

# 미래의 교통법규와 혁신적인 헬멧 디자인

**: 안전과 모빌리티 플랫폼**

파란학기 팀 MELT

기계공학과 201920106 김현우

기계공학과 201920024 정민용

기계공학과 201920112 김범진

# MELT 팀원 소개

## Mobility Extreme Life-protection Tactics



기계공학과 19학번 김범진

MBTI ENTJ

담당업무 : 팀장, 설계, 보고서 작성, 업체 컨택

특징 : 효율, 체계 중요시함



기계공학과 19학번 김현우

MBTI ENFP

담당업무 : 설계, 보고서 작성, 유한요소해석

특징 : 꼼꼼, CAD 잘함



기계공학과 19학번 정민용

MBTI ENFP

담당업무 : 설계, 보고서 작성, 회로설계 및 센서제어

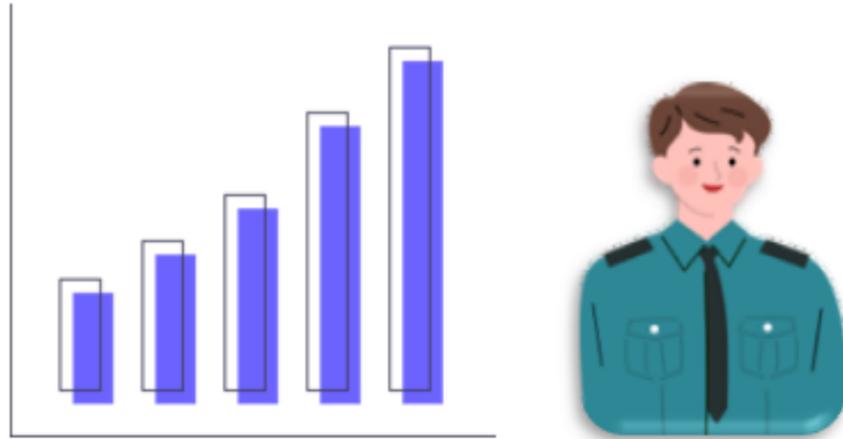
특징 : 소학회 회장, 리더쉽 좋음



아주대학교 기계공학과  
이문구 교수님

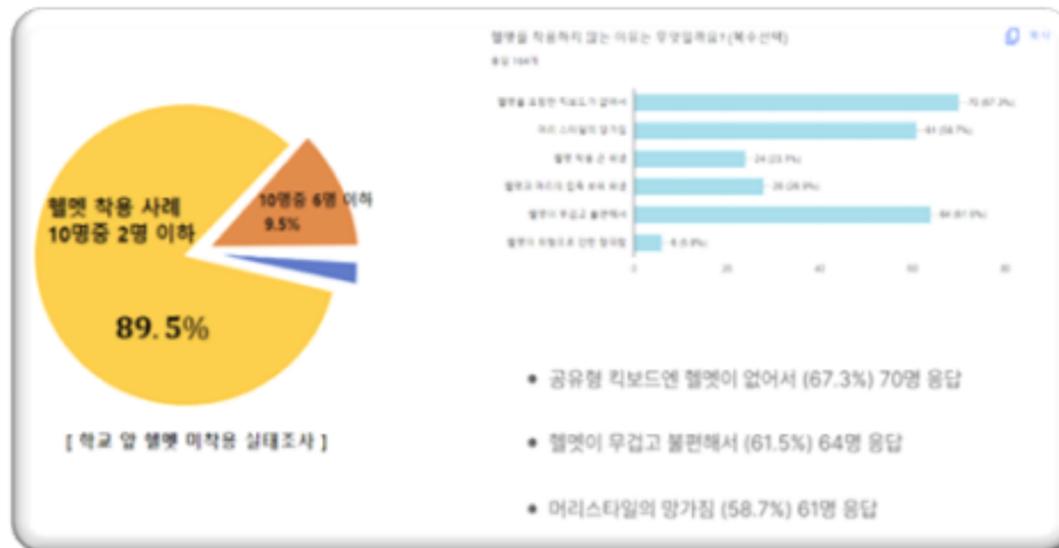
# 문제점

## 1. 공유형 P.M 모빌리티 시장 증가와 안전 장비 미착용 문제 해결



[증가하는 P.M 이용자와 관련 사고]

1. 공유형 P.M 업체 문의 ☎ 분실 및 이용자의 헬멧 기피 현상으로 헬멧 공유를 포기
2. 헬멧이 무겁고 불편해서 착용 기피
3. (여름철) 위생, 머리스타일의 망가짐



[학교 앞 헬멧 미착용 실태조사]

[ 헬멧 미착용 사유에 관한 설문 조사 ]

구조적으로 공유형 헬멧에 대한 위생상의 불안과 스타일에 민감한 세대가 P.M의 주 이용층이다.

따라서 헬멧에 대한 거부감으로 인해 해결할 수 없는 복합적인 사회문제 발생

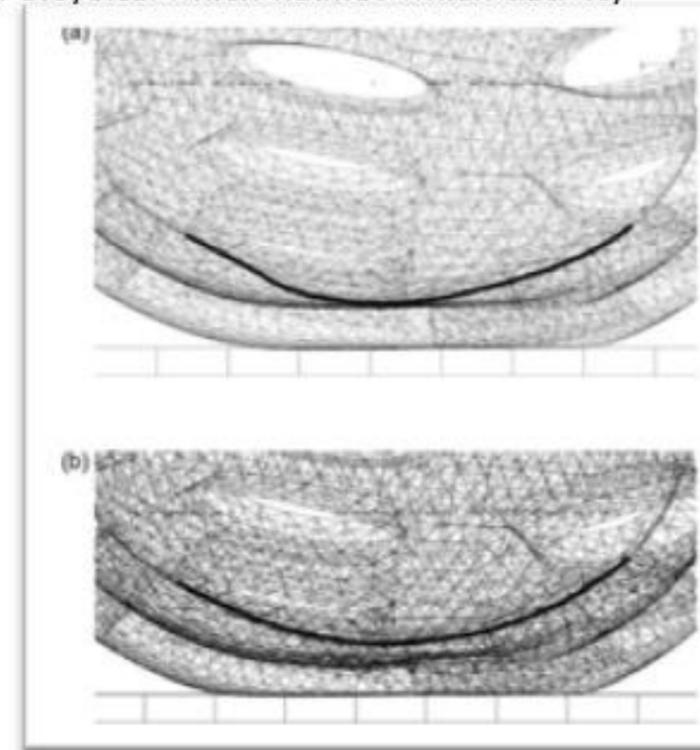
# 문제점

## 2. 1회 충격 시 라이너의 소성변형으로 다중 충돌시에 본래의 기능을 하지 못함

<https://www.cpsc.gov/safety-education/safety-guides/sports-fitness-and-recreation-bicycles/which-helmet-which-activity>



[ 미국 소비자 제품 안전위원회 헬멧 사용 안내 ]



[ Liner's deformation ]

The materials will not protect you again from an additional impact. Even if there are **no visible signs of damage** to the helmet, you **must** replace it after such an event

다 회 충격상황에서도 안전하게 머리를 보호하는 헬멧

# 문제점

## 3. 한국 국가기술표준원 '안전 규정' 을 만족하는 헬멧 발명



출처: 한국 소비자원, 아주대학교 헬멧 팀

[ 방석유무경쟁 시험 결과 ] (충격가속도, m/s<sup>2</sup>, 계속시간, ms)

구분	제품명	제조/수입사	고온조건	저온조건	침지조건	결과	인증여부
1	소두핏 클래식바이크 레트로 헬멧 클래식분해	솔라룩스 정원대일업	10,000m/s <sup>2</sup> , 3ms	10,000m/s <sup>2</sup> , 2ms	9,808m/s <sup>2</sup> , 4ms	부적합	구매대행 특정 제품
2	AO-1(SOU)	아이반 오리치널스	3,359m/s <sup>2</sup> , 3ms	3,449m/s <sup>2</sup> , 4ms	3,534m/s <sup>2</sup> , 3ms	부적합	O
3	AURA2(AURA)	제이포스	10,000m/s <sup>2</sup> , 2ms	10,000m/s <sup>2</sup> , 2ms	10,000m/s <sup>2</sup> , 2ms	부적합	O
4	CRNK RETROCRNO	아날로그 플리스터	6,334m/s <sup>2</sup> , 3ms	4,091m/s <sup>2</sup> , 3ms	4,670m/s <sup>2</sup> , 3ms	부적합	O
5	ECONO(에코노)	레오디오 프로브	2,202m/s <sup>2</sup> , 3ms	1,828m/s <sup>2</sup> , 3ms	2,201m/s <sup>2</sup> , 3ms	적합	O
6	IS-33II	리홍진HJC	2,234m/s <sup>2</sup> , 4ms	2,113m/s <sup>2</sup> , 4ms	2,083m/s <sup>2</sup> , 3ms	적합	O
7	K7(SST)	이토르	10,000m/s <sup>2</sup> , 3ms	10,000m/s <sup>2</sup> , 2ms	4,489m/s <sup>2</sup> , 2ms	부적합	O
8	MT-7(모토모에)	MOTO MCA	10,000m/s <sup>2</sup> , 3ms	10,000m/s <sup>2</sup> , 4ms	10,000m/s <sup>2</sup> , 3ms	부적합	O
9	V-060	리제이영달	2,864m/s <sup>2</sup> , 3ms	2,992m/s <sup>2</sup> , 3ms	3,723m/s <sup>2</sup> , 3ms	부적합	X
10	VRDOT-SBSVALUN	리보넴	10,000m/s <sup>2</sup> , 3ms	9,731m/s <sup>2</sup> , 2ms	3,580m/s <sup>2</sup> , 3ms	부적합	O

\* 해외 구매대행으로 제품을 유통·판매하는 경우 안전확인인증표시를 면제함.

출처: 한국 소비자원

시중에 판매하는 일반 헬멧 중  
안전규정을 지키는 경우는 일부에 불과했다.

이에 본 발명은 안전규정을 정확히 지키는 헬멧을 설계하고자 한다.

# 문제점

## 4. 어플리케이션과 센서로 제어되는 착용 의무화 및 도난 방지 스마트 헬멧



[ Road situation ]

“

[단독] 전동 킥보드 단속 시작 1년반 만에 위반 적발 건수 22만 건 넘었다

”

출처: 한국일보

전체 위반 적발 건수 중 안전모를 착용하지 않은 경우 **18만5304건(82%)** 차지

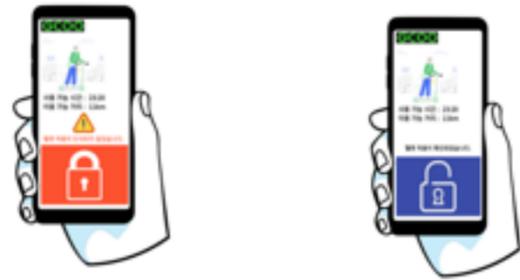
**국내**의 경우 21년 도로교통법 개정 인명보호장구 미착용 시 범칙금 부여,

**해외**의 경우 대부분의 국가들이 안전장비 의무화 및 대여 서비스 업체 단속

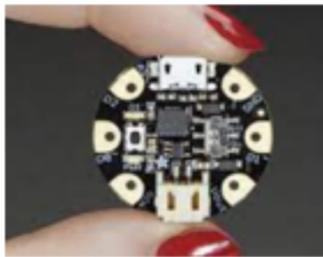
1. 많은 경찰 인원들 투입을 통해 경찰 인력 낭비 및 효율적인 단속 불가능
2. 증가하는 사망사고에 비례 각종 인명피해 급증
3. 향후 2년 안에 IOT 기술 이용, 헬멧 착용감지 예상

# 해결 방법

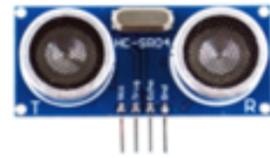
- 편의성, 무게, 위생성을 모두 갖춘 헬멧 발명
- 스프링의 탄성 에너지 흡수용량을 이용한 더 안전한 설계의 헬멧 발명
- 어플리케이션과 센서로 제어되는 착용 의무화 및 도난 방지 스마트 헬멧



[ UI ]



[ Arduino Jemma ]



초음파 센서

[ Sensor & Bluetooth module ]



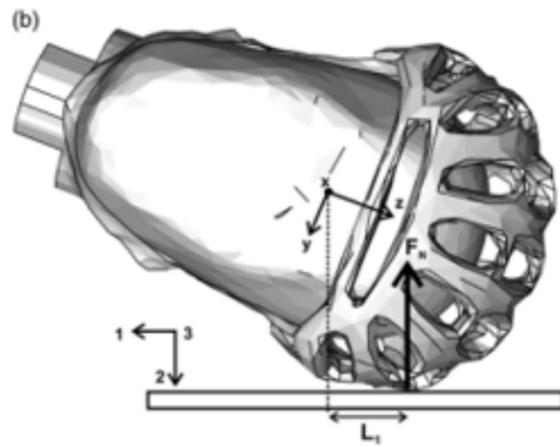
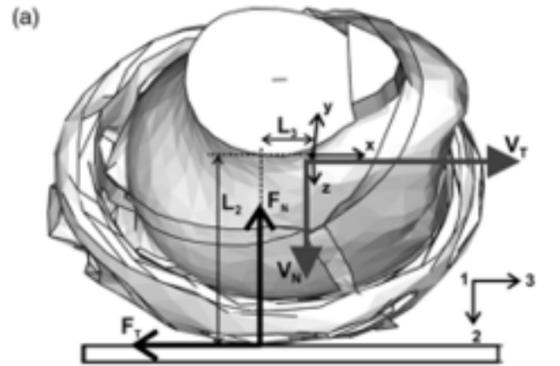
블루투스 모듈



[ Helmet Design ]

# 헬멧 소개

Bicycle helmet design, 2006, Metallurgy and Materials, University of Birmingham ,UK



[ Impact force analysis ]

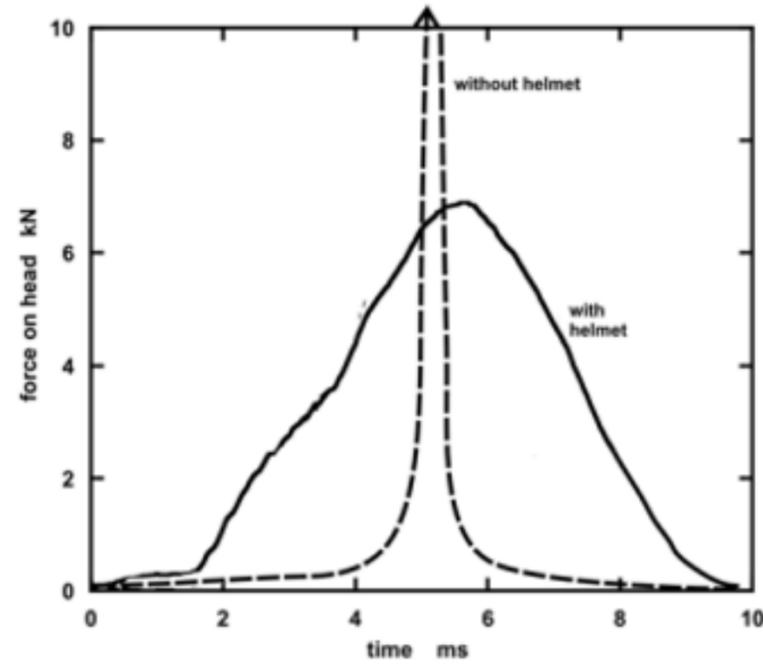
$$F_N = ma_N \quad \begin{aligned} L_2 F_T + L_3 F_N &= I_1 \ddot{\theta}_1 \\ L_1 F_N &= I_3 \ddot{\theta}_3 \end{aligned}$$

[ Newton's 2<sup>nd</sup> Law & angular momentum eq ]

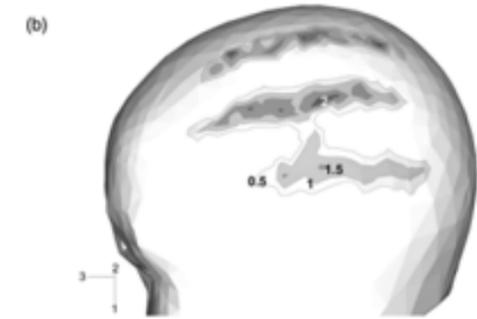
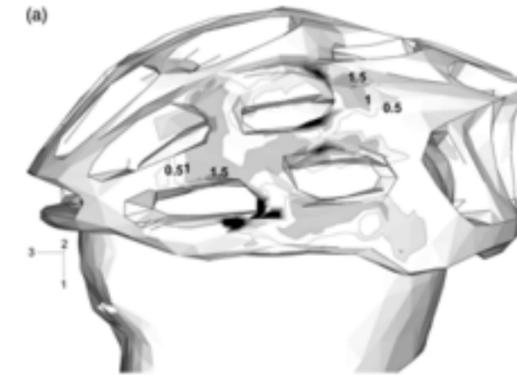
Table 2 Properties of EPS

Density (kg/m <sup>3</sup> )	Young's modulus E (MPa)	Poisson's ratio	Initial yield stress $\sigma_{c0}$ (MPa)	Effective gas pressure $P_0$ (MPa)
35	10	0.1	0.29	0.15
55	20	0.1	0.6	0.20
83	40	0.1	1.10	0.27

[ Properties of Liner ]



[ Peak acceleration ]

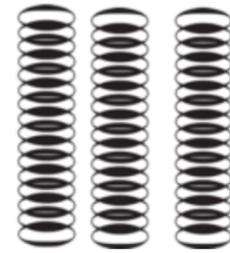
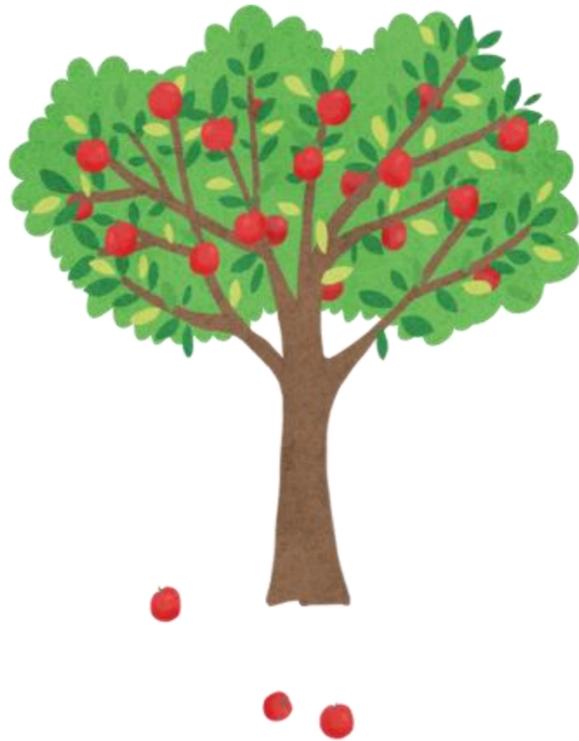


[ Pressure Distribute & head ]

# 헬멧 소개

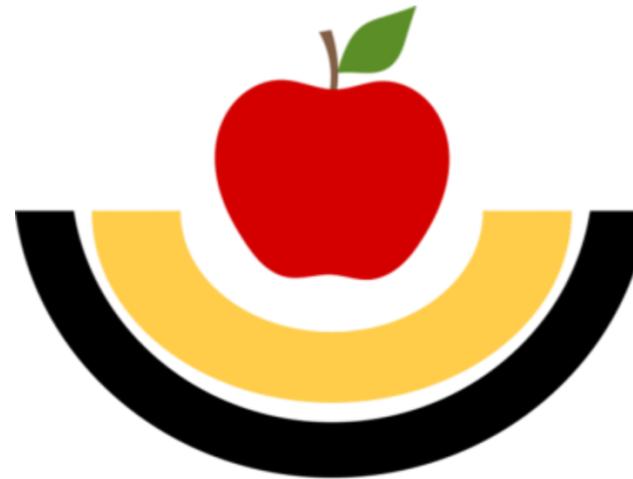


1.5m



 스프링 : 탄소섬유 강화 플라스틱

MELT 헬멧



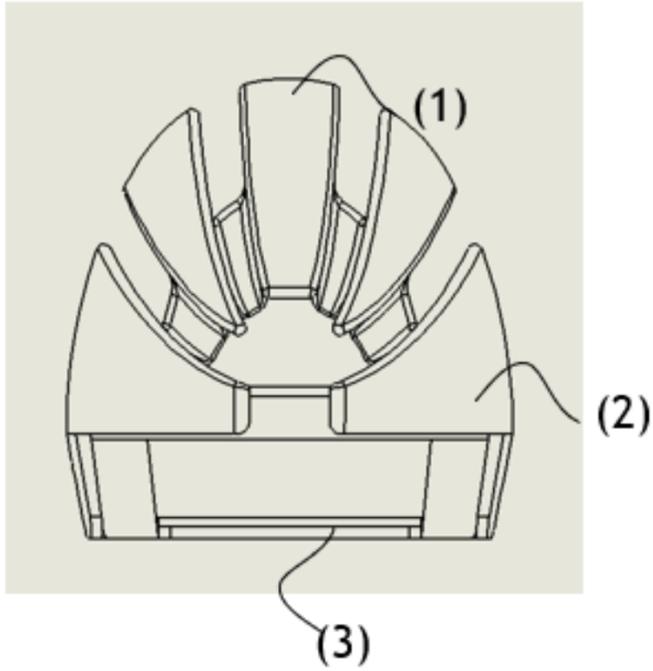
기존 헬멧

 Liner : 스티로폼 소재

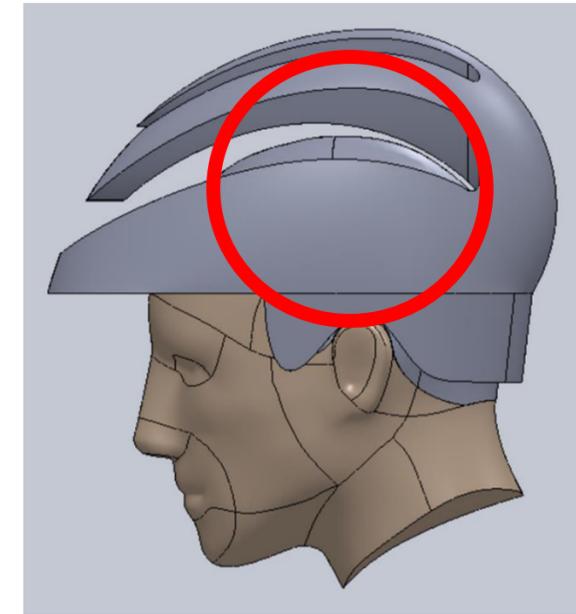
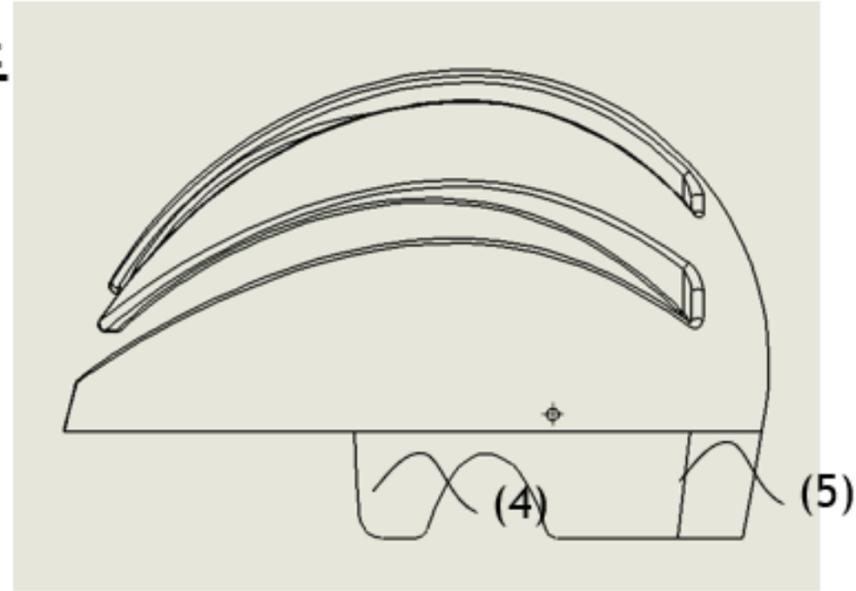
 Shell : 강화 플라스틱

# 헬멧 소개

전면도



측면도



[ Helmet Design ]

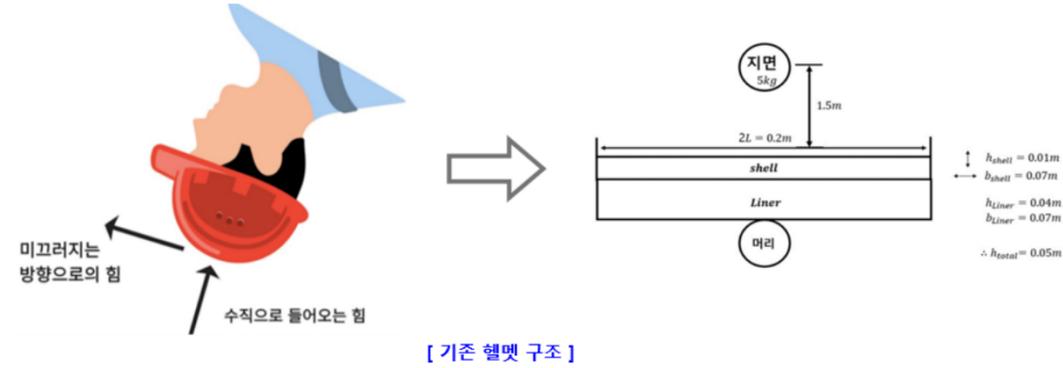
- (1) 은 헬멧의 스프링 역할을 하며, 충격으로 부터 안쪽으로 변형되며 에너지를 소산
- (2) 는 헬멧의 옆면 지지부이며, 안쪽으로 라인이 들어가 있는 구조로, 머리를  $x, y, z$  방향으로 고정
- (5) 는 내부의 공간으로 Geltype 의 Liner가 머리를 감싸주는 역할, 착용감을 개선한다.



[ Gel type Liner ]

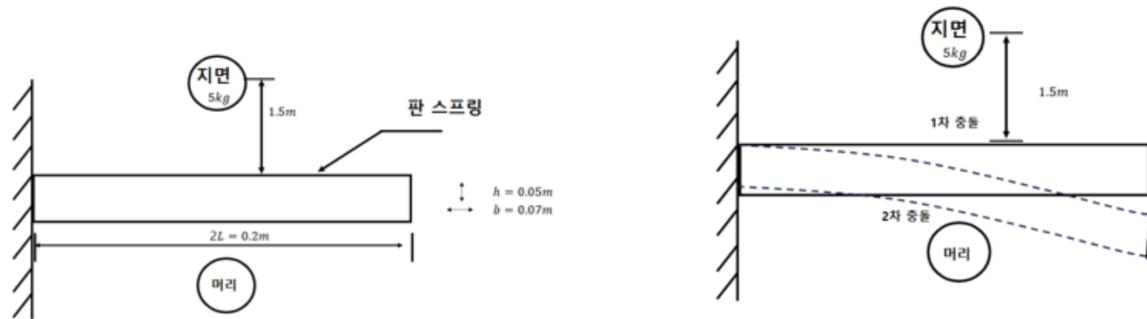
# 이론 검증

-이론 설계 검증 (Schematic 모델 단순화)



[ 기존 헬멧 구조 ]

기존 헬멧 구조인 쉘과 라이너를 2개의 단순지지보로 가정  
 지면->헬멧->머리 순서로 분석  
 헬멧의 에너지 흡수용량을 비교하여, 우리 헬멧을 이론 검증하였다.



[ 스프링 충격 흡수 헬멧 ]

$$\delta_{st} = \frac{WL^3}{48EI}$$

치짐 공식 활용

$$k_{shell} = \frac{F}{\delta_{st}(shell)} = 560502N/m \quad (4)$$

$$k_{liner} = \frac{F}{\delta_{st}(liner)} = 412952N/m \quad (5)$$

$$1 + \sqrt{1 + \frac{v^2}{g\delta_{st}}} \quad \text{충격계수 공식 활용}$$

$$1 + \sqrt{1 + \frac{v^2}{g\delta_{st}}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{(5.42m/s)^2}{(9.81m/s^2)(2.065 \times 10^{-4})}} = 121 \quad (6)$$

$$\delta_{st}(shell) = \frac{WL^3}{48EI} = \frac{(49N)(0.1N)^3}{48(2GPa)(I)} = 8.76 \times 10^{-5}m \quad (1)$$

$$\delta_{st}(liner) = \frac{WL^3}{48EI} = \frac{(49N)(0.1N)^3}{48(0.023GPa)(I)} = 1.189 \times 10^{-4}m \quad (2)$$

$$\delta_{st}(total) = 2.065 \times 10^{-4}m \quad (2)$$

$$\delta(shell) = 8.76 \times 10^{-5}m \times 121 = 0.01m \quad (7)$$

$$\delta(liner) = 1.189 \times 10^{-4}m \times 121 = 0.014m \quad (8)$$

$$E_{shell} = \frac{1}{2}k\delta_{shell}^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{560502N}{m} \right) (0.01m)^2 = 28J \quad (9)$$

$$E_{liner} = \frac{1}{2}k\delta_{liner}^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{412952N}{m} \right) (0.014m)^2 = 40J \quad (10)$$

고전적인 헬멧 약 60J 의 에너지가 흡수되었음을 계산을 통해 증명하였다.

## <1차충돌 지면 VS 판스프링>

$$\delta = \delta_{st} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{v^2}{g\delta_{st}}} \right) \quad F_e = W \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{v^2}{g\delta_{st}}} \right)$$

$$E_{spring} = \frac{1}{2}k\delta^2 = \frac{1}{2}(45930N/m)(0.03m)^2 = 20.67J \quad (14)$$

$$E_2 = E_1 - E_{spring} = 73.4J - 20.67J = 52.8J \quad (15)$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times E_2}{m}} = 4.59m/s \quad (16)$$

$$F_{head} = F_e - k\Delta x = 2648N - (45930N/m)(0.03m) = 1270.1N \quad (17)$$

$$\delta_{st} = \frac{WL^3}{3EI}$$

$$\delta_w = \frac{WL^3}{3EI} = \frac{49.18 \times (10cm)^3}{3 \times 21MPa \times \frac{1}{12} \times 7cm \times (5cm)^3} = 1.069 \times 10^{-5}m \quad (11)$$

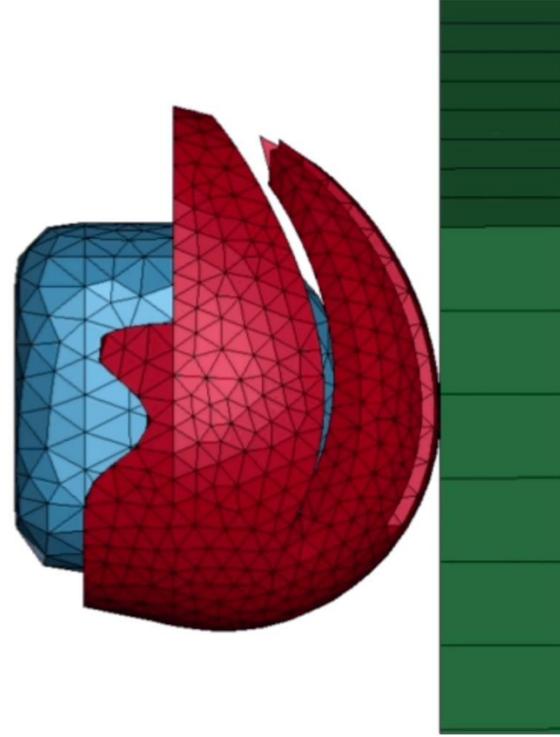
$$F_e = W \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{v^2}{g\delta_w}} \right) = 49.18 \times \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{(5.42m/s)^2}{9.81m/s^2 \times 1.069 \times 10^{-5}m}} \right) = 2648.3N \quad (12)$$

$$\delta = \delta_w \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{v^2}{g\delta_w}} \right) = (1.069 \times 10^{-5}m) \times \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{(5.42m/s)^2}{9.81m/s^2 \times 1.069 \times 10^{-5}m}} \right) = 0.057m \quad (13)$$

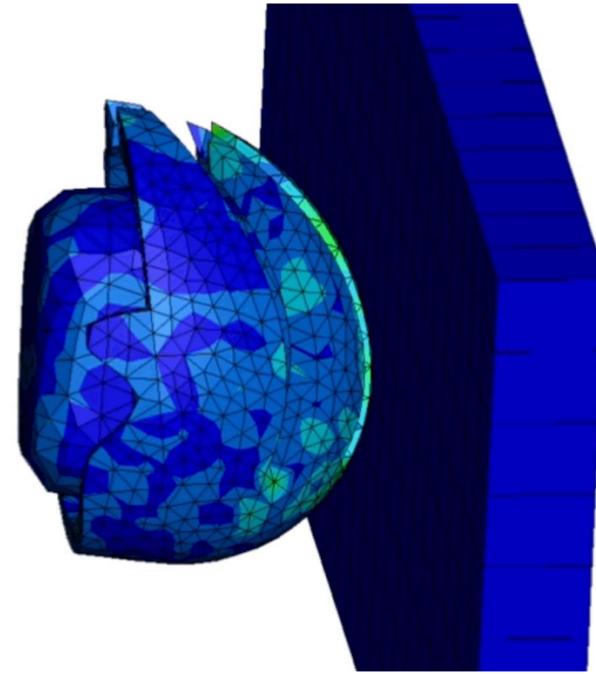
=> 0.057m의 처짐 발생 결과값 도출

MELT 헬멧의 기존 헬멧과 같은 조건에서 충격흡수 에너지는 52.8J 로,  
 스프링 구조가 기존의 헬멧을 대체할 수 있다.

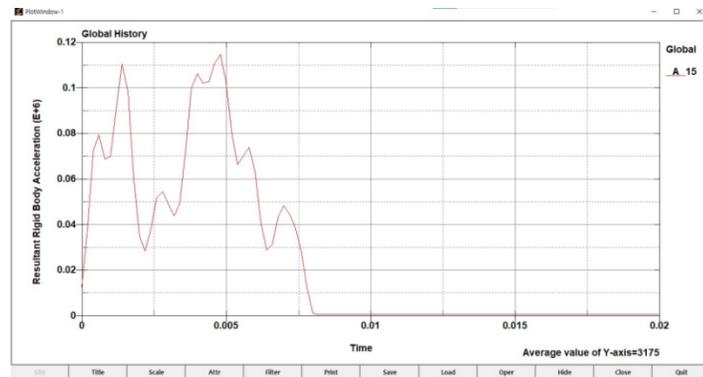
# 성능 검증



[ Finite element analysis ]



[ stress analysis ]



[ Post Processing ]

검증 결과 onyx 소재의 3D 프린팅 을 통하여 제작한 헬멧임에도 400g 의 무게로 기존의 헬멧보다 경량화 하였다.  
또한 국가기술표준원의 안전 기준을 통과하는 가속도를 얻었다.  
옆면 지지부에 가해지는 압력도 논문에서의 상해 이하 값인 21MPA 이하 로 안전한 헬멧임으로 확인하였다.

# 프로토타입 제작



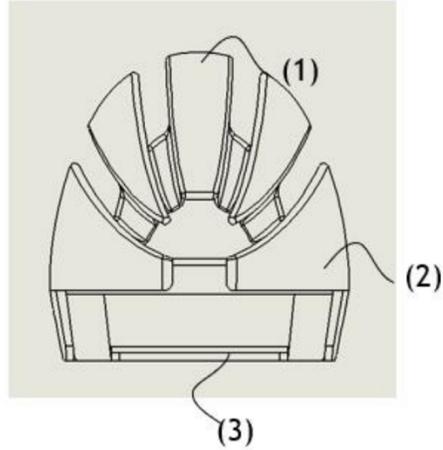
[ 1차 프로토타입 ]



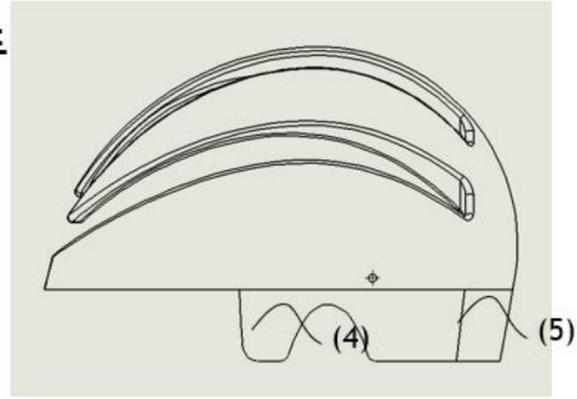
[ 2차 프로토타입 ]

# 특허 출원

전면도



측면도



[청구항 1]

Shell 과 Liner의 고전적인 헬멧 구조에서 벗어나, 스프링이 탄성 변형되며 Liner의 소성변형과 Shell의 응력 집중을 막아주는 역할을 뒤쪽과 옆쪽의 지지부로 이어진 헬멧의 지지부와 Spring의 역할을 하게 되는 body가 대신하여 충격을 줄여주는 헬멧.

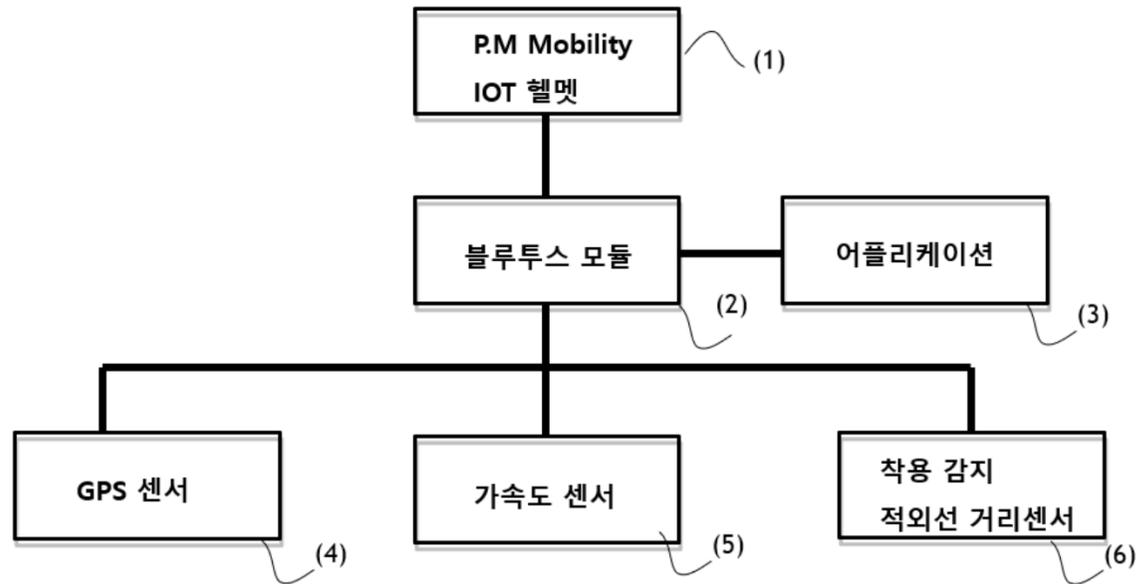
[청구항 2]

제1항에 있어서, 옆면의 water pack 구조 물이 헬멧과 머리를 지지하는 연결부의 역할을 하여 충격을 줄이고, 그에 맞는 gel type 라이너를 사용하였다. 기존 liner가 eps 소재인 반면 gel type과 그 팩에 담긴 라이너의 경우 다 회 충격에도 머리를 보호하는 기능적 요소에서 준수한 성능을 보인다.

- 방법의 특허 -

[청구항 3]

제1항에 있어서, PM Mobility이용 모델에 맞춘 IOT 헬멧이다. 기존 헬멧의 도난 분실 사고를 대비하여, 가속도 센서, 착용 감지 적외선 센서, 위치 정보를 안내 하기 위한 GPS 센서로 이루어진 모델이며 블루투스 통신을 통하여 스마트폰 대여 어플리케이션과 연결된다.



# 기업 협업 HJC



## 전세계 1위 헬멧 업체 '흥진 헬멧'

[아주대학교 헬멧 제작 팀] 기술 관련 문의

받은

김범진 <honna19@ajou.ac.kr>  
ajou에게

안녕하십니까 아주대학교 팀 MELT입니다.

지난 번요청 헬멧 제작 관련 협업 문의 두번은 저희  
및가지 질문드리고 싶은게 추가적으로 있어 확답 남겨 놓습니다.

저희 현재 상황 먼저 설명 드리겠습니다.  
우선 저희가 설계한 헬멧은 Shell 과 Liner 의 고연성인 구조가 아닌,  
접착 접합-스캐폴드 이용하고, 머리와 떨어진 이격으로,  
스프링처럼 변형되어 충격으로 부터 머리를 보호하는 헬멧입니다.  
만스틸이나 다이아프탈 스프링을 생각하시면 될 것 같습니다.

위상적으로도 머리와 닿는 부분이 적고 볼록과 사용자의 볼록함을  
개선시킨 것이 저희의 헬멧의 장점이며, 공유형 헤드셋이나 자전거 헬멧시장등을 타겟하여 설계를 진행하였습니다.

FEA 상 자유변위 실험으로 몇가지 설계변수를 계속 변경하며  
가속도 값과, 디자인의 최적점을 찾아가는 과정에 있습니다.

또한 프로토타입 1차 제작이 완료된 상태입니다.

LS - Onna라는 프로그램을 이용하여, 최대한 실제와 같은  
충격 시뮬레이션을 진행하고 있습니다.

실제 충격 상황에서의 가속도를 측정할 실험 장비를 가지고 있지 않아,  
설계의 검증이 끝나지 않았습니다.

이런 상황에서 협업을 제안하는 것이 저희도 부족한 점이 있다고 생각이 많이 듭니다.

1. 실제 헬멧을 생산하기 전, 프로토타입을 제작하고 센서로 안전성을 평가하는 장비를 보유하고 계신지가 궁금합니다.

2. 저희가 협정한 설계변수와 디자인과정을 마치고 실제 헬멧을 제작하면, 제작한 헬멧을 가지고 실제 충격 실험을 진행하실 수 있으리 혼의드립니다.

3. 특히 동축을 목표로 하고 있지만, 저희는 경험으로서의 가치를 중요하게 생각하고 있으며 헬멧의 기술력과 관련 재산권은 확보하고 있지 않습니다. 혹시 기술적으로 저희가 손상하기 전의 과정이라도, 함께 연구를 진행할 수도 있는 것이지?

위 사항들에 대해서 답변 드립니다.

반말기 간담유하시길 바라겠습니다.  
감사합니다.

11월 14일 (화) 오후 9:17 (14일 전)



유창재

나에게

안녕하세요, HJC 개발본부입니다.

아주대학교, Team MELT 김범진 팀장님.

우선, HJC 및 헬멧에 많은 관심을 가져주셔서 감사합니다.

문의사항에 대한 답변입니다.

헬멧의 안정성을 평가하기 위한 장비는 보유하고 있습니다. 다만, 설계과정에서 고려하셨지만 헬멧은 안전용품으로 분류되기에 여러가지 까다로운 평가 기준이 존재합니다.

Proto Type의 유효성 평가를 위해서는 설계 정보(Shell 재질, 성형방법, Liner 구조, 내피 유/무, 중량 등)가 수반되어야 합니다만, 첨부 사진만으로는 요소들을 파악하기 매우 어렵습니다.

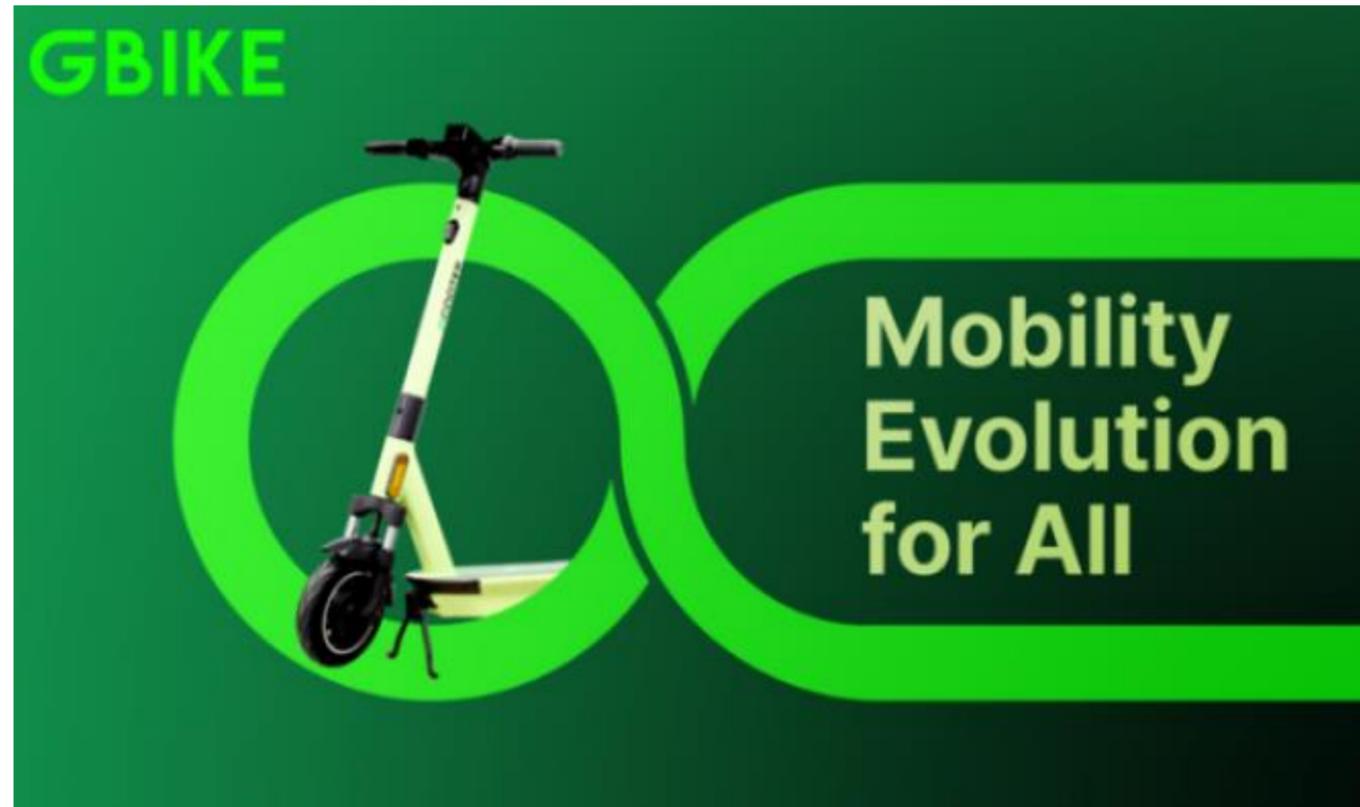
문의2,3번에 대한 지원을 위해서는 HJC의 많은 Human Resource가 투입되어야 하는 바, 보다 상세한 기술 설명을 요청합니다.

이상입니다.

HJC 개발본부 유창재 배상.

HJC 내부 팀 회의를 거쳐, 제작 방법과 기술지원 및 협업을 진행하기로 계획

# 시 운영



**12월 4일** 월요일

아주대학교 학생 대상으로

3차 프로토타입 헬멧 시 운영 계획

사회적 문제에, 과학기술을 녹인다.  
파란학기 'MELT'