로는 3량의 팔작지붕이 뒤로는 5량의 팔작지붕의 날개채로 구성되어 있다. 각 입면에 모두 추녀를 사용하였으며 꺾음부에는 회첨추녀를 사용하지 않았다. 본채 좌측면은 E, 정면과 배면은 D, 전면 날개채 좌측면은 D, 정면은 C, 우측면은 E, 날개채 배면은 E, 좌측면은 D 조합단위로 분류 할 수 있다. 본채 단연은 좌측은 처마부 서까래까지 길어지고 우측은 용마루까지 길이로 같은 크기로 마무리되므로 '다' 조합단위이다. 날개채 단연은 한쪽은 길어지고 한쪽은 본채 단연에 이어져 짧아지는 '라' 조합단위이다.



도면 2 · 1 · 16 노안당 양시도

그림 114. 운현궁 노안당 조합단위 분석

파라미터 및 기준점 입력

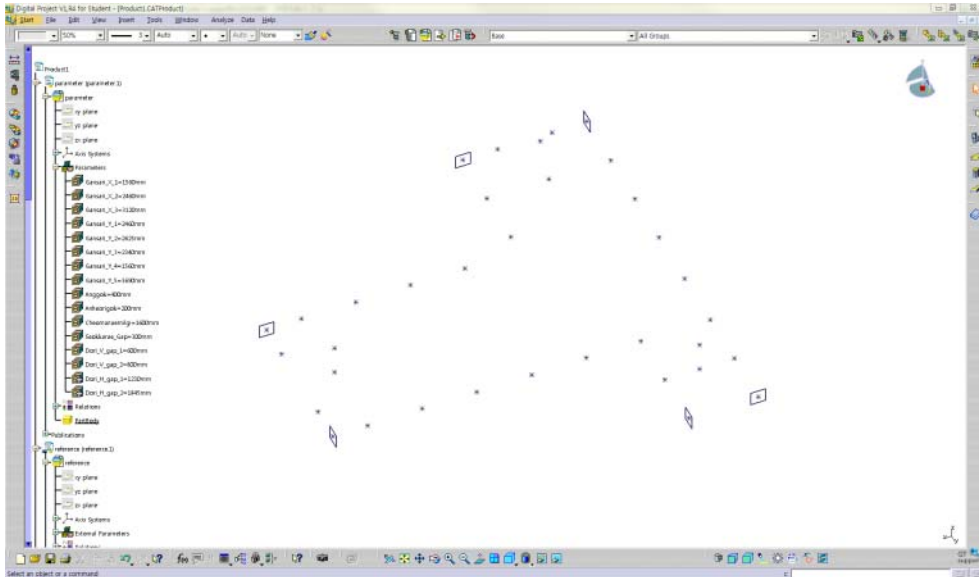
운현궁 노안당의 주요치수⁴³⁾는 [표 34]로 정리하였고 하회북촌택의 모델링과 마찬가지로 모델링에 편리하도록 평균 치수로 조정하였다.

운현궁 노안당 주요 치수

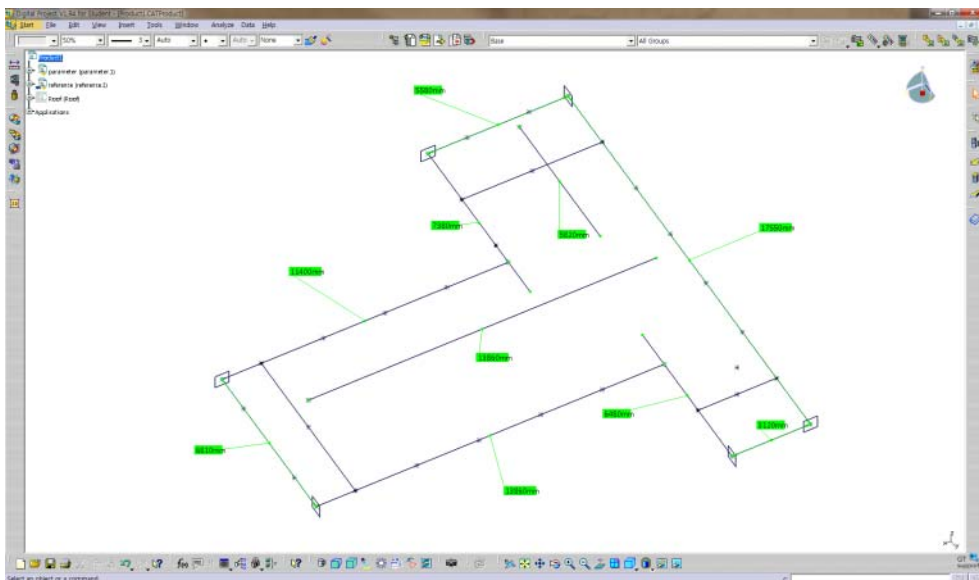
파라미터	치 수
도리 간 수평간격 (주심 ~ 중도리)	1560, 2460mm
도리 간 수직간격 (주심 ~ 중도리)	600mm
도리 간 수평간격 (중 ~ 중도리)	1230, 1845mm
도리 간 수직간격 (중 ~ 중도리)	800mm
처마내밀기	1600mm
양곡	400mm
안허리곡	200mm
서까래 지름	150mm
간살이 (X축)	1560, 2460, 3120mm
간살이 (Y축)	2460, 2625, 2340, 1560, 3690mm

43) 서울특별시, □운현궁 실측조사보고서□, 1993

앞의 모델링과 마찬가지로 이 치수를 바탕으로 파라미터 및 기준점 입력을 하고 각 입면의 길이를 측정한다.



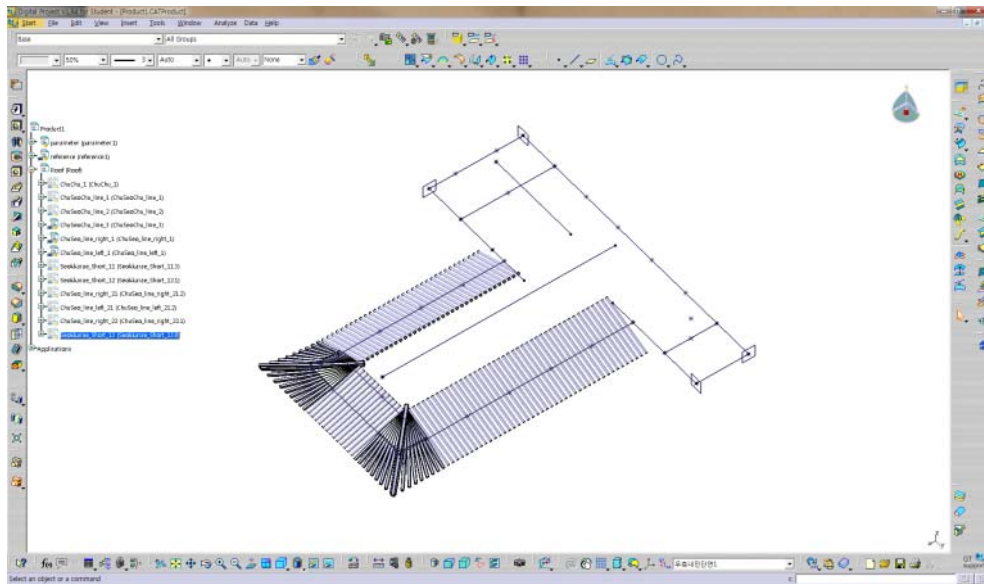
운현궁 노안당 파라미터 및 기준점 입력



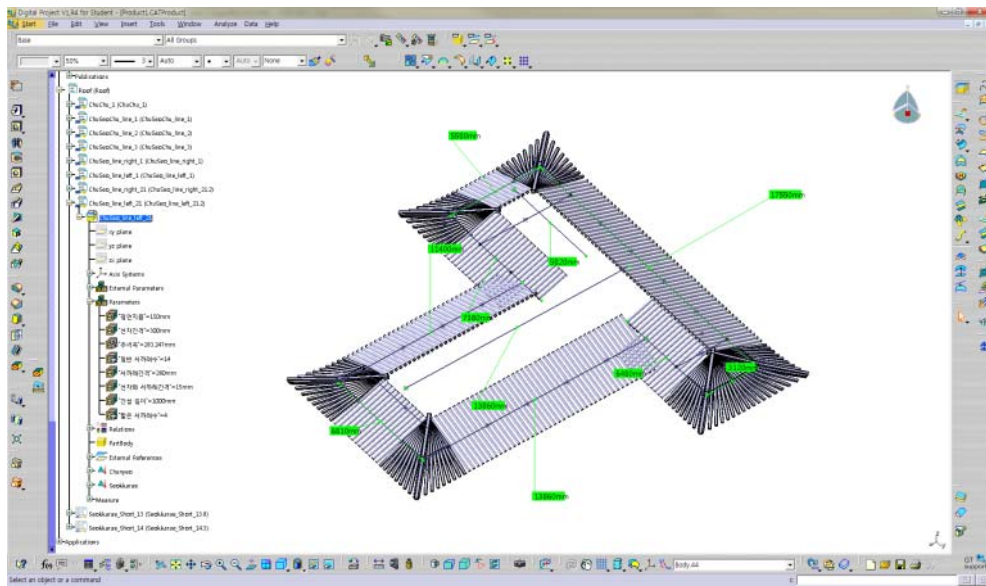
운현궁 노안당 각 입면 정면길이 측정

조합단위 입력

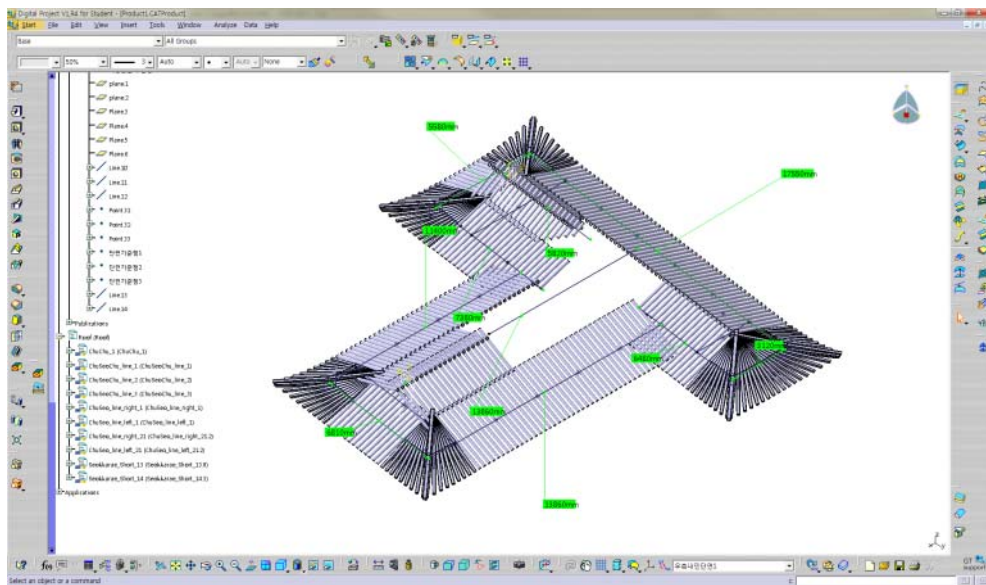
파라미터 및 기준점 입력, 각 입면 길이 측정이 완료되면 각 입면에 해당하는 조합단위를 입력한다. 노안당에서는 해당되지 않지만 앞의 하회복춘택 모델링 시에 언급했듯이 E 나 H 처마부 조합단위의 경우 전면과 후면에 대칭으로 입력될 시 짝수형과 홀수형을 구분해서 입력해야 함을 주의한다.



운현궁 노안당 조합단위 입력



윤현궁 노안당 처마부 조합단위 입력



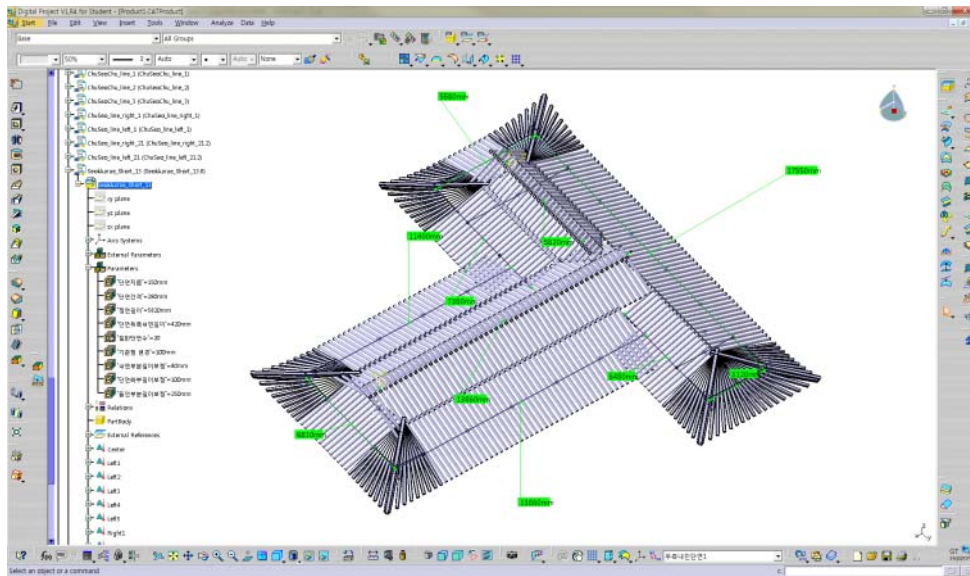
윤현궁 노안당 단연부 조합단위 입력

세부조정

처마부, 단연부 조합단위 입력이 완료되면 서까래 엇걸음 등의 세부조정 작업을 진행한다. 우선 모든 조합단위들의 서까래의 지름과 간격을 통일하는 것이 모델링에 편리하므로 치수 조정을 하고 단연의 세부조정을 한다.

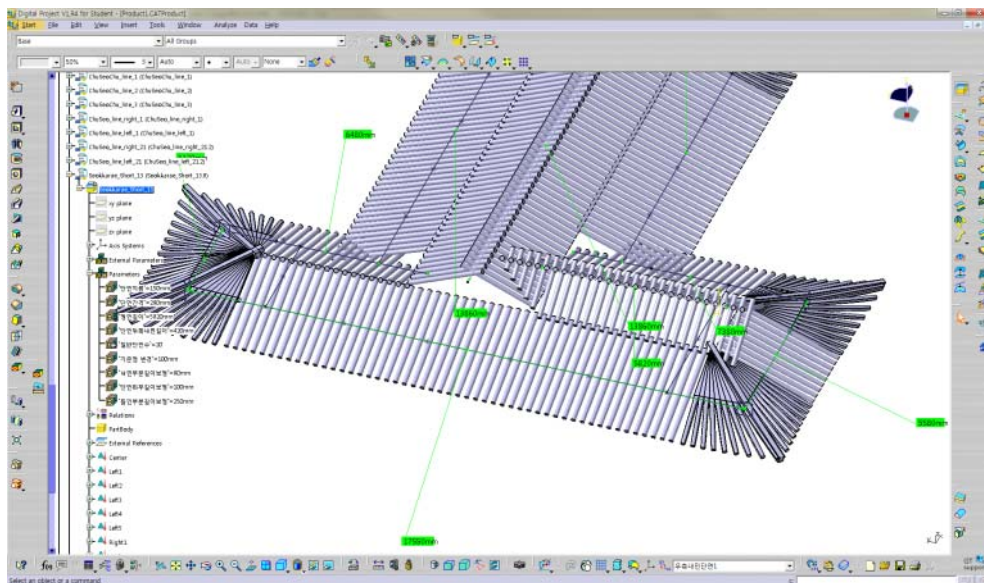
단연은 먼저 전체적인 길이를 조정한다. 노안당이 본채 단연은 우측 3량의 용마루까지 위치하여 박공을 형성한다. 배면의 날개채의 단연은 본채 단연에 맞닿아 점점

짧아지는 형태로 정면길이 파라미터 값을 변경하여 전체적인 길이를 조정한다. 또한 일반단면보다 길어지거나 짧아지는 부분의 단면을 Hide 또는 Deactivate 명령어를 통해 조정하여 박공이 위치할 부분을 잡는다.



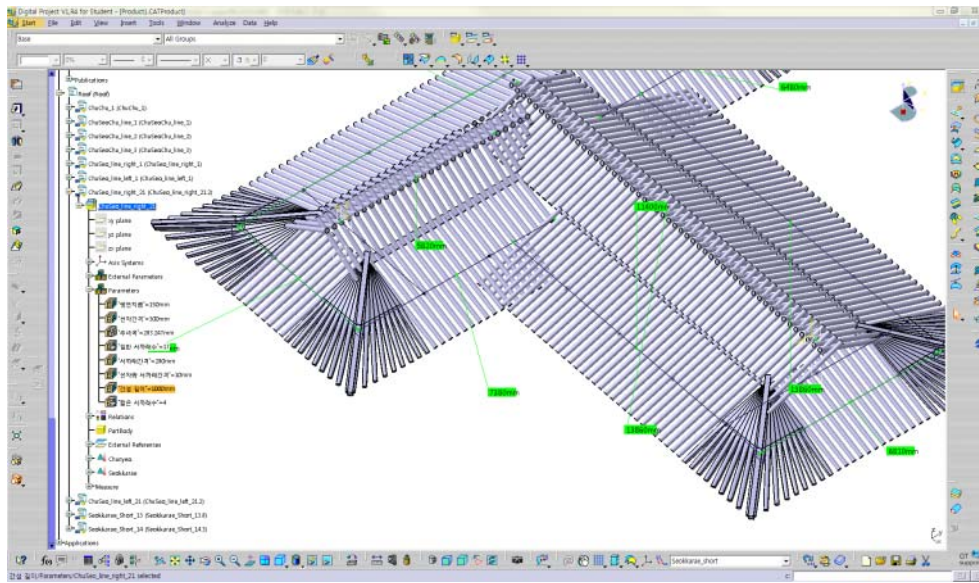
윤현궁 노안당 단면부 조합단위 세부조정1

날개채 단면의 경우 우측의 E 처마부 조합단위와 서까래 엇걸음을 형성해야 한다. E 처마부 조합단위의 경우 서까래 위치를 바꿀 수 없기에 단면의 서까래 위치 변경을 통해 엇걸음을 맞춘다.

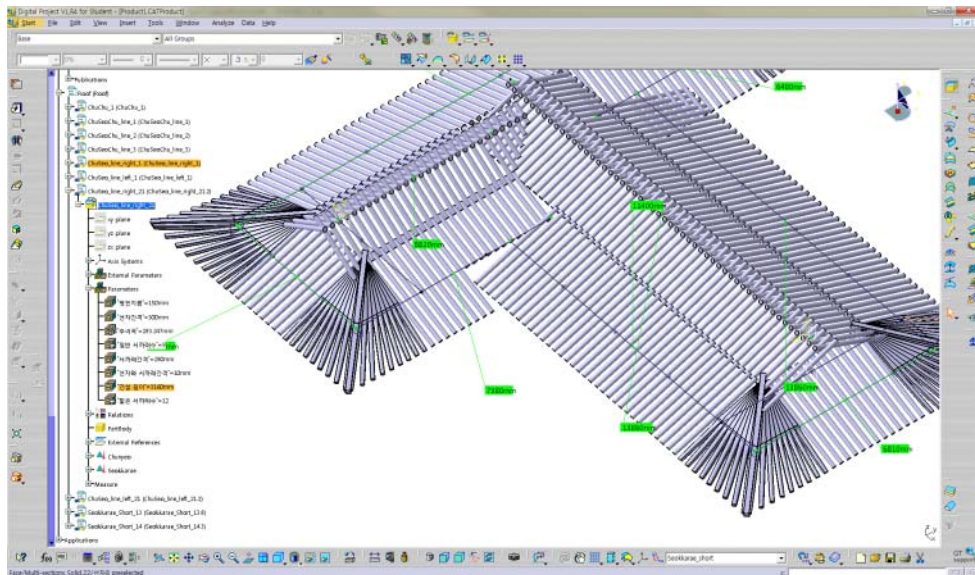


윤현궁 노안당 단면부 조합단위 세부조정2

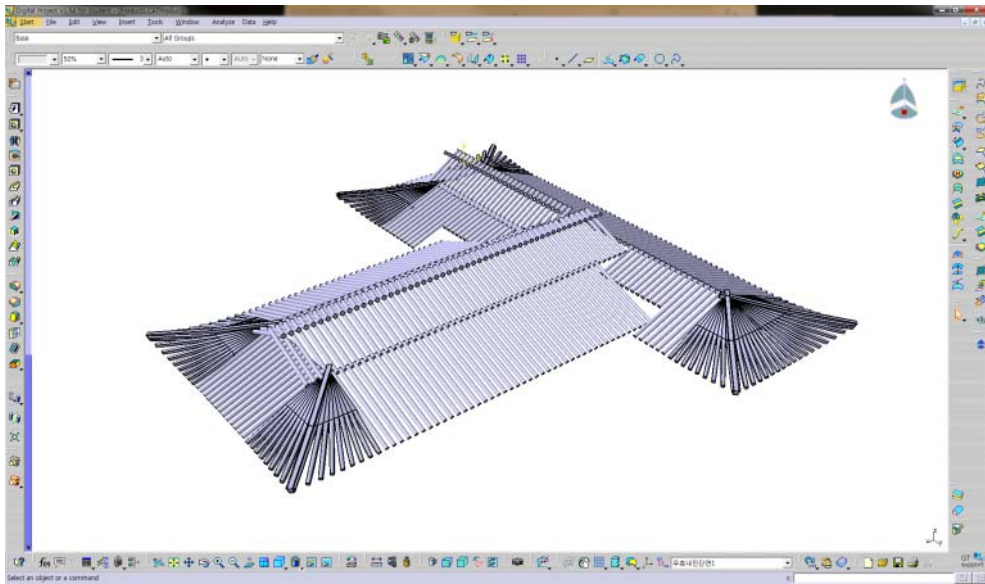
단연부 세부조정이 완료되면 파라미터 값 조절을 통해 처마부 조합단위들의 서까래 잇걸음 조정, 선자연과 서까래 간격, 선자연의 간격, 회침부의 겹치는 서까래 조정을 한다. 3량인 전면 날개채 처마부 조합단위의 경우 뒷초리 부분의 파라미터 값을 조정하여 한 자 정도 크기로 길이를 늘려준다.



운현궁 노안당 처마부 조합단위 세부조정1



운현궁 노안당 처마부 조합단위 세부조정2



윤현궁 노안당 지붕 완성

이와 같이 조합단위를 입력하고 조정하는 조합단위 파라메트릭 모델링 방법은 다양한 한옥의 지붕형태를 손쉽게 만들어 낼 수 있다.

조합단위 모델링의 활용과 개선방향

본 연구는 9가지 처마부 조합단위와 6가지 단연부 조합단위를 이용하여 지붕 평면에 맞게 부재들이 자동적으로 만들어지는 파라메트릭 모델링을 고안하였다. 이러한 조합단위는 입력된 파라메트릭 로직에 따라 건물의 크기와 사용자의 의도에 맞게 자동적으로 부재들의 형태와 위치를 잡아 3차원 공간에 부재들이 생성되며 파라미터 변경을 통해 쉽게 형상을 수정할 수 있다. 또한 장인 별로 부재를 설계하는 방법과 사용하는 치수 등이 다를 수 있으므로 다른 경우에는 해당하는 파라미터나 로직을 변경하여 적용할 수 있다.

이러한 조합단위 모델링은 일정한 모듈을 갖춘 한옥의 설계 시 큰 효율을 낼 수 있다. —자형, ㄱ자형, ㄷ자형, ㄹ자형 지붕 평면 중 많이 사용되는 형태를 한번 완성하게 되면 파라미터의 변경만으로 쉽게 형태의 조정이 가능하기 때문이다. 특히 —자형의 지붕 평면의 맞배지붕이나 팔작지붕의 건물은 본 연구에서의 조사대상 207채 중의 94채를 차지하고 있어 한번 파라메트릭 모델로 완성하게 되면 파라미터의 변경만으로 수많은 유사 형태의 가옥을 만들어 낼 수 있음을 의미한다. 그러므로 파라메트릭 모델을 많이 보유할수록 생산성은 더욱 높아지게 된다.

하지만 본 연구는 지붕 파라메트릭 연구의 기초 단계로 아직 미흡한 부분이 있는데 그 중 첫 번째는 흘처마에 한정되어 있다는 점이다. 전통 한옥 사례에서는 겹처마를 사용한 주거용 한옥은 그 수가 많지 않았으나 최근의 만들어지는 한옥을 고

려했을 때 최근의 한옥은 옛날과 달리 고급화된 주택으로의 경향이 강하기 때문으로 앞으로 겹처마에 대한 고려가 필요하다.

두 번째는 서까래 배열방식의 자동화 문제이다. 본 연구에서는 조합단위 간의 서까래 엮걸음을 위해 사용자가 직접 서까래 간격, 서까래 시작 기준위치를 변경하여 엮걸음을 맞췄다. 입력되는 모든 조합단위에 대한 조정이 필요하므로 단순, 반복적인 작업이며 조정하다보면 장연과 선자연의 간격이 너무 가까워지거나 멀어지게 되어 선자연의 간격과 수도 변경해야 할 수도 있다.

세 번째는 선자연 수, 단연 수, 장연의 곡선 배열형 자동화에 대한 연구가 완전하지 못하다. 본 연구에서는 Digital Project 프로그램을 사용하였는데 프로그램의 성능이 뛰어난 대신에 사용자 인터페이스가 복잡하며 다루기 어렵다. 또한 아직 국내에 사용자가 많지 않고 한글화된 매뉴얼이 없어 고급 수준의 기술을 익히는데 많은 어려움이 있기에 계획한 논리적인 모델링의 흐름을 프로그램 상으로의 구현하지 못한 점들이 있다.

네 번째는 지붕의 나머지 부재, 장식부재, 몸체부분을 포함한 파라메트릭 모델링의 진행이다. 본 연구는 지붕의 형태를 설계하는 기초적인 연구로 추녀에 들어가는 초각 등 장식화 부재들과 개판, 기와, 박공, 등 지붕의 나머지 부재들에 대한 파라메트릭 모델링 연구가 후속되어야 하며 이를 바탕으로 지붕과 몸체를 하나로 연결하여 완벽한 한 채의 한옥을 만들어 내는 것을 목표로 해야 한다. 또한 설계 뿐 아니라 한옥의 생산성을 높이기 위해 설계에서 직접 부재 생산으로 연결되는 과정에 대한 고민도 필요하다.

참고문헌

▶ 도면 및 실측자료

한국의 전통가옥 1 ~ 33, 문화재청
윤현궁 실측조사보고서, 서울특별시, 1993

▶ 단행본

문기현, 사진과 도면으로 보는 한옥짓기, 한국문화재보호재단, 2006
황용운, (우리조상의 지혜가 담긴) 전통 한옥 짓기, 발언, 2006
이상현, 즐거운 한옥읽기 즐거운 한옥짓기, 그물코, 2007
김왕직, 알기 쉬운 한국건축 용어사전, 동녘, 2007
장기인, 한국건축대계 목조V, 보성각, 2009

▶ 연구논문

- 학위 논문

곽세희, 「한국전통건축의 비례체계를 이용한 3D documentation 방법에 관한 연구」, 이화여자대학교 석사학위논문, 2001
배지민, 「전통목조건축의 지붕곡 결정과정에 관한 연구」, 서울대학교 석사학위논문, 2003
손미영, 「선자연 작도기법의 연구」, 명지대학교 석사학위논문, 2006
민영기, 「한국전통주택의 추녀와 선자연 설계기법연구」, 목원대학교 석사학위논문, 2010
김종훈, 「전통 한옥 계획에 나타난 장인 건축기법 연구」, 명지대학교 박사학위논문, 2011
이경태, 「한국전통가옥의 처마내밀기 연구」, 전남대학교 석사논문, 2011

- 학술지 논문

고영훈, 「한국 전통 기와지붕의 곡선미에 관한 연구」, 경상대 논문집 24권 1호, 1985년
김왕직, 「조선후기 선자연 치목기법에 관한 연구」, 대한건축학회논문집 계획계, 26권 5호, 2010년
김정현, 「한옥의 파라메트릭 모델링 체계와 방법에 관한 기초적 연구」, □한국건축역사학회 학술발표대회논문집, vol.2010, 2010