

# 대한기계학회 주최

## 제13회 전국학생설계경진대회(2023년)

# 설계 최종 보고서

참가부	고등부 ( 0 )				
참가분야	공모주제 (0) / 자유주제 ()				
참가팀명	돌머리들				
설계제목	생체 모방을 이용한 3D 프린팅 기반 헬멧 제작				
지도교수/교사	(소속) 인천과학예술영재학교 (성명) 장상경/교사 (연락처)		(이메일)		
	(소속) 인천대학교 (성명) 박기원/교수 (연락처)		(이메일)		
	(소속) 인천대학교 (성명) 박상인/교수 (연락처)		(이메일)		
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	심서준	인천과학예술 영재학교			

## 참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	심서준	인천과학예술영재학교 / 2	
2	조성은	인천과학예술영재학교 / 2	
3	최서현	인천과학예술영재학교 / 2	
4			

# 설계 요약문

<b>참가분야</b>	공모주제 (O) / 자유주제 ( )
<b>참가팀명</b>	돌머리들
<b>설계제목</b>	생체 모방을 이용한 3D 프린팅 기반 헬멧 제작
<b>대표자명</b>	심서준
<b>요약문</b>	<p><b>1. 설계 필요성 및 목적</b></p> <p>현재 전동 킥보드, 자전거 등 개인형 이동수단의 교통사고 문제가 대두되고 있다. 해당 교통사고 수는 최근 5년간 약 10배가 늘어나며 급격히 증가하고 있음을 알 수 있다. 사고 부상자의 절반 이상이 얼굴, 머리 부위를 다치지만 대부분이 헬멧을 착용하지 않는 현실을 마주하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 설계는 충격 흡수 구조를 직접 설계함으로써 충격 흡수가 뛰어난 헬멧 제작을 목적으로 한다. 또한 휴대성이 낮은 시중의 헬멧을 보완한 접이식 헬멧을 고안하여 헬멧의 사용자를 늘리고자 한다.</p> <p><b>2. 설계 내용</b></p> <p>본 설계는 헬멧의 3층 구조 중 라이너의 충격 흡수 구조를 중심으로 설계하였다. 선행 연구 조사를 통해 높은 곳에서 자라는 감귤류의 과일 껍질에서 충격 흡수 구조를 보인다는 것을 알 수 있었다. 그 중 포멜로 과일의 충격 흡수 구조를 생체 모방하였고 최종적으로 허니콤, Split P, 포멜로 구조를 nTopology로 설계한 후 3D 프린팅으로 출력하여 압축 시험을 진행하였다. 응력에 따른 변형률 그래프의 면적을 계산하여 단위 부피당 흡수 에너지를 비교한 결과 충격 흡수가 가장 뛰어난 포멜로 구조를 최종 구조로 선정하였다.</p> <p><b>3. 설계 결과</b></p> <p>압축 시험 결과 선정한 포멜로 구조를 이용하여 최종 헬멧을 설계하였다. 해당 구조로 헬멧의 충격흡수층 (Liner)를 3D프린팅으로 제작하였다. 또한 접이식 헬멧을 구하기 위하여 접이식 헬멧 3D 모델의 안쪽에 앞서 설계한 충격흡수층을 추가하여 최종적으로 충격 흡수 헬멧을 설계하였다.</p> <p><b>4. 기대효과</b></p> <p>본 설계에서 제작한 헬멧을 착용함으로써 사고로 인한 부상을 방지하고 안정성을 높일 수 있다. 추후 보완하여 이동수단 이외에도 공사 현장, 노인 낙상 사고 방지 등 다양한 사고 현장에서 용이하게 사용될 수 있다. 또한 휴대성이 좋은 접이식 헬멧을 설계함으로써 대부분이 헬멧을 착용하지 않는다는 근본적인 문제점을 해결할 수 있다.</p>
<b>설계프로젝트의 입상 이력</b>	

## 1. 설계의 필요성 및 목적

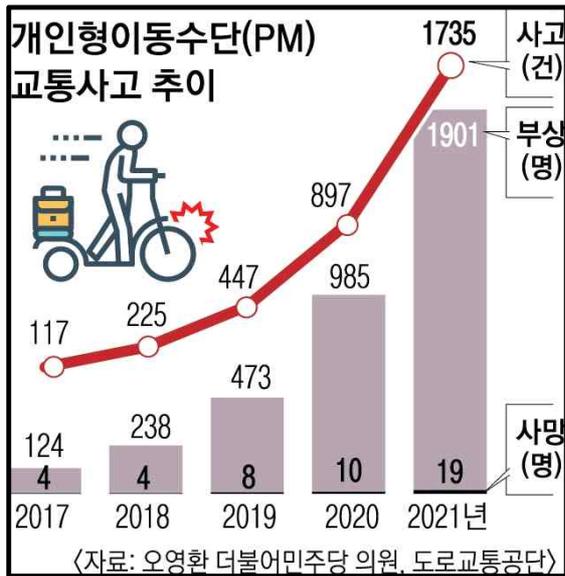


Fig 1. <개인형이동수단 교통사고 관련 통계>  
(출처: 서울신문, 2022.09.25)



Fig 2. <사고 환자 부상 부위>  
(출처: 김잔디 기자, 연합뉴스, 2021.07.30)

최근 개인형 이동수단인 킥보드, 자전거 교통사고가 급격히 증가하고 있다. 도로교통공단에 따르면 2022년 개인형 이동수단 교통사고는 총 5690건이고, 이는 5년 전인 2018년(225건)보다 10.6배나 늘어난 수치다. 지난 2018년 25건에 불과하던 청소년 사고 건수는 매해 큰 폭으로 증가해 작년에는 1096건, 2018년 대비 43.8배나 폭증했다. 최근 몇년간 전동 킥보드의 인기가 높아지면서 청소년을 비롯한 사람들의 전동 킥보드 이용수가 매우 증가하였으며 이로 인한 교통사고 건수가 급격히 증가하였다. 이러한 심각한 문제상황을 해결하기 위해 지난 2021년 5월 13일 정부는 도로교통법을 개정해 '헬멧 착용'을 의무화하였다. 또한 현재는 만 16세 이상 취득 가능한 원동기장치 자전거면허 이상의 운전 면허증을 가진 사람만이 전동킥보드를 운전할 수 있다. 더불어, 전동킥보드는 완충 장치가 없어 이용 중 사고가 발생하면 부상 위험이 매우 크다. 강남세브란스병원 연구팀이 전동 킥보드 사고로 인해 부상을 입은 환자를 분석한 결과, 두개인면부 외상이 48.8%로 가장 많았다. 헬멧을 착용하지 않은 채 머리 외상을 입으면 가벼운 뇌진탕에서부터 심할 경우 뇌출혈로 이어질 수 있다.

현재 교통법 개정과 여러 방침이 세워짐에도 불구하고 실제로 면허가 없는 학생들을 비롯해 많은 성인들이 헬멧을 착용하지 않은 채 전동 킥보드로 인도와 도로를 자유롭게 드나드는 것을 볼 수 있다. 전남대병원 연구에 의하면, 전동 킥보드 사고로 내원한 중증외상환자 15명 중 14명이 헬멧을 착용하지 않았다.

따라서, 본 설계의 목적은 충격흡수가 뛰어난 접이식 헬멧을 제작하여 자전거, 킥보드로 발생하는 교통사고를 감소시키고 이로 인한 부상을 줄이는 데에 있다. 또한 휴대가 편리하도록 하여 이동수단 이용 시 헬멧 사용자를 늘리고자 한다.

## 2. 설계 핵심 내용

### 1) 설계 문제의 정의

자전거 헬멧은 외피(Shell) / 충격 흡수층(Liner) / 패드(Pad)로 구성되어있다. 충격 흡수층 (Liner) 을 연구하는 이유는 기존 Liner 중 충격 흡수율이 매우 뛰어난 형태는 너무 비싸기 때문이다. 일반적인 자전거 헬멧의 Liner 충격에는 한계가 있다. 기존 자전거 및 전동 킥보드 시장에서의 헬멧은 가벼운 한 가지 또는 두 가지의 재료로 이루어져 있으며 그 구조에 강한 충격을 가했을 때 변형되어 실제 사고가 났을 때 머리를 보호하기에는 한계가 있음을 발견했다. 그러나 안정성만을 중요시하여 철과 같은 강한 재료로 헬멧을 만든다면 무게 등으로 인해 오히려 휴대성을 떨어뜨리기 때문에 헬멧 착용자 수가 감소할 것으로 예상된다. 휴대하기 매우 편리하고 안정성이 뛰어난 헬멧을 제작해야 할 필요가 있다.

### 2) 설계의 독창성 및 접근 방법

#### (1) 설계 방법 및 배경

##### ① 헬멧에 대한 이해 및 설계 방향 설정

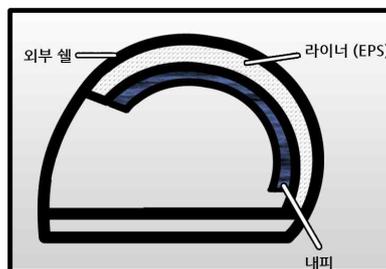


Fig 3. 헬멧 구조 모식도

충격 흡수가 뛰어난 헬멧을 설계하기 위해 우선적으로 헬멧의 구조를 학습하고 이를 바탕으로 설계 방향을 모색하였다. 일반적으로 헬멧은 외부를 감싸고 있는 셸(Shell), 셸 안쪽의 스티로폼 층(EPS), 내피(Pad) 총 세 가지 층으로 이루어져 있다. 셸 바로 밑에는 라이너라는 명칭으로 불리는 두꺼운 스티로폼(EPS)층이 위치해 충격을 흡수해준다. 이는 실질적으로 머리를 보호하는 대부분의 기능을 하며 그 외에 공기흐름을 결정하는 내부구조나 헬멧의 고정 및 맞춤 장치, 머리와 접촉하는 부분의 특성 결정 등 헬멧 설계에 있어서 핵심적인 부분이다. 따라서 이러한 라이너의 충격 흡수 구조를 직접 설계하여 충격 흡수가 뛰어난 헬멧 제작을 목표로 하였다.

##### ② 접이식 헬멧 선행 연구



Fig 4. 접이식 헬멧 제품

현재 상용화된 여러 헬멧을 조사한 결과, 대부분 휴대용으로 소지하기에 까다롭고 불편하다는 것을 알게 되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 접이식 헬멧을 설계하여 휴대성을 높이고자 하였다.

접이식 헬멧은 접히는 부분이 크게 가로형 접힘, 세로형 접힘, 그리고 수직형 접힘이 있다. 기존의 접이식 헬멧은 휴대성과 통풍성이 극대화되었지만, 일반적으로 라이너가 단순한 스티로폼 재질이기 때문에 충분한 충격 흡수율의 라이너가 없어 작은 접촉 충동이 아니라 일반적인 성인 남성의 낙상, 저속 차량과의 직접 충돌 시 충분한 보호를 제공하지 못한다.

### ③ 충격 흡수 구조 설계 및 출력

가장 충격흡수율이 뛰어난 구조를 선정하기 위해 포멜로 과일의 구조를 모방한 구조와 일반 허니콤 구조, TPMS 구조 중 Split P 구조를 비교하였다. 먼저, 부피 채움률을 변수로 두어 각 구조들을 비교 실험을 설계하였다. 부피 채움률이란 구조를 차지하는 꼭 찬 부피에서 그 구조가 차지하는 부피의 비율을 말한다. 포멜로 구조와 육각형 구조는 그 둘러싸는 직사각형을 통해 면적을 구하고 부피 채움률을 구하였다.

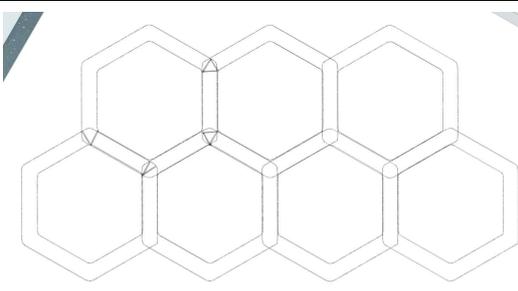
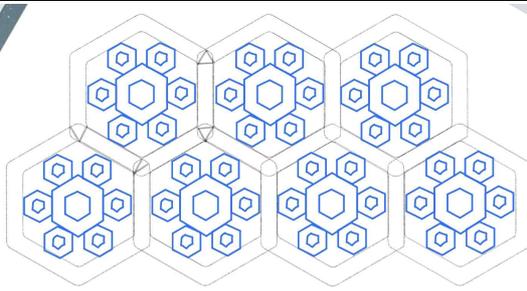
	허니콤 구조	포멜로 구조
그림 (y-z 평면)		
부피 채움률(%) (x : 두께)	$\frac{100 \left( 310x - \frac{40x^2}{\sqrt{3}} \right)}{(40\sqrt{3} - 3x) \left( 35 - \frac{\sqrt{3}x}{2} \right)}$	$\frac{100 \left( 1234x - \frac{586x}{\sqrt{3}} \right)}{(40\sqrt{3} - 3x) \left( 35 - \frac{\sqrt{3}x}{2} \right)}$
높이(mm) (x축 길이)	60	

Table 1. 육각 구조와 포멜로 구조 설계 계획

#### 가. 허니콤 구조

허니콤 구조는 비행기, 인공위성 벽 등에 사용되며 가장 안정적이고 견고하며 경제적인 구조로 알려져 있다. 기존에 충격 흡수 구조로 흔히 사용된 허니콤 구조를 설계하여 다른 형태의 구조들과 비교하였다.

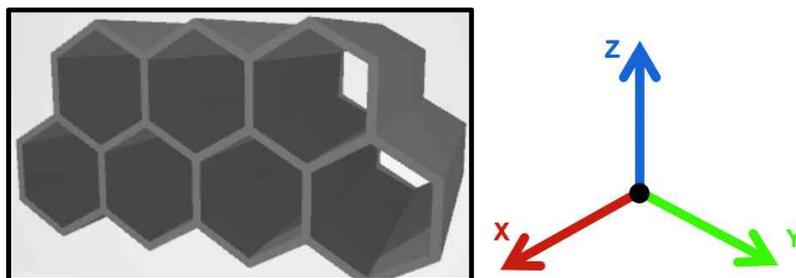


Fig 5. 허니콤 3D

20%, 30%, 40% 3D 모형은 두께만 다른 것으로 30%, 40%는 생략하고 20%로만 나타내겠다.  
비교적 간단한 구조이기 때문에 좋은 대조군으로 설정하였다.

부피 채움률 (%)	20	30	40
두께 (mm)	1.587395	2.408878	3.263051

Table 2. 부피 채움률에 따른 두께 (허니콤)

육각형 구조는 위 그림과 같이 모든 변의 두께가 일정하게 하기 위해 두 부분을 겹쳐서 설계하였다.  
허니콤 구조의 3D 모델링은 nTopology 프로그램을 이용하였다.

### 나. 포멜로 구조

껍질에서 충격 흡수 구조를 보이는 감귤류(Citrus)의 과일 중에서도 가장 크고 높은 곳에서 자라나는 포멜로 (Pomelo, Citrus Maxima)를 선정했다. 여러 충격 흡수 구조에 대해 학습하며 감귤류(Citrus)의 과일 껍질에서 충격 흡수 구조를 보인다는 것을 알 수 있었다. 그 중 가장 크고 높은 곳에서 자라나는 포멜로의 구조의 충격 흡수 능력이 뛰어나다는 것을 알게 되었고 이를 생체 모방하기 위해 이와 관련된 선행 연구에 대해 조사하였다.

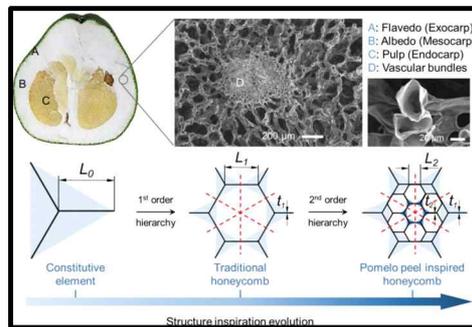


Fig 6. 참고문헌 [2]의 포멜로 구조

참고문헌 [2]를 바탕으로 SEM (주사형 전자 현미경)을 이용하여 실제 포멜로 껍질의 구조를 관찰하였다. 포멜로 껍질의 혈관 다발을 관찰할 수 있었고 이에 대한 영향에 초점을 두고 연구하였다. 혈관 다발은 껍질 기지에 매우 규칙적이고 주변을 강화하는 요소로 작용한다는 것을 알 수 있었다. 이러한 포멜로 껍질을 이용한 패턴이 에너지 흡수율이 높을 것으로 예상하였다. 포멜로의 3D 모델링은 nTopology 프로그램을 이용하였다.

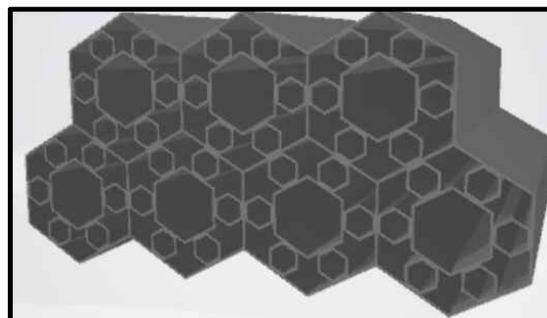


Fig 7. 포멜로 3D

부피 채움률 (%)	20	30	40
두께 (mm)	0.432890	0.694047	1.015118

Table 3. 부피 채움률에 따른 두께 (포멜로)

포멜로 구조는 위 그림과 같이 안쪽 육각형과 중간 육각형은 육각형의 특성을 살리기 위해 변을 겹치지 않았지만 육각형 구조와 비교하기 위해 바깥 육각형은 모든 변의 두께를 일정하게 하기 위해 두 부분을 육각형 구조와 같이 겹치게 설계하였다. 포멜로 구조의 3D 모델링은 nTopolgy 프로그램을 이용하였다.

#### 다. Split P 구조

TPMS, 3배 주기 최소 표면을 가지는 기하학적 구조 6개 중 Split P 구조를 설계하였다. TPMS 구조는 여러 설계에 흔히 이용되는 구조로 앞서 말한 허니콤 구조와 포멜로 구조와의 차이점을 알아보기 위해 선정하였다.

Split P 구조는 부피 채움률을 20%, 30%, 40%로 똑같이 하되, 셀을 위 두 구조와 비교할 수 없어 6cm X 6cm 로 셀의 개수를 일정하게 하여 비교하였다. 구조의 x축 길이는 앞선 두 구조와 동일하게 60mm로 설정하였다. Split P의 부피 채움률 계산과 3D 모델링은 nTopolgy 프로그램을 이용하였다.

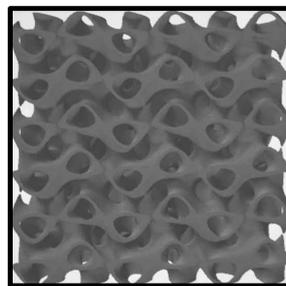


Fig 8. Split P 3D

#### ④ 구조 출력

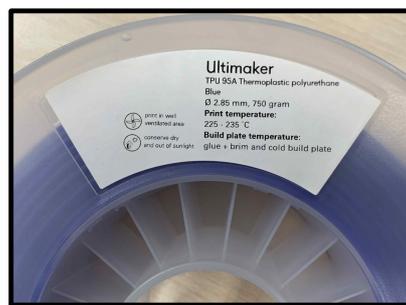


Fig 9. 사용한 TPU 필라멘트

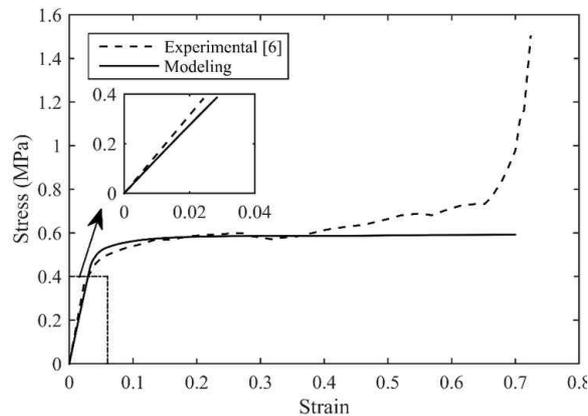
앞서 고안한 충격 설계 구조를 3D 프린팅으로 출력하였다. 3D 프린팅은 연속적인 계층의 물질을 뿌리면서 3차원 물체를 만들어내는 제조 기술로 구조 출력 시 복잡한 구조를 가능케한다. 또한 헬멧의 안전과 무게를 모두 고려하며 제작 시 인건비 절감 및 시간 제약이 적다는 장점을 가진다.

3D 프린팅 출력을 진행하기 전 적합한 필라멘트 재료가 무엇인지 알아보기 위해 사전 조사를 진행하였다. PLA, ABS, TPU, PVA 등 다양한 필라멘트 재료의 장단점을 비교하였다. 최종적으로 선택한 TPU 필라멘트는 고무처럼 유연하고, 내구성과 복원력이 우수하며, 충격과 진동 감쇠에 우수한 능력을 가진다.

## ⑤ 압축 시험 진행 및 최종 구조 선정

### 가. 이론적 배경

보통 재료의 특징, 물성을 측정할 때는 인장 시험을 주로 하게 되지만 이 설계는 헬멧에 대한 충격 흡수를 측정해야 되기 때문에 이를 인장 시험이 아닌 힘을 주어 재료를 압축시키는 압축 시험을 진행하였다.



Graph 1. 일반적인 Stress-Strain Curve

크게 기본 물성을 측정할 때, 인장 시험과 압축 시험을 진행하면 대표적으로 응력(Stress)과 변형률(Strain)의 값을 얻을 수 있다. 따라서 이를 응력-변형률 곡선(Stress-Strain Curve)으로 x축을 Strain 값으로 y축을 Stress 값으로 두어 그래프를 나타내어 분석하였다. 재료마다 S-S Curve가 다르게 나타난다. 모든 재료는 압축 응력(Compressive Stress)을 가하면 훅의 법칙(Hook's Law)에 따라 비례한도비례 한계(propotional limit)까지 선형적으로 변형이 일어나게 된다. 그 후 항복점(Yield Point)까지 도달하게 되면 영구 변형이 일어나게 된다. 우리는 그 점까지의 영역의 넓이를 계산하여 단위 부피 당 흡수 에너지를 구하였다.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

응력( $\sigma$ )은 단위 면적 당 작용하는 힘이라고 정의할 수 있다. 보통 단위는  $MPa$ 이나  $N/m^2$ 로 나타낸다. 변형률( $\epsilon$ )은 응력으로 인한 재료의 기하학적인 변형을 나타낸다.

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2)$$

변형률은 (2)의 식으로 정의한다. 단위는 무차원이다. 따라서 Strain-Stress Curve에서 면적이 의미하는 바는

$$\sigma\epsilon = \frac{F\Delta l}{Al_0} = \frac{W}{V} \quad (3)$$

이 되기 때문에 단위 부피 당 변위 에너지가 된다. 이를 변형 에너지 밀도 (Strain energy density)라고 하고 단위는  $N/m^2 = J/m^3 = Pa$ 로 보통 쓴다.

따라서 이를 통해 부피 채움률을 변수로 두었고 각 시편들의 Stress-Strain Curve에서 면적을 구하여 각 시편들이 충격을 얼마나 흡수할 수 있는지 확인하였다. 이에 대해 변형 에너지 밀도가 높은 것을 충격 잘 흡수한다고 설정하고 압축 시험을 진행하였다.

### 나. 압축 시험 진행

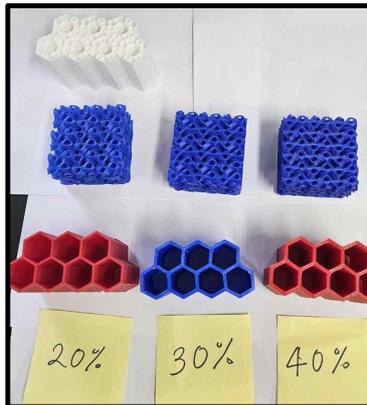


Fig 10. 출력한 구조들

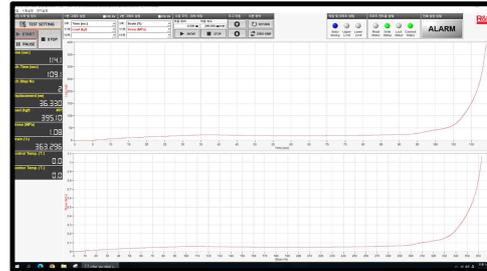


Fig 11. Testing 프로그램  
(Hello7 ver 1.00)

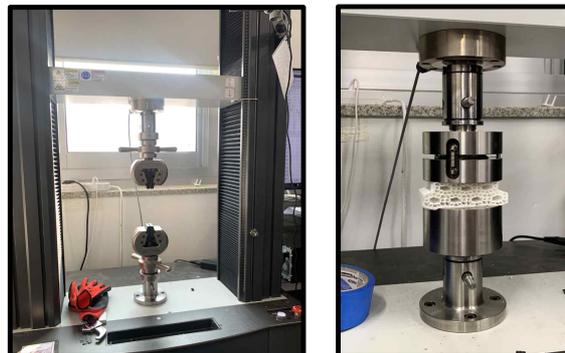
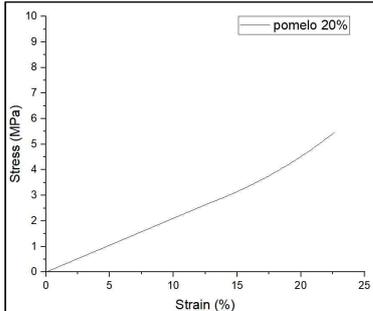


Fig 12. 인장 압축 시험기

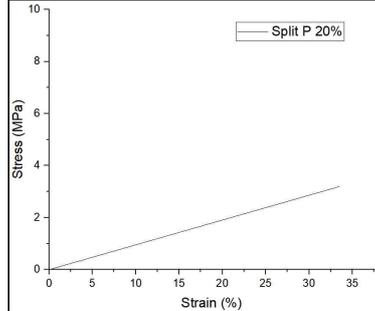
우리는 인장 압축 시험기를 이용하여 압축 실험을 진행하였다. 하단에 위치한 압반 위에 실험한 시편을 올린 후 압축 압반을 위에서부터 서서히 내리며 시편을 압축시킨다. 시험 중에 압축 하중을 고르게 분산시키기 위하여 자동으로 균형을 맞추며 일정한 응력을 가해주는 압축 압반을 사용하였다. 컴퓨터와 기기를 연결하여 가해진 Strain-Stress Curve를 얻고 그래프를 도출해내었다.

### 다. 압축 시험 결과

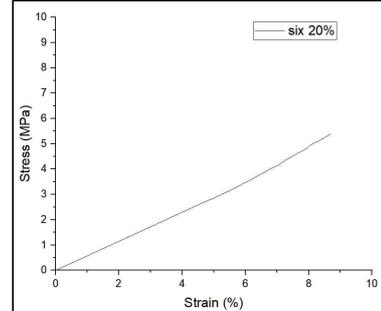
허니콤 구조와, Split P (TPMS) 구조의 압축 시험을 진행하였지만 포멜로 구조의 20%는 압축 시험은 진행되었지만 포멜로 구조의 30%, 40%는 3D 프린터기의 계속된 오류로 출력하지 못하였다. 여건 상 30%, 40%는 포멜로 구조를 제외한 두 구조를 비교하고 20%에 대해서 세 구조를 비교하였다.



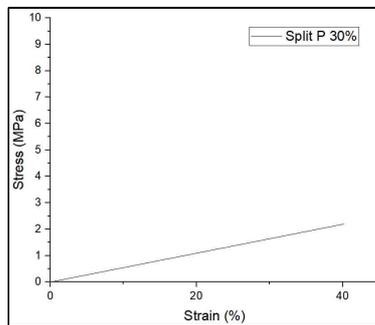
Graph 2. 포멜로 (20%)  
S-S Curve



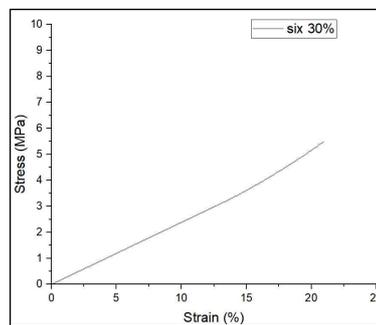
Graph 3. Split P (20%)  
S-S Curve



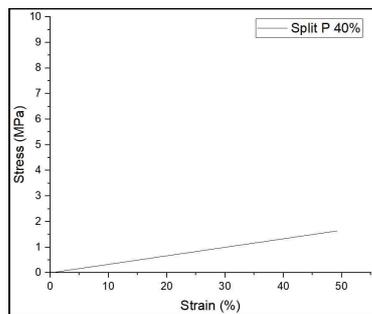
Graph 4. 허니콤 (20%)  
S-S Curve



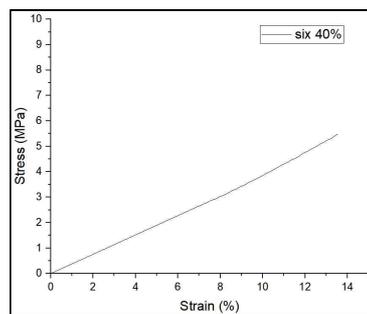
Graph 5. Split P (30%)  
S-S Curve



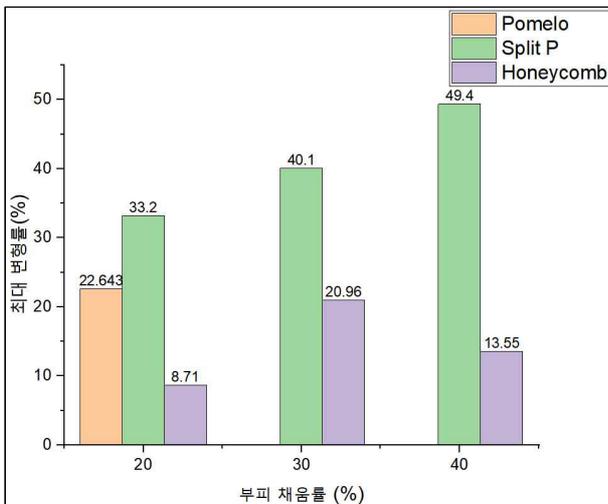
Graph 6. 허니콤 (30%)  
S-S Curve



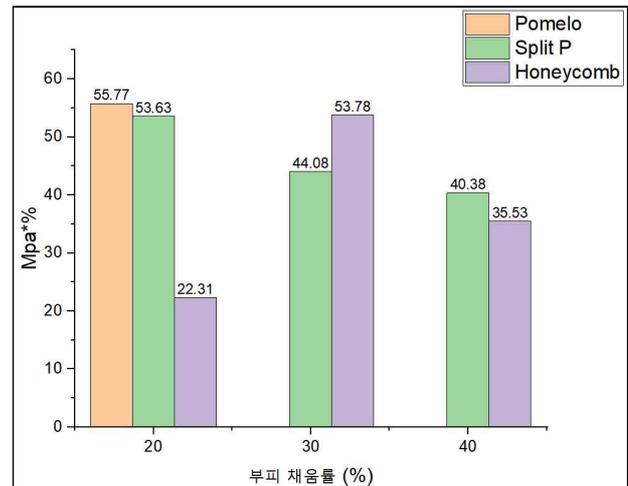
Graph 7. Split P (40%)  
S-S Curve



Graph 8. 허니콤 (40%)  
S-S Curve



Graph 9. 구조 당 최대 변형률(%)



Graph 10. 구조 당 변형 에너지 밀도(MPa\*%)

Graph 10. 과 같이 변형 에너지 밀도는 Pomelo 구조가 가장 큰 것을 알 수 있었다. Split P 구조 또한 변형 에너지 밀도가 Honeycomb 구조에 비해 상대적으로 컸지만, Graph 9.에서 알 수 있듯이 최대 변형률이 평균적으로 40.9% 대로 매우 큰 값으로 나타나 헬멧의 라이너 재료로 적합하지 않는 것으로 보인다. Honeycomb 구조는 구조의 두께에 따라 변형 에너지 밀도의 변화가 다른 구조보다 상대적으로 크고, 최대 변형률이 평균적으로 14.41% 로 나타나 변형에 의한 에너지 외의 충격이 그대로 전달될 것으로 파악된다. Pomelo 구조와 Split P 구조는 내부에 지탱 역할을 하는 구조가 있어 압축 시 수직으로 압축되었지만, Honeycomb 구조는 기본 육각 구조라 한쪽으로 불균형이 생겨 압축되어 이와 같이 나타난 것으로 보인다. 최대 변형률과 변형에 의한 에너지 밀도 측정 양상을 비교해보았을 때 Pomelo 구조가 헬멧의 라이너 역할을 했을 때 충돌 시 발생하는 대부분의 힘을 흡수하고 충분히 변형되어 착용자의 피해를 최소화 해줄 것으로 파악된다.

## (2) 설계의 독창성

본 설계는 감귤류의 과일 중 하나인 포멜로의 충격 흡수 구조를 모방하였다. 보다 충격 흡수가 뛰어난 구조를 설계하기 위해 자연의 디자인을 활용했다는 점이 현재 시중의 헬멧들과의 가장 큰 차이점이며 독창적이라 할 수 있다. 이렇게 생체 모방으로 설계한 구조를 3D 프린팅으로 출력하였다. 3D 프린팅 기술을 활용함으로써 기존의 전통적으로 활용되어 온 생산 방식들에 비해 빠르고 비용이 적게 든다는 장점을 가진다. 또한 최종적으로 접이식 헬멧을 고안하여 기존 헬멧의 휴대성이 낮다는 문제점을 보완하였다.

## (3) 설계의 제약조건 및 문제 해결 방법

충격 흡수 구조를 설계하는 과정에서 논리적인 결론 도출을 위한 변인 설정이 까다로웠다. 설계 초기에 구조의 두께와 높이 등을 변인으로 설정하였는데 이들의 수치 또한 어떠한 기준으로 정해야 할지에 대한 정확한 해답을 찾을 수 없었다. 본 설계팀은 적층 제조 연구를 진행하고 계신 교수님께 자문을 여쭙어 이 변인들은 각각의 구조를 비교하기에 적합하지 않다는 것을 알게 되었다. 따라서 구조를 포함하는 전체 직사각형 면적에 대한 구조가 차지하는 면적의 비율인 채움률을 변인으로 설정한 후 최종 충격 흡수 구조를 설계하였다.

또한, 연구 초기에는 충격 흡수율을 out-of-plane crushing으로 힘을 가하여 측정하려고 했지만, 충격 흡수율이 헬멧의 라이너 역할을 할 수 없어 in-plane-crushing 으로 힘을 가하는 방향을 바꾸어 구조가 변형되며 힘을 흡수할 수 있도록 했다.

### 3) 설계 내용

압축 시험을 통해 충격 흡수가 가장 뛰어난 포멜로 구조를 최종 구조로 선정하였다. 해당 구조를 이용하여 헬멧의 충격 흡수층(Liner)를 3D 프린팅으로 제작하였다. 또한 접이식 헬멧을 구현하기 위하여 기존에 있는 접이식 헬멧 3D 모델 중 하나를 선정하였고 해당 모델의 안쪽에 앞서 설계한 충격 흡수층을 추가하여 최종적으로 충격 흡수 헬멧을 설계하였다.

### 3. 설계 수행 일정

설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월
생체 모방 기술의 선정 및 선행연구 조사	■	■				
충격 흡수 실험 선행연구 및 실험 설계		■	■	■		
대조군 및 모형 구조 설계 (CAD)				■	■	
적합 재료 선정 및 3D 구조 출력					■	■
압축 시험 진행					■	■
결과 분석						■

### 4. 설계 결과물

#### (1) 최종 결과물 형상 및 작동원리

최종적으로 선정한 구조인 포멜로 구조로 헬멧의 충격 흡수층(Liner)를 3D 프린터로 제작하였다. 해당 설계물을 접이식 3D 헬멧 모델 안쪽에 부착하여 최종 충격 흡수 헬멧을 구현하였다.

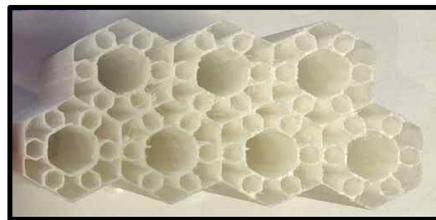


Fig 13. 최종 선정 구조 (포멜로)

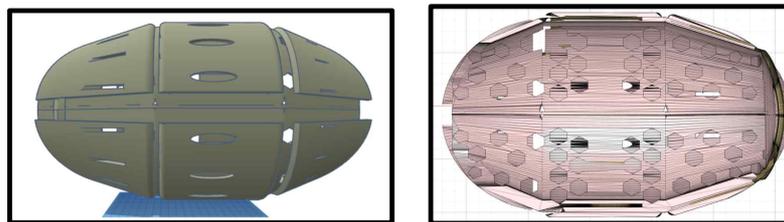


Fig 14. 접이식 헬멧 3D

## (2) 최종설계 결과물의 장단점 및 의의

생체 모방을 이용하여 3D 모델링 기반 헬멧을 설계하였기 때문에 다른 헬멧들과 차이점이 있다. 또한 여러 가지 구조들에 대해서 비교 실험을 하였기 때문에 더욱 안정성 있는 구조를 선정하였다. 따라서 보다 체계적인 설계를 통해 3D 모델링 헬멧을 설계할 수 있었다. 하지만 단점을 보자면 충격 흡수를 계속 받게 되면 3D 프린팅 기반이기 때문에 구조의 에너지 흡수율이 점점 낮아지는 것으로 보여진다. 하지만 실생활에서의 충격 흡수는 압축 시험에서의 응력과 비교하면 아주 적은 값이기 때문에 재사용은 충분히 가능할 것으로 보여진다.

추후 연구 계획으로는 아직 출력하지 못한 접이식 헬멧에 앞서 3D프린팅한 충격 흡수층(Liner)를 부착하여 충격 흡수 실험을 진행할 예정이다. 포멜로 구조의 높이나 다른 변수를 설정하여 충격 흡수 실험을 진행하여 최종적으로 가장 충격 흡수 잘하는 헬멧 모델을 설계할 것이다. 또한 여러가지 제약 조건으로 인해 미처 실험하지 못했던 포멜로 구조의 부피 채움률을 30%, 40%를 출력하여 다른 구조들과 비교하여 더 정확한 결과 값을 얻을 것이다.

## 5. 활용방안 및 기대효과

우선적으로, 본 설계에서 제작한 헬멧을 착용함으로써 사고로 인한 부상을 방지하고 안전성을 높일 수 있다. 또한 3D 프린팅으로 제작하여 빠르고 저렴하게 생산할 수 있다. 추후 보완하여 이동 수단 이외에도 공사 현장, 노인 낙상 사고 방지 등 다양한 사고 현장에서 용이하게 사용될 수 있다.

현재 전동 킥보드, 자전거 교통사고가 급격히 증가하고 사고 발생 시 얼굴, 머리 부위를 가장 많이 다치게 되면서 헬멧의 중요성이 대두되고 있다. 그럼에도 불구하고, 대부분의 이동 수단 이용자들은 헬멧을 착용하지 않는 현실이 가장 큰 문제점이라 생각된다. 사고로 인한 부상을 방지하기 전 이러한 근본적인 문제를 해결하기 위해 본 설계에서는 접이식 헬멧을 고안하였다. 헬멧을 접어 편리하게 휴대할 수 있게 하여 이동 수단 이용자들의 헬멧 사용 비율이 늘어날 것이라 기대한다.

### <참고문헌>

- [1] Thielen, M., Speck, T. & Seidel, R. (2013) Viscoelasticity and compaction behaviour of the foam-like pomelo (Citrus maxima) peel. *J Mater Sci* 48, pp.3469~3478
- [2] Wen Zhang, Sha Yin, T.X. Yu, Jun Xu (2019) Crushing resistance and energy absorption of pomelo peel inspired hierarchical honeycomb, *International Journal of Impact Engineering*, Vol. 125, pp.163~172
- [3] Cho, Sung & So, Gi & Park, Ki. (2013). 횡방향 가력실험 및 충격실험을 통한 강판콘크리트(SC) 전단벽의 감쇠비 평가. (*Journal of the Earthquake Engineering Society of Korea*, Vol.17, pp.79~88)
- [4] Sharma, N., & Vaishya, R. (2013). Biomimicry Inspired Motorcycle Helmet Design Concept. *PEC University of Technology, Production Department, Sector 12, Chandigarh-160012, India, Vol.2, pp.180~182*