

미술학석사 학위논문

관절의 메커니즘을 이용한 도자 조형 연구

Study of Ceramic Forming Using Mechanism of Joints

2019년 2월

서울과학기술대학교 일반대학원
도예학과

신종환

관절의 메커니즘을 이용한 도자 조형 연구

Study of Ceramic Forming Using Mechanism of Joints

지도교수 최 병 건

이 논문을 미술학석사 학위논문으로 제출함

2019년 2월

서울과학기술대학교 일반대학원

도예과

신 종 환

신종환의 미술학석사 학위논문을 인준함

2019년 2월

심사위원장 김중현 (인)

심사위원 이정석 (인)

심사위원 최병건 (인)

목차

요 약	i
표 목 차	ii
도 목 차	ii
작품목차	iii
I. 서 론	1
1. 연구배경 및 목적	1
2. 연구범위 및 방법	1
II. 이론적 배경	2
1. 관절의 메커니즘에 대한 고찰	2
1) 관절	2
2) 복 관절	2
3) 1축성, 2축성, 다축성 관절	2
4) 관절의 종류와 메커니즘	3
5) 작품 사례	4
2. 절지동물의 일반적 고찰	5
1) 절지동물의 개념	5
2) 절지동물의 구조와 특징	5
3) 작품 사례	6
III. 작품 제작 및 해설	7
1. 작품계획	7
2. 도자관절의 메커니즘 개발	8
1) 경첩관절의 메커니즘 개발과 설계	8
2) 안장관절의 메커니즘 개발과 설계	10
3) 차축관절의 메커니즘 개발과 설계	12
3. 제작과정	14
1) 포맥스를 이용한 원형제작	14
(1) 프로토타입	14
(2) 전개를 이용한 원형제작	14
2) 석고몰드 제작	18
3) 소지	19
4) 결합방식	20
5) 연결방법	21
4. 작품해설	22
IV. 결론	31
참고문헌	32

요 약

제목: 관절의 메커니즘을 이용한 도자 조형 연구

관절의 메커니즘은 한 구성 요소를 다른 구성 요소의 하나 혹은 그 이상의 요소들과 연결시켜 움직임을 조정하는 구조를 말한다. 이 메커니즘은 현대 사회의 각종 산업 분야에서 설계나 재료에 따른 기능 및 구성요소의 특성에 맞게 다양한 방식으로 활용되고 있다. 도자기의 경우에도 이 메커니즘이 일부 사용되고 있으나, 도자의 재료가 다른 물질에 비해 강도가 약하다는 점과 수축률이 불균등하여 정확한 수치산출이 어렵다는 점에서, 또한 타 재료와의 결합이 용이하지 않다는 난점이 있어 도자기의 관절 메커니즘 적용 사례는 쉽게 찾아보기 어렵다.

본 연구의 목적은 관절의 메커니즘을 도자 관절의 가동 방식에 유효하게 적용하여 그 조형적 결과물을 탐구함으로써, 도자 조형에서 관절 메커니즘의 활용 범위를 탐색하는 데 있다. 연구 방법은 첫째, 관절의 가동방식을 도자 관절의 가동방식으로 재해석하여 움직임을 가능한 방법으로 표현하고 둘째, 정밀한 수축률 제어를 통해 도자 관절과 관절 구동이 가능한 부품을 접목시켜 표현 가능한 조형 형식을 탐구한다. 셋째, 절지동물이 가진 특징을 도자 관절의 다양한 구동방식으로 연결시킨 조형적 결과물을 탐구한다.

따라서 본 연구는 인체관절과 동물관절, 곤충관절 등의 메커니즘을 분석하고 이에 근거하여 도자 관절을 설계하고 작업 과정을 분석한다. 연구 대상은 마디와 관절의 메커니즘을 가장 효과적이고 다양하게 적용할 수 있는 절지동물에 국한하여 선택적으로 표현한다. 연구의 이론적 배경으로 먼저 관절의 개념 및 메커니즘에 대해 살펴본 후, 그 특징 및 가동 방식을 고찰한다. 그런 다음 관절 메커니즘이 적용된 사례 분석을 통해 선택된 절지동물의 개념과 몸의 구조적인 특징을 이해하고 작품의 설계 방식 및 가동 방식을 탐구한다. 마지막으로 구현된 작품 분석을 통해 관절의 메커니즘이 가능한 조형의 표현 방식을 탐구한다.

작품 제작 및 해설에서는 관절의 설계와 도면 및 작품 제작과정을 기술한다. 제작 과정은 라이노 3D 프로그램을 사용하여 관절의 구조와 가동범위를 설계하였으며, 이에 근거하여 원형제작 방법과 캐스팅을 위한 몰드 제작 과정을 제시하였다.

본 연구는 관절 메커니즘의 가동방식과 특징을 재해석하여 도자기 관절을 설계하고 표현할 수 있음을 고찰하고 있다. 본 연구를 통해 볼트와 너트를 이용하여 도자 관절을 가동하고 움직임을 구현할 수 있으며, 다양한 연결 방식과 가동 방식을 도자 관절에 적용할 수 있음을 확인하였다. 또한 절지동물이 가지는 운동성, 균형감, 율동성, 긴장감을 효과적으로 표현할 수 있었다.

표목차

<표 1> 관절의 종류와 메커니즘	2
<표 2> 절지동물의 구조 제원	4
<표 3> 경첩관절 설계와 가동방식	7
<표 4> 안장관절 설계와 가동방식	9
<표 5> 차축관절 설계와 가동방식	11
<표 6> 소지	18
<표 7> 비중	18
<표 8> 수축율(비중 1750g).....	18
<표 9> 볼트와 너트 제원.....	20

도목차

[도 1] 복관절.....	1
[도 2] 알레산드로멘디니 ,라문 스탠드,2003	3
[도 3] 조형석,B-체인 램프,2010	3
[도 4] 오성훈,흔들주전자 2013- I ,2013.....	3
[도 5] 앤드류 체이스,치타,2009.....	3
[도 6] 절지동물의 구조	4
[도 7] 스토연구진,바이오닉휠봇,2018	5
[도 8] 한진수, green monster,2012	5
[도 9] 민경익,복제, 모기 USB,2014	5
[도 10] 프랑크부시왈트, Machine Light No. 01 ,2002	8
[도 11] 경첩관절 도면	8
[도 12] 경첩관절 구조도	8
[도 13] 안장관절 도면	8
[도 14] 안장관절 구조도	10
[도 15] 차축관절 도면	12
[도 16] 차축관절 구조도	12
[도 17] 프로토타입	13
[도 18] 관절 원형	14
[도 19] 기본형 마디 원형	14
[도 20] 마디 원형 제작	15
[도 21] 몸통 원형 제작	16
[도 22] 몰드 제작	17
[도 23] 6mm 구경의 드릴날	19
[도 24] 관절 구멍 뚫기	19

[도 25] 마디 관절 결합	19
[도 26] 몸통 관절 결합-1	20
[도 27] 몸통 관절 결합-2	20
[도 28] 볼트와 너트	21
[도 29] 볼트와 너트 관절 연결	21
[도 30] 볼트와 너트 몸통 연결	21

작품목차

[작품 1] Parts Group	22
[작품 2] Parts 30	23
[작품 3] Parts 26	24
[작품 4] Parts 19	25
[작품 5] Parts 20	26
[작품 6] Parts 31	27
[작품 7] Parts 17	28
[작품 8] Parts 102	29

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

관절은 두 마디가 만나면서 움직임이 일어나는 곳이다. 사람이나 동물, 곤충 등의 생물에서 두 마디가 만나 운동의 조건을 만족시킬 때, 이 기능을 관절의 메커니즘이라고 한다. 관절의 메커니즘은 가동되는 방식에 따라 구관절, 접변관절, 과상관절, 타원관절, 차축관절, 안장관절, 경첩과절 등으로 나뉜다. 산업화가 진행되면서 관절의 메커니즘을 이용한 제품들이 속속 등장하기 시작하였다. 대표적인 예로 양동이에 달린 손잡이, 탁상용 조명, 자전거, 자동차 등이 있다. 그밖에도 공장에서 사용하는 기계류나 기구에도 다양하게 이용되고 있다. 관절 메커니즘은 도자기 분야에서도 사용되고 있다. 다만 도자 재료가 다른 물질에 비해 강도 면에서 약하다는 점과 타 재료와의 결합 시, 불균등한 수축률로 인해 정확한 수치 산출이 어렵다는 점에서 그 적용에는 제한적이었다.

본 연구의 목적은 관절 메커니즘을 도자간의 관절 가동 방식에 효과적으로 반영하여 그 조형적 결과물을 탐구하는 데 있다. 이러한 연구 과정은 도자 조형에 있어서 관절의 메커니즘의 적용 범위를 보다 확장하는 데 기여할 수 있을 것이다.

2. 연구범위 및 방법

본 연구의 범위는 다음과 같다.

첫째, 관절의 구조는 다양한 동물 중에서 인체의 관절에 국한한다.

둘째, 관절의 특징과 가동방식을 표현함에 있어 절지동물 중에서 대상의 형태적 특징을 취사선 택한다.

이를 위한 연구의 방법은 다음과 같다.

첫째, 관절의 메커니즘을 인체관절, 동물관절, 절지동물 관절 등으로 분류하여 기존의 자료를 이해한 뒤, 도자 관절에 적용할 수 있는 각 관절군의 특징과 가동 방식을 고찰한다.

둘째, 일반적인 관절의 가동방식을 도자 관절의 가동방식으로 재해석하여 움직임이 가능한 방법을 모색하고 표현한다.

셋째, 정밀한 수축률 제어를 통한 결과물과 관절 가동이 가능한 부품을 접목시킴으로써 표현 가능한 조형형식을 탐구한다.

넷째, 작품은 관절과 마디로 양분하여 표현한다. 관절 부분은 가동이 가능한 형태로, 마디 부분은 기하학적 요소를 추가하여 다양하게 가능한 형태를 도출한다.

다섯째, 절지동물이 가진 몸의 구조적 특징을 이해하고 이에 비추어 개발된 관절을 여러 가지 가동 방식으로 연결하여 도자 조형물로 표현한다.

II. 이론적 배경

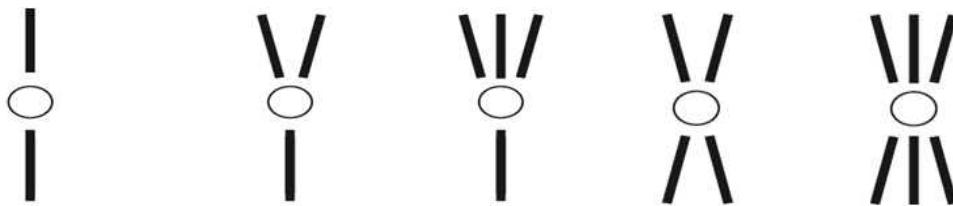
1. 관절의 메커니즘에 대한 고찰

1) 관절

관절(joint)은 일반적인 의미에서 동물 내지 곤충의 뼈와 뼈 사이에 일정한 틈새가 있고 가동성이 있는 것을 가리킨다. 관절에 관한 의학적 정의에 의하면, 관절의 구조는 서로 마주하는 뼈의 양단에 초자연골로 되어 있는 관절 연골로 뒤덮인 관절면이 있고 이면 가운데凸면을 이루는 것을 관절두라 하고 이에 대응해서 凹면을 이루는 것을 관절과라고 한다. 두 관절면 사이에는 일정한 틈새가 있고 이 연결부를 둘러싸고 있는 것이 관절포이며, 관절포가 둘러싸고 있는 감소를 관절강이라고 한다. 어떤 관절의 일부에는 이 관절강에 섬유연골성의 판이 위치하고 관절강을 갈라놓는 관절원판, 또는 반월상의 관절반월이 위치해 두 관절면의 접합을 좋게 하고 있다. 결합조직성의 관절포는 2층으로 되어 있어 외층을 섬유막이라 하고, 이 결합조직의 섬유가 강인한 특징의 다발을 만들어 뼈의 결합을 강화하는 인대가 된다. 내층은 활막이라고 해서 투명한 점조성의 활액을 분비해 관절면의 마찰을 누그러뜨리고 있으므로 뼈의 연결종류는 활막성의 연결이다.¹⁾

2) 복 관절

복 관절(compound joint)은 3개 이상의 골이 하나의 관절을 형성하고 있는 경우를 가리킨다. 복 관절은 [도 1]과 같은 형태로 도식화된다.



[도 1] 복 관절




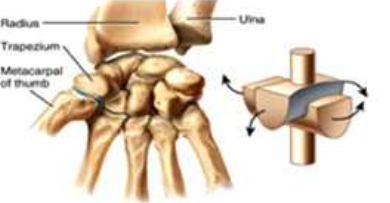


3) 1축성, 2축성, 다축성 관절

관절은 가동 영역의 축에 따른 분류법을 취하기도 한다. 즉 가동 영역이 하나의 축으로 되느냐, 두 개의 축으로 운동하느냐 또는 여러 개의 축을 가지느냐에 따라 1축성(uniaxial), 2축성(biaxial), 다축성(polyaxial joint)으로 나뉘며, 축의 개수에 따라 가동 영역의 넓이 또한 달라진다. 다만 그 운동 영역은 개체에 따른 차이가 있어 엄밀하게 구분하기는 어렵다.²⁾

1) 편집부(1996), 「간호학 대사전」, 한국사전연구사, p.37

4) 관절의 종류와 메커니즘

〈표1〉 관절의 종류와 메커니즘³⁾

관절	메카니즘	내용
구상관절		세 면에서 세 개의 축 주위에 발생하는 동작
경첩관절		한 면에서 하나의 축 주위에 발생하는 동작 (구조와 기능 면에서 문의 경첩과 유사)
차축관절		한 면에서 하나의 축 주위에 발생하는 동작(문손잡이와 기능면에서 유사한 관절)
안장관절		두 면에서 두 개의 축 주위에 발생하는 동작(회전을 제외한 모든 운동이 가능)
과상관절		두 면에서 두 개의 축 주위에 발생하는 동작(일종의 축소된 구상관절로서 여기서는 의미 있는 회전이 어려움)
평면관절		면에서 발생하는 동작(면 안에서 발생하는 동작을 허용하지만 이 동작은 축 주위에서 발생하지 않음, 정형적인 운동으로 미끄러짐 그리고 미끄러짐과 회전의 결합)

2) Michael Schuenke, Erik Schulte(2007), 「인체해부학 1 총론 및 근육뼈대계통」, 서울의학사, p.55

3) Wynn Kapit, Lawrence M. Elson(2007), 「해부학컬러링북」, 파워북, p.45

Joseph E. Muscolino(2011), 「임상운동학 뼈대계와 근육의 기능」, 엘스비어코리아, p.67

Donald A. Neumann(2010), 「근골격계의 기능해부 및 운동학」, 정담미디어, p.77

이민형, 배원환(1992), 「생체역학」, 형설출판사, p.31

5) 작품 사례

알레산드로 멘디니라 디자이너의 작품[도 2]은 전체적으로 바닥과 가운데 관절 부분, 라이트 등 3개의 원으로 이루어져 있다. 각 부분은 태양과 달, 지구를 상징하는 것으로 표현하고 있다. 기능성에 있어서도 스탠드 각도와 높이를 조절할 때 거의 힘을 주지 않아도 관절의 움직임으로 모양을 그대로 유지한다.

자전거 체인을 스탠드에 응용한 조형석 디자이너의 작품[도 3]은 체인의 구조적인 디자인이 돋보이는 작품이다. 이 스탠드는 마치 인체 관절처럼 자유롭게 움직이면서 조명 위치를 바꿀 수 있도록 표현했다는 점에서 감각이 돋보인다.



[도 2] 알레산드로멘디니 ,라문 스탠드,2003



[도 3] 조형석,B-체인 램프,2010

오성훈 작가의 작품[도 4]은 손으로 쥐고 따른다는 주전자의 보편적인 사용법에서 회전 구조물을 접목시켜 따르기의 기능성을 높였다. 이는 회전 구조물이 움직이는 구동방식으로 차축관절의 메커니즘을 활용한 것으로 볼 수 있다.

금속작가 앤드류 체이스의 작품 [도 5]는 변속기 같은 자동차 부품과 배수관 등을 재활용 하고 금속부품을 활용해서 외관뿐만 아니라 관절의 움직임까지 실제 동물의 모습과 거의 같은 형상으로 표현한 정교한 금속공예 작품이다.



[도 4] 오성훈,흔들주전자 2013- I,2013



[도 5] 앤드류 체이스,치타,2009

2. 절지동물의 일반적 고찰

1) 절지동물의 개념

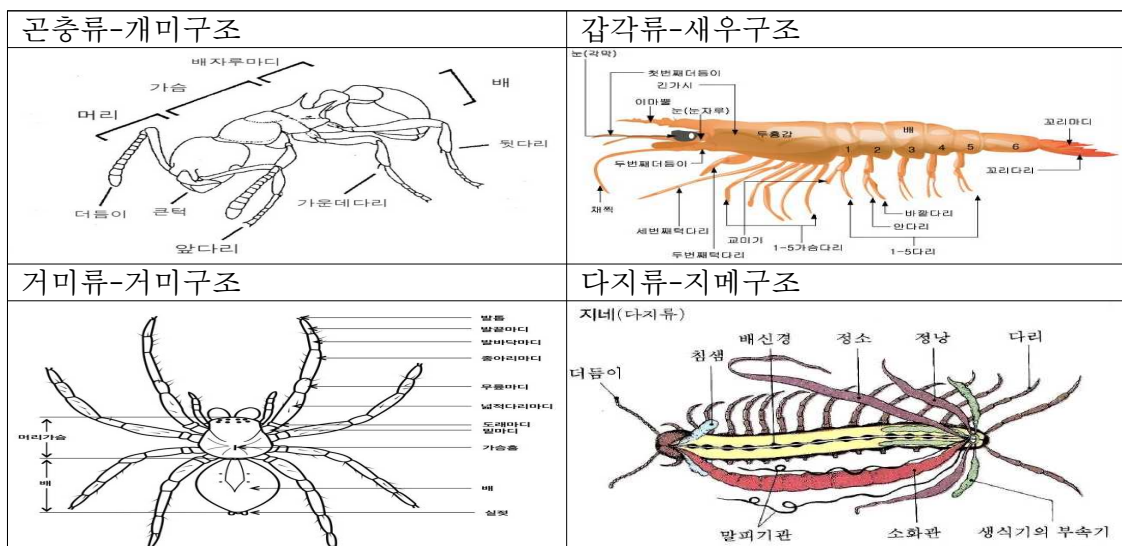
마디(관절)와 다리라는 뜻의 절지(節肢)는 말 그대로 관절로 된 다리를 가지고 있다는 뜻이 된다. 학술적인 분류에서 절지동물의 몸은 좌우대칭이고 몸이 마디로 된 구조를 가지며, 머리, 가슴, 배로 구분되거나 머리가슴과 배로 구분되어 있다. 원칙적으로 몸의 마디마다 관절이 있는 다리를 가진다. 몸 표면은 키틴질과 탄산칼슘으로 된 외골격을 가지고 있어 몸을 보호하거나 체내수분의 증발을 막는 역할을 한다. 단단한 외골격은 주기적인 탈피를 통해서 체량의 증가를 가능하게 하고 체절이나 관절을 가지는 구조는 운동을 가능하게 만들어 준다.⁴⁾

2) 절지동물의 구조와 특징

절지동물의 몸은 머리, 가슴, 배의 세 부분 또는 머리가슴, 배의 두 부분으로 구분되며 마디가 있는 다리를 가지고 있다. 몸은 키틴질로 된 외골격으로 덮여 있으며 알을 낳아 번식하고, 변태를 한다.⁵⁾ 대표적인 절지동물에는 곤충류, 거미류, 갑각류, 다지류 등이 있다.

〈표 2〉 절지동물의 구조 분석

	곤충류	거미류	갑각류	다지류
몸의 구분	머리, 가슴, 배	머리가슴, 배	머리가슴, 배	머리, 배
다리	3쌍	4쌍	5쌍	많다
날개	보통 2쌍	없음	없음	없음
더듬이	1쌍	없음	2쌍	1쌍



[도6]절지동물의 구조 도해도

4),5) <http://www.jmp58.com.ne.kr>, © 국립중앙과학관, 한국산 개미류의 검색과 분류도색, 현영희외, 식품재료학, 형설출판사, 2001, p.312, © (주)천재교육 ! BY-NC-ND

3) 작품 사례

웬스토 연구진은 [도 7]은 “로봇 거미가 다리를 세워서 걸을 수 있으며, 걷는 것보다 더 빨리 이동해야 할 때는 다리를 구부려 몸을 공처럼 만든 뒤 굴러갈 수 있는 관절을 사용하였다.

한진수 작가의 작품[도 8]은 “단 한 번도 같은 적이 없는 세상임에도 우리는 상황을 복제하고 복제함으로써 현실에 익숙해진다“는 메시지를 담아 관절을 사용하는 움직임을 설치작업으로 표현하였다.



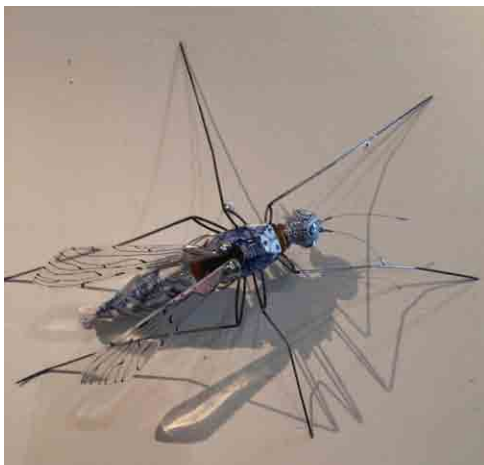
[도 7] 웬스토연구진, 바이오닉휠봇, 2018



[도 8] 한진수, green monster, 2012

민경익 작가의 작품 [도 9]은 도자, 금속, 목재, 아크릴, 램프 등 다양한 매체를 혼합하여 도자의 새로운 영역을 탐색하고 있다. 이 작품에서 몸통은 도자기로 표현하였고 관절은 금속을 사용하였다.

프랑크부시왈트 작가의 작품[도 10]는 기계 부품을 분석하고 재조립하여 램프의 다리를 금속 관절을 사용하여 표현하였다.



[도 9]민경익,복제, 모기 USB, 2014



[도 10]프랑크부시왈트, Machine Light No. 01, 2002

Ⅲ. 작품 제작 및 해설

1. 작품계획

본 연구는 관절 메커니즘의 특징과 가동방식을 분석하고 수축물의 정밀한 제어로 관절 가동이 가능한 부품을 접목시켜 도자 관절을 개발하고 절지동물의 구조와 특징을 도자 조형으로 표현하는 데 목적을 두고 있다. 관절에는 구상관절, 경첩관절, 차축관절, 안장관절, 괴상관절, 평면관절 등이 있으며, 본 연구는 관절의 각 특성과 가동방식을 도자 관절로 접목하여 적용 가능한 관절을 선택하고 개발하고자 한다.

도자 관절은 관절과 마디를 별개로 제작하였다. 관절은 가동이 가능한 형태로, 마디는 기하학적 형태를 고려하여 기본형을 만들었다.

제작 과정은 다음과 같다.

첫째, 라이노 3D 프로그램⁶⁾으로 관절을 입체 형태로 만들고 가동 가능성을 가상으로 재현한 뒤 디자인한다.

둘째, 전체적인 형태를 라이노 3D 프로그램으로 제작하여 각각의 유닛 도면을 전개도 방식으로 펼친 후 프린트 하여 포맥스로 원형을 제작한다.

셋째, 관절과 마디를 따로 제작하여 관절은 가동이 가능한 형태로, 마디는 기하학적 형태로 길이를 여러 개로 나누어 드레인 캐스팅한다.

넷째, 다양한 방식으로 관절과 마디의 결합을 시도하여 도자기에 기벽을 몸통에서 다리 끝으로 갈수록 두껍게 캐스팅하여 무게 중심을 잡는다.

다섯째, 관절의 구동을 위해 볼트와 너트를 사용하여 충격 완화 효과를 위해 볼트와 너트 도자기 사이에 실리콘 링을 별도 제작, 결합한다.

여섯째, 다양한 형태 표현을 위해 몸통에 사용될 관절의 개수를 판단한다.

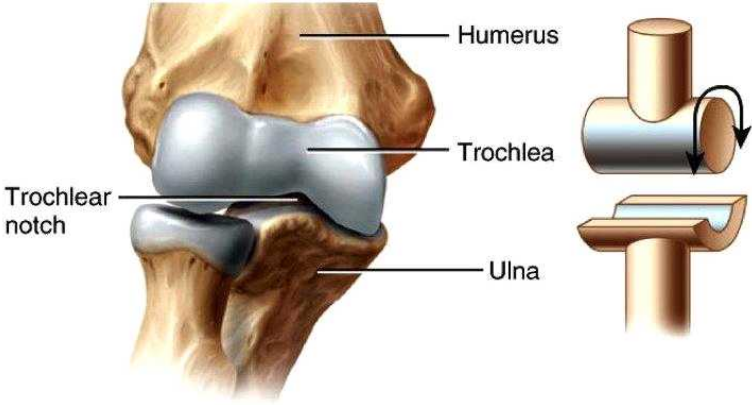
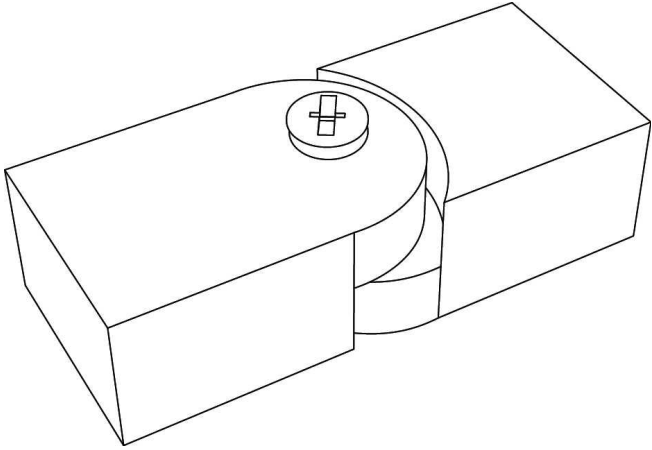
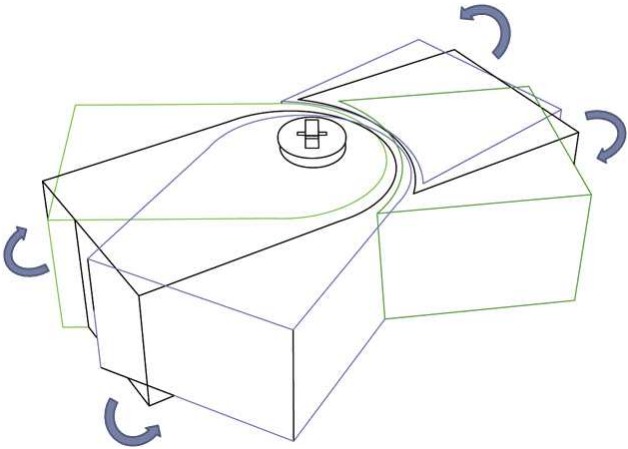
6) Rhinoceros는 McNeel사에서 제작한 3D모델링 소프트웨어. NURBS기반의 3D모델링 소프트웨어로서, Curve, Surface, Solid 등 3차원 Geometry를 수학적으로 정확하게 정의, 표현하는 가장 진보된 방식의 모델링 소프트웨어. 매우 정밀한 작업이 가능하며, 타 소프트웨어와의 호환성이 좋고 가볍기 때문에 현재 산업디자인을 포함한 다양한 분야에서 가장 많이 사용하는 소프트웨어 중 하나이다.

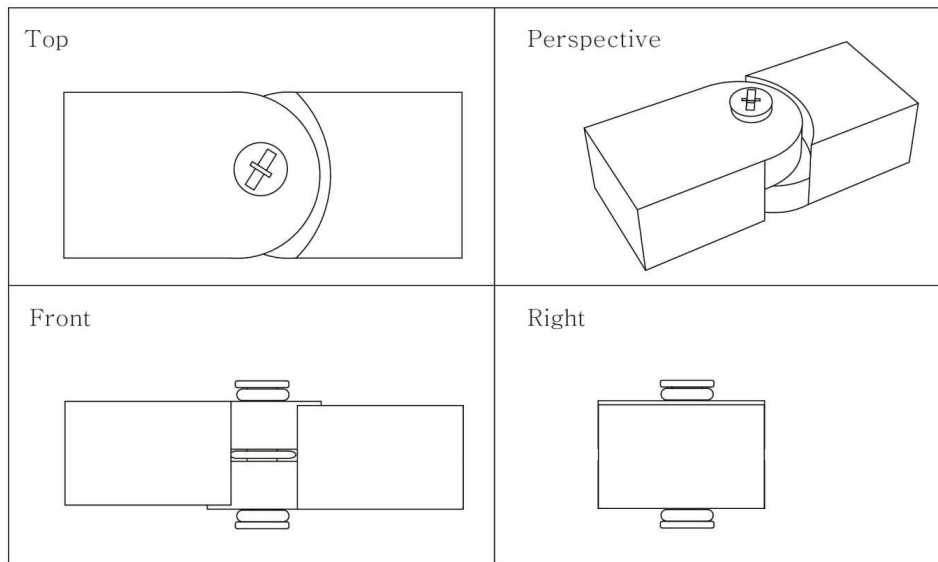
2. 도자관절의 메커니즘 개발

1) 경첩관절 설계의 메커니즘 개발과 설계

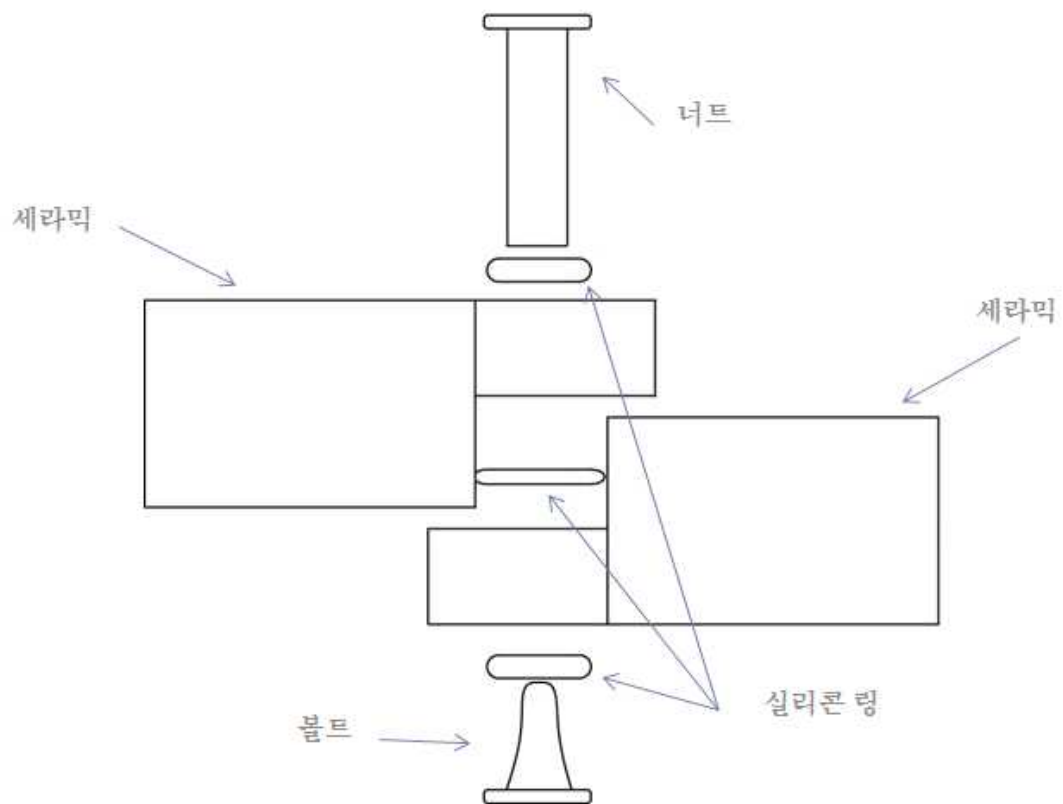
경첩관절은 한 면에서 하나의 축 주위에 발생하는 가동 방식이며, 구조와 기능 면에서 문에 사용하는 경첩과 유사하다.

〈표 3〉 경첩관절 설계와 가동방식

관절의 메카니즘	
도자관절	
가동방식	



[도 11] 경첩관절 도면

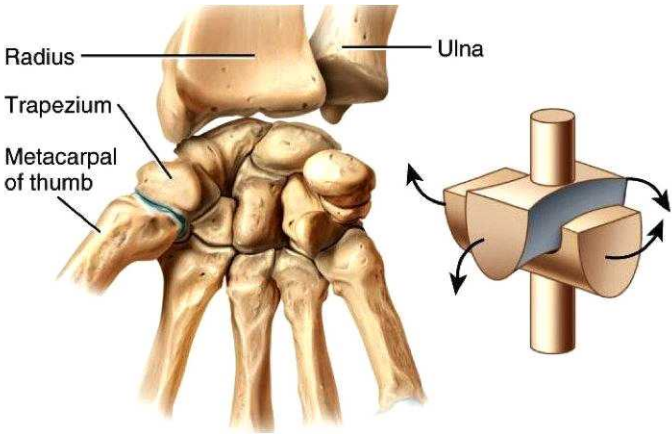
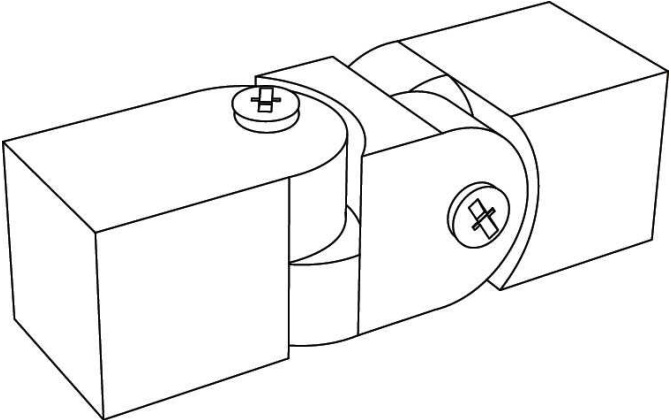
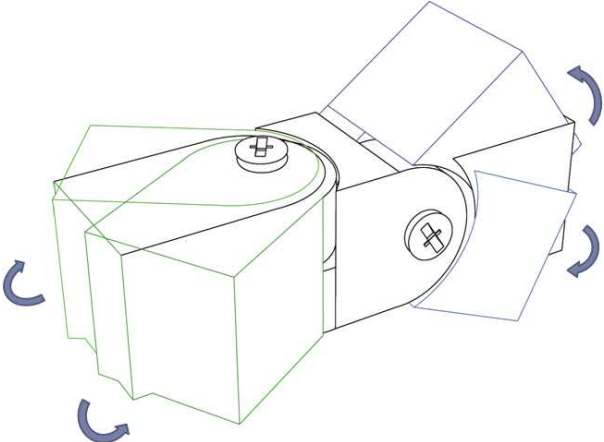


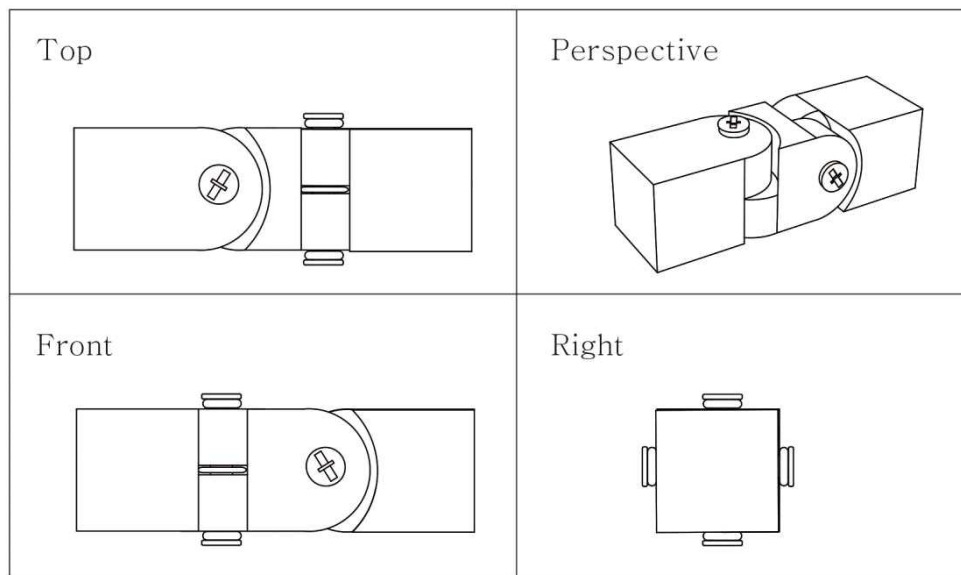
[도 12] 경첩관절 구조도

2) 안장관절 설계의 메커니즘 개발과 설계

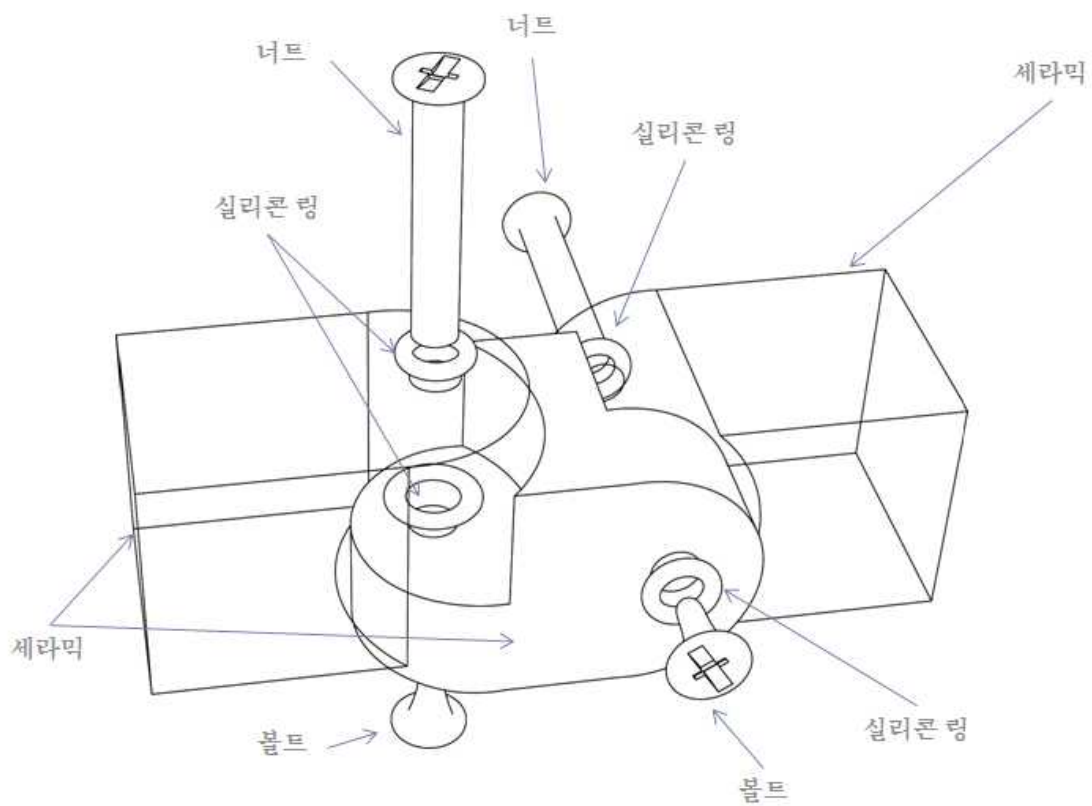
안장관절은 두 면에서 두 개의 축주위에 발생하는 동작이며, 회전을 제외한 모든 운동이 가능하다,

〈표 4〉 안장관절 설계와 가동방식

관절의 메카니즘	
도자관절	
가동방식	



[도 13] 안장관절 도면

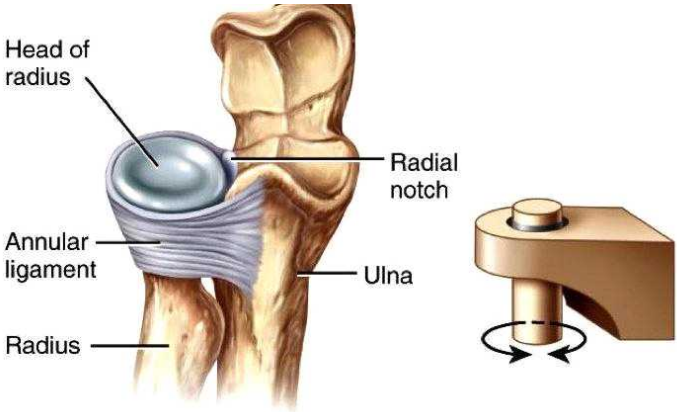
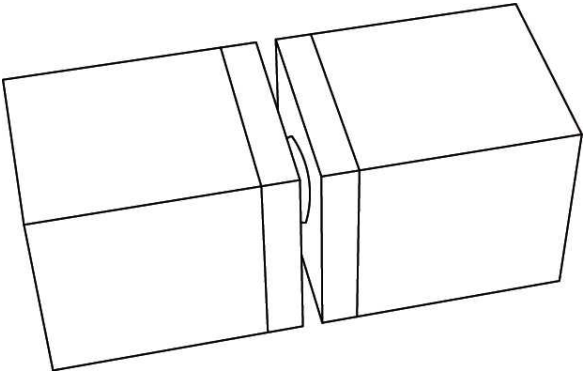
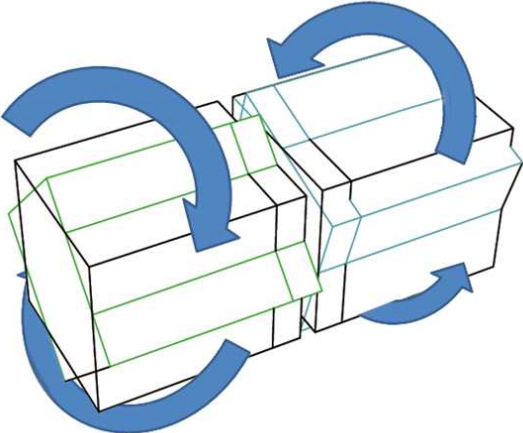


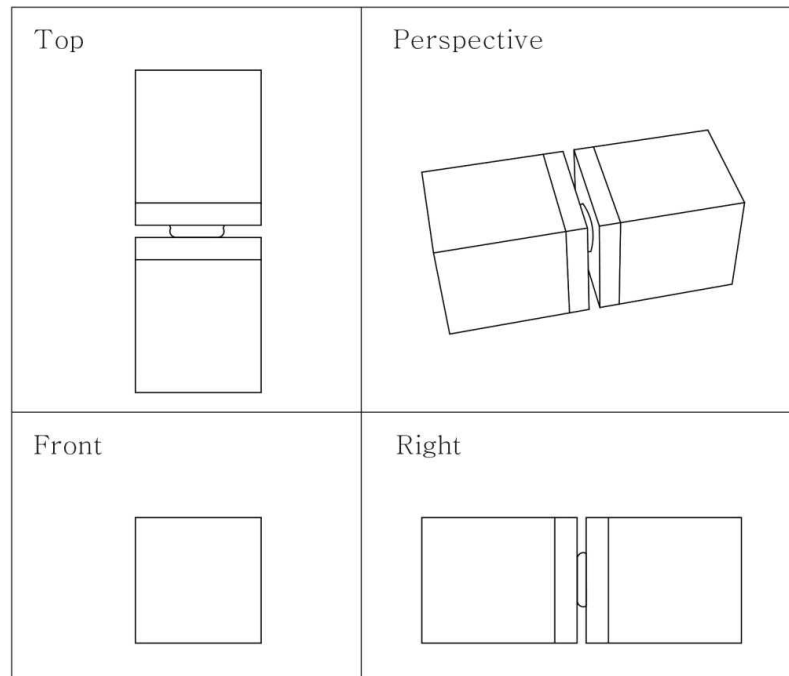
[도 14] 안장관절 구조도

3) 차축관절 설계의 메커니즘 개발과 설계

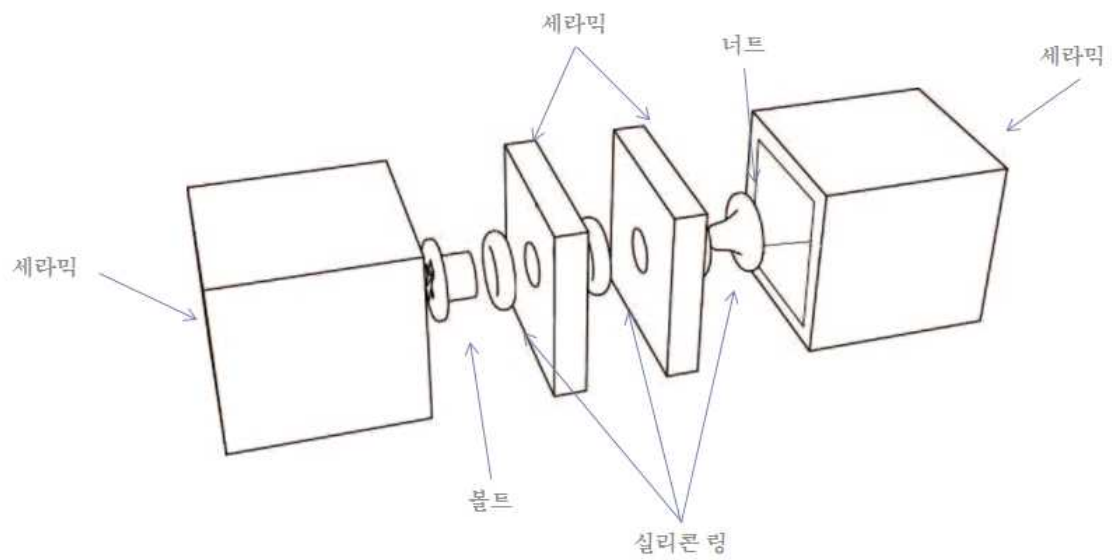
차축관절은 한 면에서 하나의 축 주위에 발생하는 동작이며, 문손잡이와 기능면에서 유사한 관절이다.

<표 5>차축관절 설계와 가동방식

관절의 메카니즘	
도자관절	
가동방식	



[도 15] 차축관절 도면



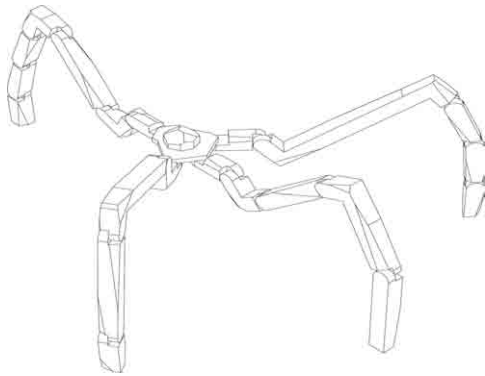
[도 16] 차축관절 구조도

3. 제작과정

1) 포맥스를 이용한 원형제작

(1) 프로토타입

라이노 3D 프로그램으로 만들어진 형태가 실제 만들어졌을 때 생기는 문제점과 가상에서 볼 수 없었던 형태들을 확인하기 위해 우드락을 이용하여 1/1사이즈로 제작하였다.



3D 시뮬레이션



우드락 프로토타입

[도 17]프로토타입

(2) 전개도를 이용한 원형 제작

① 관절 원형

볼트와 너트의 연결을 위한 수축률의 역 계산과 가동하는 범위 계산을 위하여 3D 프로그램으로 설계하고 CNC⁷⁾ 기계로 절삭하였다.



CNC 블록 세팅



황삭 작업

7) Computer Numerical Control:가공물의 형상이나 가공조건의 정보를 토대로 NC프로그램을 만들고, 이것을 정보 처리회로가 읽고 지령펄스를 발생시켜 서보기구를 구동시킴으로써 지령한 대로 가공을 자동적으로 실행하는 제어방식이다.



정삭 과정



CNC 결과물

[도 18]관절 원형

② 기본형 마디 원형

마디는 직사각형의 막대를 길이 별로 제작하여 다양한 기본형의 마디를 만들었다. 직사각형의 마디는 아크릴 20T로 벽을 만들어 석고를 부어 굳은 뒤 위부분만 사포로 갈아 평을 만들었다.



20T 아크릴 벽 제작

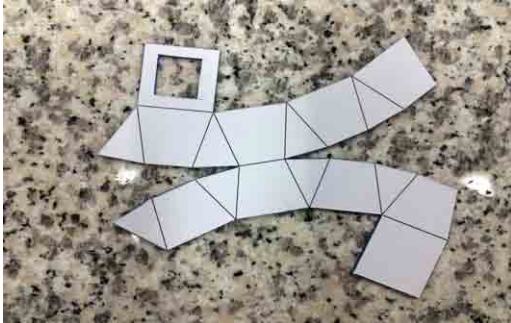


마디 원형

[도 19]기본형 마디 원형

③ 변형 마디 원형

변형 마디는 라이노 3D 프로그램으로 전개도를 만들어 프린트 후 8)포맥스에 부착시킨 뒤 형태를 만들고 마감하여 주입구에 석고를 부어 제작하였다.



포맥스 절삭.



포맥스를 접어 모양을 만듦.



테이프로 마감.



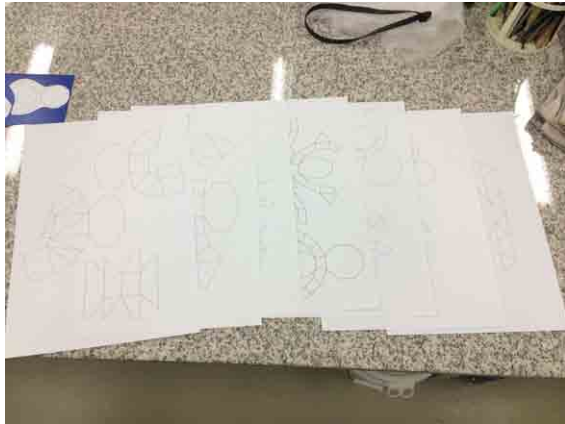
석고를 부어 원형 제작

[도 20]마디 원형 제작

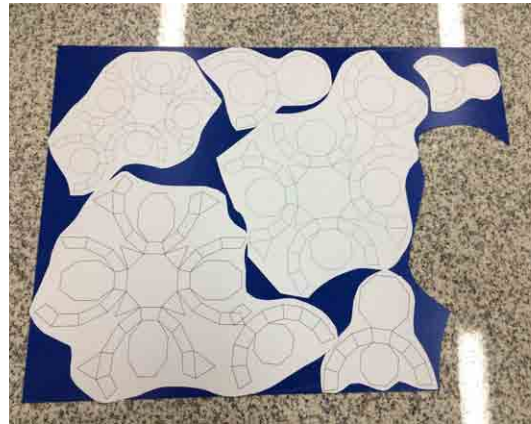
④ 몸통 원형

몸통은 라이노 3D 프로그램으로 형태를 만들고 1/1치수로 전개도를 펴서 제작하였다. 프린트한 도면을 포맥스 위에 부착하고 선을 따라 잘라주고 부분적으로 칼집을 내어 쉽게 접을 수 있도록 한 다음 테이프로 마감하였다. 위쪽 주입구로 석고를 부어주고 안쪽에 공기가 생기지 않게 흔들어 주었다. 석고가 굳으면 포맥스를 떼내고 칼날로 모서리를 부각시켰다.

8) 포맥스: PVC를 원료로 발포 압출한 제품. 플라스틱이나 목재의 장점을 그대로 갖추고 있고 절단/절곡/진공성형/합지 등의 가공이 용이하고 녹슬거나 부식이 되지 않아 옥내/옥외 할 것 없이 안심하고 제작, 설치할 수 있는 최상의 인테리어 소재이다.



도면 프린트.



프린트한 도면을 포맥스에 접착.



선을 따라 절삭.



도면을 접어 형태를 구축.



석고 투여.



포맥스를 제거 후 다듬기.

[도 21] 몸통 원형 제작

2) 석고몰드 제작

석고몰드는 많은 양의 기물을 생산하기 때문에 몰드의 강도와 내구성을 높이기 위해서 석고 교반 시 정확한 혼수율(석고 : 물 = 100 : 70)⁹⁾을 책정하여 제작하였다. 본 작업에서 무게가 많이 나가면 관절이 하중을 견디지 못해 무너져 내릴 수 있기 때문에 관절 유닛이 다리 끝 부분으로 갈수록 두꺼운 두께로 이장 주입을 하였다.



원형을 준비.



아크릴 벽 구축.



석고 투여.



경첩 제작.



반대 제작.



주입구를 만들고 석고 투여.



주입구를 제거 후 완성.



완성된 몰드.

[도 22]몰드 제작

9) 혼수율: 석고에 대한 혼수량의 변화가 있으면 흡수성, 강도, 팽창, 응결시간(setting time)이 달라지게 된다. 도자기 주입성형용 및 위생도기 성형용 석고는 일반적으로 표준 혼수량보다 5~6% 정도 혼수량을 높게 사용하는 것이 흡수성 및 스텝유착 등에 좋은 결과를 가져온다고 알려져 있다. 그 외 일반적인 제품은 용도에 따라 표준 혼수량 보다 2~3% 정도 상향 조정하여 사용하여도 무방하지만, 공업용과 같이 치수정밀도와 내마모성 및 강도를 위주로 한 제품은 표준 혼수량을 초과하지 않는 것이 중요하다. 표준 혼수량의 측정은 KSL 9002 혼합수량 측정 방법에 의거 측정한다.

3) 소지

소지는 현대소재에서 나오는 슈퍼화이트를 이용하여 슬립을 만들어 작품 제작에 사용하였다. 마디 끝에서 몸통으로 갈수록 두께가 얇아져 균형을 잡아야 하므로 두께 조절이 가능한 슬립을 사용하였다.

〈표 6〉 소지

제조원	현대소재
품명	슈퍼화이트 303소지

〈표 7〉 비중

양	무게
1L	1k750g

〈표 8〉 수축율(비중 1750g)

소성 전	소성 후	수축율
100cm	86cm	14%

4) 결합방법

① 관절 구멍 뚫기

관절에 너트가 들어갈 구멍을 뚫어 준다. 너트의 구경이 5mm 일 때 슬립 수축률이 14%이고 114%로 확대하면 5.7mm이다. 따라서 6mm 구멍을 뚫어주면 수축했을 때 적당한 크기가 된다.



[도 23] 6mm 구경의 드릴날



드릴날과 관절을 준비



구멍을 뚫어 준다.



완료

[도 24] 관절 구멍 뚫기

※주의: 레드하드 상태일 때 드릴날을 천천히 돌려가면서 끝까지 뚫어준다.

②관절 결합 방법



관절 2개와 마디 1개 준비



슬립을 이용해 결합



결합 완료

[도 25] 마디 관절 결합

③ 앞 몸통 관절 결합 방법



몸통과 관절 2개 준비

슬립을 이용해 결합

결합 완료

[도 26]몸통 관절 결합-1

④ 옆 몸통에 관절 결합 방법



몸통과 관절 2개 준비

슬립을 이용해 결합

결합완료

[도 27]몸통 관절 결합-2

5) 연결방법

볼트와 너트는 관절의 가동을 위해 사용하였다. 마디와 마디 사이를 너트로 관통하고 너트 구경에 볼트를 연결하여 조이면서 관절을 고정시켰다. 제작에 사용된 15mm 길이는 다리관절과 다리와 몸통을 연결해주는 관절에 사용하였고 30mm 길이는 몸통과 몸통을 연결해주는 관절로 사용하였다.<표 9>

<표 9> 볼트와 너트 제원

	관통형	무관통형
길이	30mm	15mm
구경	5mm	5mm



[도 28] 볼트와 너트



[도 29] 볼트와 너트 관절 연결



[도 30] 볼트와 너트 몸통 연결

4. 작품해설

[작품 1] Parts Group

Parts Group은 절지동물 중 거미류를 모티브로 하여 제작되었다. 거미는 총 8개의 다리를 가지고 있는데 실제 다리로 사용하는 것은 4개이며, 나머지 4개의 다리는 먹이를 먹을 때 사용하거나 방향을 잡을 때 사용된다. 이 작품군은 거미의 특징을 살려 짧은 3~4개의 다리로 표현하였다. 관절은 경첩 관절이 주를 이루어 다리 마디를 움직이게 하였고 안장관절은 몸통에 붙여 다리 전체를 움직이는 관절로 사용되었다. 거미가 움직이는 듯한 생동감을 강조하기 위해 군집화 하였다.



[작품 1] Parts Group

[작품 2] Parts 30

Parts 30은 거미류 중에서도 다리 마디가 많은 거미를 모티브로 제작하였다. 몸통을 다른 작품들보다 작게 하여 거미의 다리를 부각시켰다는 특징이 있다. 경첩관절로 다리가 아래 위로 움직일 수 있도록 하였고 동시에 안장관절을 다리 중앙에 두어 좌우로도 움직일 수 있다. 일반적인 다리처럼 일자 형태가 아닌 지그재그로 제작하여 운동감을 표현하였다.



[작품 2] Parts 30, 300x300x250 mm

[작품 3] Parts 26

Parts 26은 거미류 중에서도 마디의 두께가 일반 거미보다 더 큰 타란툴라를 모티브로 하여 제작하였다. 긴 마디중심에 관절을 결합하여 다른 마디와 차별화를 둔 것이 특징이다. 즉 끝에서 끝으로 관절이 연결되지 않고 한쪽을 마디 중심에 결합시켜 타란툴라의 무게감을 강조하고 긴장감을 표현하였다.



[작품 3] Parts 26, 250x250x200 mm

[작품 4] Parts 19

Parts 19는 절지동물 중에서 소금쟁이를 모티브로 제작한 작품이다. 소금쟁이는 긴 다리와 가볍고 작은 몸으로 물 위를 걸어 다니는 특성이 있다. 이러한 소금쟁이의 특징을 그대로 가져와 다리는 긴 마디들을 사용하였다. 다른 작품들과는 달리 수평적인 형태가 아니라 위에서 길게 늘어진 형태로 균형을 잡았으며, 다리의 굴곡으로 리듬감을 살려 긴장감을 표현했다.



[작품 4] Parts 19, 200x200x350 mm

[작품 5] Parts 20

Parts 20은 절지동물 중에서 전갈류를 모티브로 제작하였다. 전갈은 꼬리를 이용해서 먹이를 사냥하는 습성을 가졌기 때문에 몸 전체가 다른 절지동물에 비해 낮은 쪽에 속한다. 이 특징을 살려 다리를 최대한 펼쳐 몸통을 바닥에 가깝게 낮추도록 표현했다. 앞쪽의 마디가 공중에 띄워서 연결된 관절들이 균형을 이루고 긴장감을 준다.



[작품 5] Parts 20, 370x350x150 mm

[작품 6] Parts 31

Parts 31은 절지동물 중에서 개미를 모티브로 작업하였다. 개미는 머리, 가슴, 배로 나누어져 있고 3쌍의 다리를 가지고 있다. 개미의 특징을 그대로 살려서 머리, 가슴, 배로 나누고 차축관절을 접목하여 몸통이 돌아갈 수 있는 구조로 만들어 유연성과 균형감으로 율동적인 느낌을 표현하고자 하였다.



[작품 6] Parts 31, 350x300x250 mm

[작품 7] Parts 17

Parts 17은 절지동물 중 사마귀를 모티브로 제작하였다. 사마귀는 긴 몸통과 긴 팔을 가진 것이 특징이다. 사마귀의 긴 팔을 부각하기 위해 몸통은 작게 하였다. 몸통에는 흔히 안장관절이 있지만 이 작품에서는 차축관절을 이용하여 위 아래로 움직일 수 있게 하여 사마귀의 특징을 강조하였다. 경첩관절로 주를 이루었으나 균형감을 갖추도록 마디 중간에 안장관절을 사용하여 제작하였다.



[작품 7] Parts 17, 200x400x250 mm

[작품 8] Parts 102

Parts 102은 절지동물 중 지네를 모티브로 제작하였다. 지네는 몸통이 자유롭게 움직이며 수없이 많은 다리를 특징으로 한다. 몸통에 큰 경첩관절을 사용하여 몸이 유동적으로 움직이게 하였으며, 몸통 하나에 안장관절을 두 개씩 부착하여 몸통이 움직일 때 다리도 함께 유동적으로 움직일 수 있도록 하여 역동성을 효과적으로 표현하였다.



[작품 8] Parts 102, 1000x300x250 mm

IV.결론

관절의 메커니즘은 다양한 재료와 다양한 가동 방식으로 현대사회의 각 분야에서 유용하게 사용되고 있다. 그러나 도자 작품의 경우, 다른 재료에 비해 강도가 떨어지고 또 부정확한 수축률로 인해 정확한 수치 산출이 어렵다는 취약점이 있어 그 적용이 쉽지 않았다. 이러한 문제점을 고려하여 관절 메커니즘으로 표현 가능한 형식의 도자기의 제작 및 분석 연구를 통해 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

첫째, 관절의 메커니즘을 분석하여 그 특징과 가동 방식을 정의하고 이를 토대로 도자 관절로 재해석하여 표현 가능한 작품을 설계할 수 있었다.

둘째, 설계 방식은 라이노 3D 프로그램을 이용하여 가상으로 도자 관절을 설계하였으며 이를 통해 가동하는 범위를 계산하고 정밀한 수축률 제어를 할 수 있었다. 또한 관절이 연결된 복합적인 형태를 미리 설계하고 추후 문제점을 사전에 대비할 수 있었다.

셋째, 도자기만으로는 관절을 연결하기 어렵다는 점에서 가동이 가능한 볼트와 너트를 접목하여 문제점을 보완하였으며 이로써 타 재료와의 융합이 가능하였다.

넷째, 절지동물의 몸통과 다리가 움직이면서 나타나는 특징과 가동 방식을 도자 관절로 최대한 구현하기 위해 경첩관절, 안장관절, 차축관절의 원리를 적용하여 운동성과 균형감, 율동성, 긴장감을 효과적으로 표현할 수 있었다.

마지막으로 본 연구의 주된 성과는 도자기는 가동 방식으로 표현하기 어렵다는 일반적인 생각에 대해 관절 메커니즘을 이용한 작품 개발을 통해 극복할 수 있었다는 점에 있을 것이다. 다만 가동방식의 접목이 제한적이어서 보다 다양한 형태의 조형으로 표현할 수 없었다는 아쉬움이 있다. 앞으로 더욱 다양하게 가동이 가능한 관절 방식을 개발한다면 새롭고 창조적인 도자 작품의 방향성이 제시될 수 있을 것으로 전망한다.

참고문헌

단행본

- [1]Michael Schuenke, Erik Schulte(2007), 「인체해부학 1 총론 및 근육뼈대계통」, 서울의학사.
- [2]Donald A. Neumann.(2010), 「근골격계의 기능해부 및 운동학」, 정담미디어.
- [3]Joseph E. Muscolino(2011), 「임상운동학 뼈대계와 근육의 기능」, 엘스비어코리아.
- [4]Michael Schuenke, Erik Schulte(2007), 「인체해부학 1 총론 및 근육뼈대계통」, 서울의학사.
- [5]Wynn Kapit, Lawrence M. Elson(2007), 「해부학컬러링북」, 파워북.
- [6]이민형, 배원환(1992), 「생체역학」, 형설출판사.
- [7]편집부(1996), 「간호학 대사전」, 한국사전연구사.

서적

- [1]개미류의 검색과 분류도색, 현영희외, 식품재료학, 형설출판사, 2001,p.312,
- [2]국립 중앙 과학관, 한국산
- [3]이민형, 배원환(1992), 「생체역학」, 형설출판사.
- [4]천재교육 ! BY-NC-ND
- [5]편집부(1996), 「간호학 대사전」, 한국사전연구사.

웹사이트

- [1]<http://www.dialoguemethod.com>
- [2]<http://www.jmp58.com.ne.kr>
- [3]<http://m.wikitree.co.kr>
- [4]<http://www.ramun.com/kor>
- [5]<http://sds2439.tistory.com>
- [6]<http://sm.smhw.com>

Abstract

Study of Ceramic Forming Using Mechanism of Joints

Sin, Jong Hwan

(Supervisor Choi, Byung Keon)

Dept. of Ceramic Arts

The Graduate School of

Seoul National University of Science and Technology

Joint mechanism is a structure that coordinates movement by connecting one component to one or more of other components. This mechanism has been used in several modern industrial fields in various ways, considering the functionalities and characteristics of the components according to the design and materials. Although this mechanism has been sparingly employed for ceramics, it is not easy to identify its applications to ceramics due to the lower strength of ceramic materials compared with other materials, difficulties in precisely calculating the nonuniform shrinkage rate, and challenges in combining the materials with other materials.

The present study investigates the application range of the joint mechanism in ceramic molding, by exploring the formative outcomes obtained by effectively applying this mechanism to the operation of a ceramic joint. The research methodology is as follows: First, the operation mechanism of the joints is reinterpreted for ceramic joints to determine formative expressions enabling movement. Second, the ceramic joints are combined with parts capable of joint operation through precise control of the shrinkage rate to explore the formative types that can be expressed. Third, the formative outcomes that connect the characteristics of arthropods with various operation methods of ceramic joints are explored.

Thus, this study examines the mechanisms of human joints, animal joints, and insect joints, and thereby designs ceramic joints and analyzes work processes. The study subjects were limited to arthropods, whose somite and joint mechanisms can be applied most effectively and diversely for selective expressions. As theoretical background, this study first examines the concept and mechanism of the joint, and further discusses their features and operation method. Subsequently, applications of the joint mechanism are analyzed to understand the characteristics of the selected

arthropod and the structural features of its body. Then, the design and operation methods of the work are examined. Finally, through analysis, the expression of the formative design that enables the joint mechanism is investigated.

In the production and commentary of the work, the design of the joint, drawings, and the manufacturing process are described. Rhino 3D software is used during manufacturing to design the structure and the operation range of the joint. Based on this design, the prototyping and mold making processes for casting are presented.

Thus, this study shows that ceramic joints can be designed and expressed by reinterpreting the operation method and characteristics of the joint mechanism. This study confirms that bolts and nuts can be used to operate ceramic joints and realize movement, and that various connection and operation methods can be applied to the ceramic joints. Consequently, the formative outcomes could effectively express the motility, balance, rhythm, and tension of arthropods.