

Module-type bicycle accessory design research focusing on bicycle user convenience by applying S Foam Core

Yu-Jin Park, Sung-il Song[†] and Seung-Min Kang

International Graduate School of Design Convergence, Hanseo University, Seosan 31962, Korea

(Received January 21, 2019)

(Revised January 31, 2019)

(Accepted February 8, 2019)

Abstract Carbon material was used for the new module-type bicycle accessory focusing on the user convenience through service design methodology. In the case of using the existing carbon material, the impact could not be endured while riding the bicycle and there was the case of breaking. To resolve this kind of problem, the new type of material (S Foam Core material) was applied. The intensity, twist intensity, shock absorbing power, and vibration were measured for the existing carbon material and the S Foam Core material. As a result, the S Foam Core material showed more outstanding results than the existing carbon material. This study produced prototype with the S Foam Core material to verify the performance through tests and report the result.

Key words Carbon, S Foam Core, Manufacture, Bicycle accessories, design

S Foam Core를 적용한 자전거 사용 편의성에 중점을 둔 모듈형 자전거 액세서리 디자인 연구

박유진, 송성일[†], 강승민

한서대학교 국제융합디자인전문대학원, 서산, 31962

(2019년 1월 21일 접수)

(2019년 1월 31일 심사완료)

(2019년 2월 8일 게재확정)

요약 서비스디자인 방법론을 통해 사용 편의성에 중점을 둔 신개념의 모듈형 자전거 액세서리를 탄소 소재를 이용하여 개발하였다. 기존의 탄소 재질을 사용할 경우 자전거 주행 중 충격에 견디지 못하거나, 파손 현상이 발생하였으며, 이러한 문제점을 해결하고자 새로운 소재(S Foam Core 소재)를 적용 하였다. 기존 탄소 재질과 S Foam Core 소재의 강도, 뒤틀림 강도, 충격흡수 및 진동감쇄 측정을 하였고, S Foam Core가 적용된 제품이 기존 탄소 소재 보다 더 우수한 결과를 얻었다. 본 연구에서는 S Foam Core 소재로 프로토타입을 제작하여, 자체 실험을 통해 검증하였고, 이를 보고하고자 한다.

1. 서론

경제 성장과 주 40시간 근무제 시행에 따른 여가 시간의 증가, 건강 및 웰빙에 대한 관심의 증가, 친환경 스포츠의 선호로 인해 여가 스포츠의 보편화가 이루어지고 있다. 자전거타기가 생활 스포츠에서 레저 스포츠화가 되고 대대적인 자전거 도로의 확장으로 자전거를 탈 수 있는 환경이 조성되고 있다. 이런 사회적 흐름에 따라 자전거 이용 인구가 현저히 늘어났다. 자전거 이용자들이 늘어남에 따라 자전거 충돌사고, 자전거와 부속품

들의 도난과 같은 자전거 문제도 증가했다[1].

그에 따라 자전거 액세서리(부속품)에 대한 다양한 기능, 재질 등에 대한 요구가 증대되고 있는 상황이다. 이 연구는 자전거 액세서리 편의성, 기능 향상을 위한 제품 개발을 하고자 한다. 기존 자전거 액세서리는 핸들부위에 거치대를 결합하여 부착이 필수적이며, 부착된 거치대 및 액세서리는 자전거 충돌 및 사고 시에 탑승자에 직접적인 충격을 줄 수 있어 이에 대한 보안, 수정이 필요할 것으로 생각된다. 따라서 탑승자에게 위험적인 요소가 되지 않으면서, 사용자에게 편의성을 제공할 수 있는 액세서리의 기준 방향을 설정하고, 적합한 디자인을 개발하여 시제품을 제작하고 실주행 테스트를 통해 검증하고자 하였으며, 보다 자전거 사용 환경에 적합한 재질

[†]Corresponding author

E-mail: alabama9@naver.com

을 선정하고자 한다. 자전거 소재로 주목받고 있는 Full Carbon과 S-Foam Core Carbon을 이용하여 디자인 개발을 진행하였고, 자체적인 주행 테스트를 통해 얻은 결과로 최적의 소재를 적용하였고, 이를 보고하고자 한다.

2. 자전거 액세서리 제작 공정, 디자인개발 및 실험

S Foam Core를 적용한 자전거 사용 편의성에 중점을 둔 모듈형 자전거 액세서리 디자인 연구를 진행하기 위해 영국 디자인 카운슬의 더블 다이아몬드에 의해 프로세스를 진행한다.

더블 다이아몬드 프로세스는 반복적인 확산과 수렴을 통해 사용자 편의성에 중점을 둔 제품 개발에 적합한 프로세스이다. 서비스 디자인 방법론 중 하나인 설문조사를 진행하였다. 설문조사는 자전거 액세서리를 구매 시 수요자의 요구사항, 구매 동기, 구매 방법, 액세서리 종류 등을 확인하기 위해 진행되었으며, 설문조사인원은 135명(자전거 대리점주 50명, 자전거 생활체육자 54명, 연성대학교 디자인 관련 학과 18명, 일반 소비자 13명)에게 설문조사를 진행하였다. 설문조사이후 동서남북 자전거 동호회 회원 11명과 함께 심층인터뷰를 진행하였다. 심층인터뷰의 내용을 구름단어기법을 사용하여 표현하였으며, 이를 통해 핵심키워드를 도출 하였고, 이를 토대로 사용 편의성에 중점을 둔 모듈형 액세서리 디자인

을 하였으며, 개발된 디자인을 Full Carbon 소재를 사용하여 시제품으로 제작하여 실주행 테스트를 진행하였다. 실주행 테스트에서 문제가 발생하여 문제를 해결할 수 있는 S Foam Core 소재를 선정하였고, S Foam Core와 Full Carbon의 비교를 위해 압축 휨강도와 뒤틀림 강도, 진동감쇄에 대한 특성을 비교하였다. 휨강도와 뒤틀림 측정 장치는 자체개발한 측정 장치를 사용하였다. 진동 감쇄실험기(SV analyzer, 시그널링크(주)(signallink)사, Korea)를 사용하여 진동 감쇄 및 충격 흡수 실험을 진행하였다. 이후 S Foam Core와 Full Carbon을 실착하여 실주행 테스트를 진행하였다. 실주행 테스트의 코스로는 총 1 km의 산악코스를 기준으로 진행하였으며(아스팔트 포장도로 200 m, 비포장도로 300 m, 자갈밭 100 m, 흙과 잔디밭 400 m), 약 13 km/h의 평균속력으로 산악코스 통과를 10회 반복하였다. 실주행 테스트결과를 비교하여 자전거 액세서리에 S Foam Core와 Full Carbon의 적합성을 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 설문조사 결과

자전거 부속품 구매하는 기준, 가장 중요하게 생각하

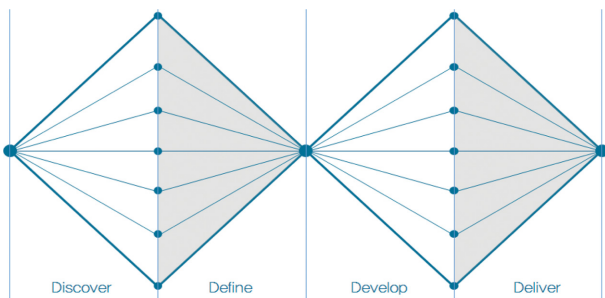


Fig. 1. Double diamond design process [6].

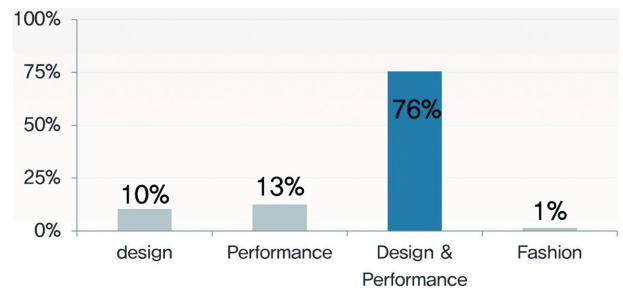


Fig. 2. A graph of bicycle accessory purchase criteria survey results for questions.

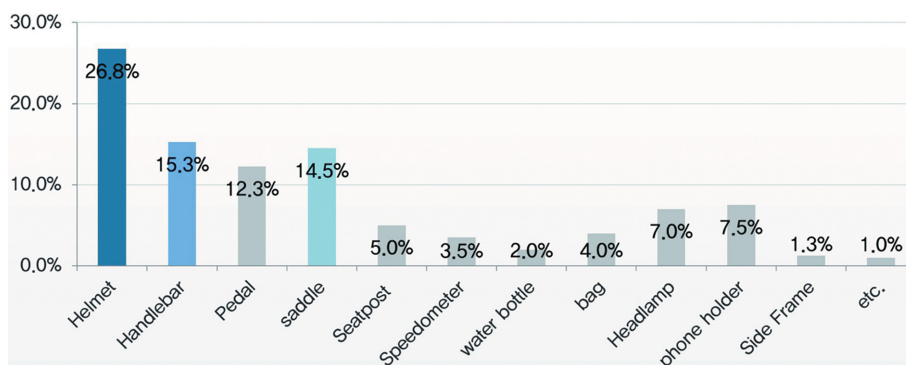


Fig. 3. A graph of most important accessories survey results for questions.

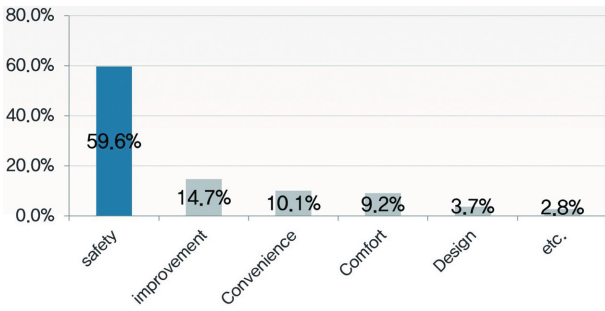


Fig. 4. A Graph of the most important element of accessories survey results for questions.

는 액세서리, 액세서리에서 가장 중요하게 생각하는 요소를 중심으로 조사를 진행했다.

자전거 액세서리를 구매하는 가장 구매요소는 디자인과 성능이 76%로 가장 높았고, 성능 개선 13%, 디자인 10%로 순으로 나타났다.

액세서리 종류 중 가장 중요한 품목은 단일 품목으로 헬멧이 28.2%로 가장 높게 나타났으나 핸들바 15.3%, 전조등 7.2%, 휴대폰 거치대 7.2%, 속도계 3.7%로 핸들 및 핸들에 부착하는 액세서리의 비중이 33.4%로 나타났다.

선택한 액세서리의 중요한 이유로는 안전이 59.6%로 과반수가 선택했으며, 성능 개선 효과 14.7%, 편리함 10.1%로 나타났다.

설문조사 결과로 자전거 액세서리는 편리성, 안전성이 함께 고려되어 디자인하여야 한다는 것을 알 수 있었다.

3.2. 심층 인터뷰 결과

동서남북 자전거 동호회 회원 11명과 함께 심층 인터뷰를 진행했다.

인터뷰 결과 다양한 의견을 얻을 수 있었다. 다양한 의견을 보기 쉽도록 단어구름기법을 활용하여 나타내었다.



Fig. 5. Keywords of Service design in wordcloud Interview.

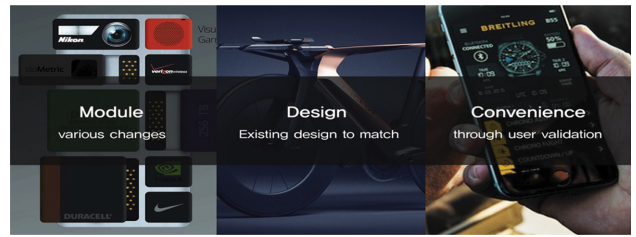


Fig. 6. Keywords of development of module-type bicycle accessory.

3.3. 핵심키워드 도출

설문조사와 심층 인터뷰를 통해 얻은 키워드를 활용하여 핵심 키워드를 정리한 모습이다. 모듈화를 통해 소비자의 다양한 수요를 충족시킬 수 있는 요소이다. 디자인의 요소로 기존의 자전거 디자인과 어울리는 액세서리 디자인에 대한 수요가 굉장히 높게 나타났다. 편의성으로는 쉽게 설치할 수 있고 쉽게 탈착하여 도난을 방지하는 것이 중요하게 나타났다. 이 핵심키워드를 사용자 중심으로 디자인을 진행하기 위해서는 모듈화가 가장 먼저 확보되어야 한다. 하지만 제품을 모듈화를 진행하면 제품의 내구성이 떨어지게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 기존의 자전거 액세서리에 사용되는 소재보다 더 견고한 재질을 사용해야 한다.

3.4. 디자인

핵심 키워드를 중심으로 디자인을 진행하였다. 개발된 자전거 액세서리는 기존 자전거 핸들바 속 빈 공간에 배터리를 설치하고, 마그네틱 결합을 이용하여 다양한 모듈을 사용할 수 있도록 디자인 되었다. 별도의 거치대를 부착하지 않아 기존 자전거 액세서리 보다 안전성이 높으며, 또한 기존 자전거 디자인을 훼손하지 않아서 사용자의 수요에 적합하게 디자인되었다. 사용자는

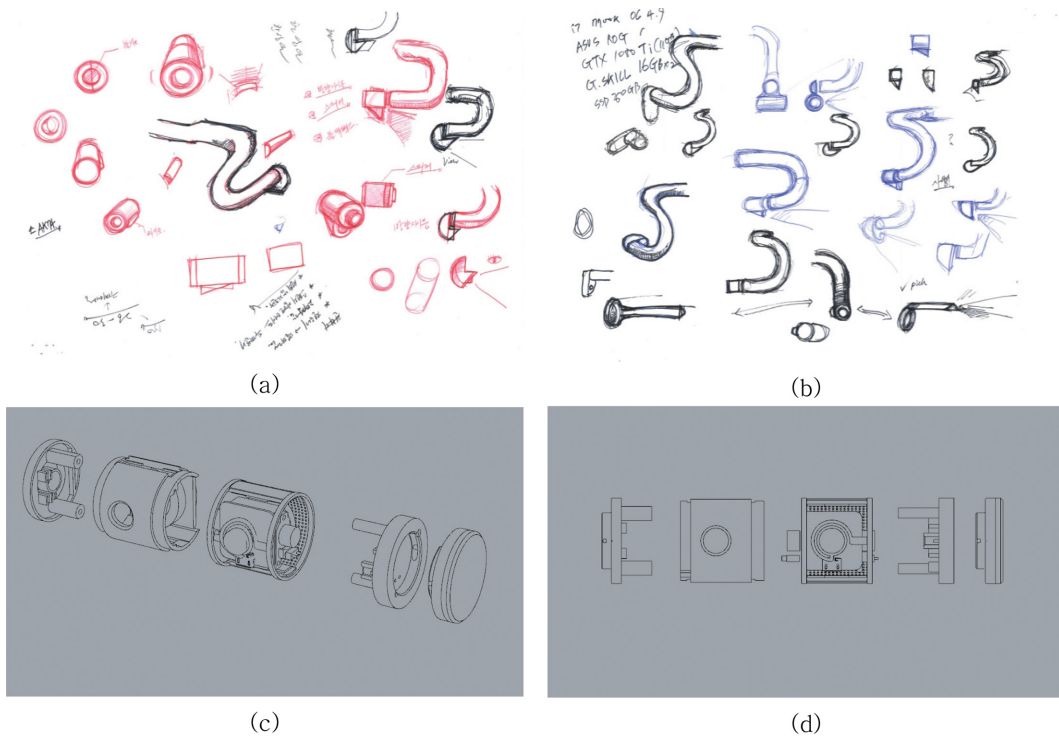


Fig. 7. Drawing of module-type bicycle accessory sketch (a, b) and blueprint (c (perspective view), d (front view)).



Fig. 8. The photographs of module-type bicycle accessory attachment type (left) and combination method (right).

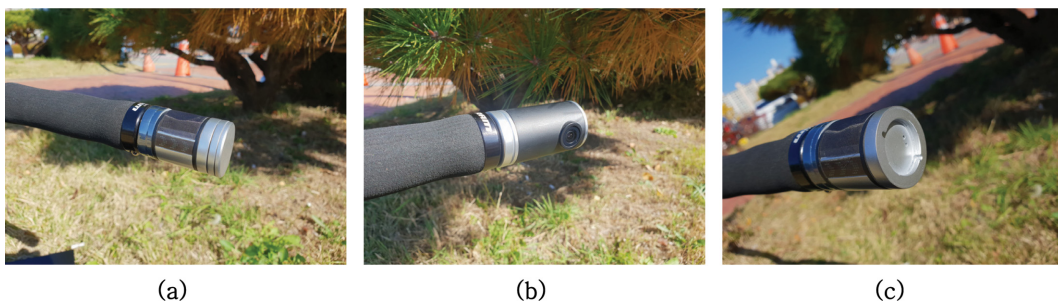


Fig. 9. The photographs of Module-type bicycle Accessory Prototype turn signal (a), dash cam (b) and speaker (c).

핸들이 조금 늘어나는 것만으로 다양한 모듈을 사용할 수 있도록 디자인 되었다. 모듈은 방향지시등, 스피커, 블랙박스 등 다양한 모듈을 필요에 의해 사용할 수 있으며, 마그네틱 결합으로 쉽게 탈착이 가능하여 자전거를 외부에 거치할 경우에는 탈착하여 사용자가 직접 소지하여 도난에 대한 문제를 해결하였다.

3.5. 시제품 제작

ABS로 제작된 자전거 액세서리(Fig. 8)을 자전거에 부착하여 MTB 환경인 산악코스(아스팔트 포장도로 200 m, 비포장도로 300 m, 자갈밭 100 m, 흙과 잔디밭 400 m) 약 13 km/h의 평균속력으로 주행을 10회 반복하였

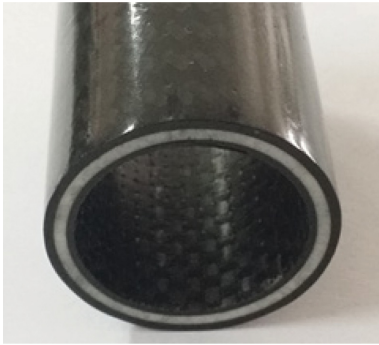


Fig. 10. The photographs of S-Foam Core cutting plane.

다. 1 km의 주행을 반복하여 총 9회 진행하였으며, 비포장도로 및 자갈밭에서의 충격을 흡수하지 못하고 제품에 균열이 가거나 자전거 액세서리가 정상적인 작동을 하지 않는 것을 발견할 수 있었다. 이를 통해 산악코스를 주행해도 제품의 정상적인 작동을 할 수 있는 재질을 Full Carbon과 S-Foam Core를 선정하여 실험을 통해 자전거 액세서리에 적합한 재질을 찾고자 한다.

3.6. 소재 평가

S-Foam Core 소재를 이용하여 모듈형 자전거 액세서리의 기본 구조를 제작하였다. 이 소재는 S-Foam Core 방식으로 제작된 탄소 섬유 튜브[2](특허출원번호: 1020130163924 등록번호: 1015646600000 탄소나노튜브를 이용한 자전거 프레임의 제조방법)를 사용하였다. Fig. 10의 기본 구조로 기존 Full Carbon소재와 객관적인 데이터 값을 비교할 수 없어서 S-Foam Core 소재와 Full Carbon 소재의 래미네이트 시판을 사용하여 소재 평가를 진행했다.

동일 중량의 Full Carbon과 S-Foam Core로 제작된 래미네이트 시판(Fig. 10 참고)을 가지고 강성테스트, 뒤틀림테스트, 진동감쇄 테스트를 진행하였다. 모든 실험은 상온에서 시행되었다. 인장강도 실험은 Full Carbon과 S-Foam Core 래미네이트를 비교 실험하였으며, 50 kg씩 늘려가며 실험하였다.

비틀림 강도 실험도 동일중량의 Full Carbon과 S-Foam Core 래미네이트 시판을 가지고 실험을 진행하였으며, 300 kg씩 증가시키는 실험하였다.

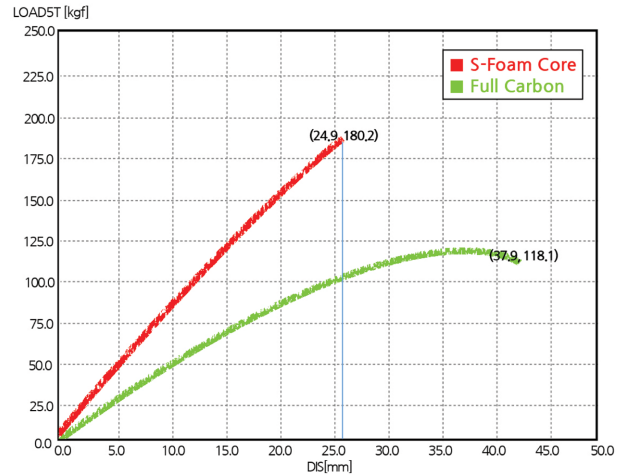


Fig. 12. A graph of compressive strength test result for full carbon and S-foam Core laminate samples.

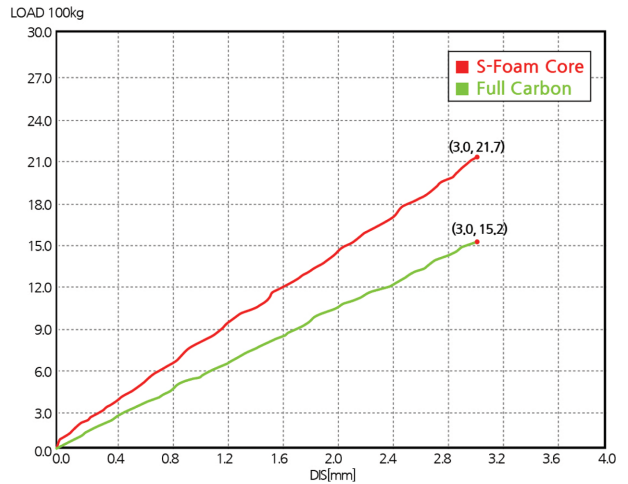


Fig. 13. A graph of shear strength measurement results of full carbon and S-foam Core laminated samples respectively.

진동감쇄 실험은 동일 중량의 Full Carbon과 S-Foam Core, Foam의 래미네이트로 실험하였으며, 100 g의 동일 충격을 주어 실험하였다.

Fig. 12를 보면 S-Foam Core 180.2 kgf에서 파괴되는 반면 Full carbon 래미네이트는 약 75~100 kgf에서 변형이 일어나는 것을 보여준다. 이는 S-Foam Core의 인장강도가 50% 정도 높은 것을 보여준다. 주행 중 여러 가지의 충격을 견뎌야 하는 자전거 액세서리 특성에는

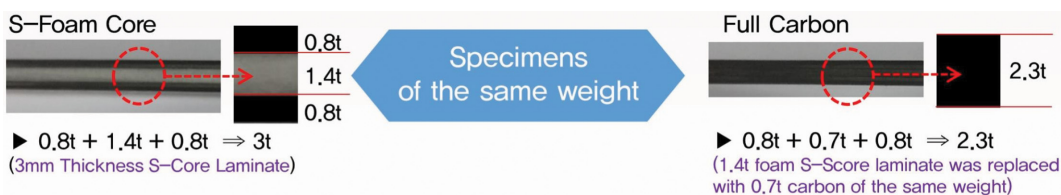


Fig. 11. A schematic drawing of experimental laminates S-foam Core (left) and full carbon (right).

Table 1
Results of laminate compression test

	Stiffness (kgf)	Jig move distance
Full carbon	15.2	30 mm
S-Foam Core	21.7	30 mm

S-Foam Core가 더 적합할 것으로 나타났다.

같은 중량으로 제작된 시편(Fig. 11 참고)을 가지고 뒤틀림 강성실험을 시행하였다. S-Foam Core는 Full Carbon 시편에 비해 약 50% 정도의 비틀림 강성을 가지고 있는 것으로 나타났다(Fig. 13 참고).

Fig. 14는 진동감쇄 실험으로 인장강도 실험과 마찬가지로 동일 중량 Full Carbon, Foam, S-Foam Core의 래미네이트를 이용하여 진동감쇄실험을 실시하였다. 진동감쇄 실험에서 Full Carbon 충격 후 0.025 sec 이후 진동을 거의 감쇄한 것으로 보인다. Foam은 일반적인 복합재를 사용하였으며, 테스트의 객관성을 확보하고자 추가하였다. Foam은 충격 후 0.01 sec 안으로 진동이 감쇄한 것을 볼 수 있다. S-Foam Core는 0.01 sec 이후 진동의 거의 감쇄한 것을 볼 수 있다. 진동감쇄 또한 S-Foam Core가 Full Carbon에 비해 뛰어난 성능을 보이고 있어 자전거 액세서리에 적합한 것을 알 수 있었다.

S-Foam Core 소재는 일반적인 Full Carbon 중심에 제조된 합성 수지(접착제)를 사용함으로써 접착강도가 160 kgf/cm² 이상일 수 있으며, 접착강도가 30% 이상



Fig. 15. The photographs of set to bicycle handle cam (a) and turn signal and speaker (b).

개선할 수 있다. 접착제 소재에 포함되는 합성고무(부틸고무(isopreneisobutylene rubber: IIR), 아크릴고무(acrylic rubber))가 포함되어 있다. 이러한 합성고무는 신축성을 내포하고 있어 외부 충격을 흡수하는데 효과적이다. 이러한 합성수지를 이루는 소재 때문에 기존 Full Carbon 재질보다 강성, 뒤틀림, 진동감쇄에서 더 뛰어난 성능을 보인다.

3.7. S-Foam Carbon 시제품 제작

최종적으로 선정된 재질인 S-Foam Core의 재질을 활용하여 자전거 액세서리를 제작하였고(Fig. 15) 각 모듈의 연결부위를 알루미늄으로 제작하여 보다 충격과 마모에 많은 저항을 가지도록 제작되었다.

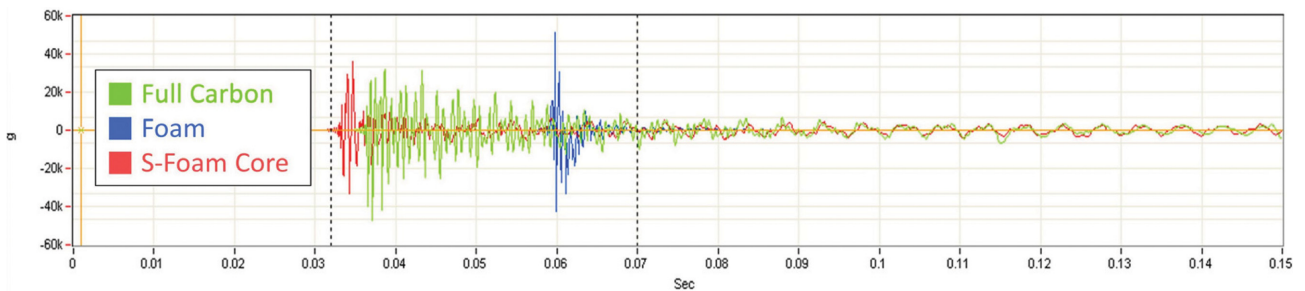


Fig. 14. A graph of the results of vibration attenuation test for full carbon, foam and S-Foam Core.

Table 2
Drive test result of test product in mountain course

	Trial test No.	ABS prototype	Trial test No.	S-Foam Core prototype
Appearance	8	Crack evolution	-	-
	4,5,6	Temporary outage		
Turn signal	8	An operational error	-	-
	9	Cease operation		
Speaker	2,3,4,5,6,7,8	Temporary outage	7	Temporary outage
	9	Cease operation		
Dash cam	2,3,4	Temporary outage		
	7	An operational error	-	-
	9	Cease operation		
Mileage x No. (total mileage)		1 km × 9 (9 km)		1 km × 10 (10 km)

S-Foam Carbon으로 제작된 프로토타입을 기존 ABS 프로토타입과 같은 환경에서 산악코스를 주행을 하고 비교해 보았다. 같은 자전거를 가지고 산악코스 1 km (200 m 포장도로, 300 m 비포장도로, 100 m 자갈밭, 400 m 흙길과 잔디밭) 총 10회 주행한 결과를 비교했다.

ABS 프로토타입은 총 10회의 테스트 중 9회의 테스트에서 모든 기능이 정지하여 10회의 테스트를 진행하지 못했다. 2회에서부터 일시적인 작동 중지가 발생하였으며, 7회 8회차에서는 작동 오류가 발생하고, 9회차에서는 모든 모듈이 작동이 중지하는 결과를 얻을 수 있었다. 그에 비해 S-Foam Core 프로토타입은 총 10회 주행 중 7회에서만 스피커에서 블루투스 연결 문제로 인해 일시적인 작동 중지 현상이 나타난 것을 제외하고는 문제가 발생하지 않았다. S-Foam Core로 제작된 프로토타입이 ABS 프로토타입에 비해 자전거 환경에서의 충격을 흡수하여 제품에 큰 충격이 가지 않도록 하는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구를 통해서 서비스디자인 방법론을 이용하여 사용자 편의성에 중점을 둔 자전거 액세서리를 개발하였으며, Full Carbon과 S-Foam Core 라미네이트를 뒤틀림 실험, 강도실험, 진동감쇠실험을 통해 각 재료의 특성을 파악하였으며, 각 재료의 프로토타입을 이용하여 자체 실험 주행 테스트를 통해 자전거 주행에 있는 충격에 대한 적합성에 대해 실험을 진행하였다. 주행 테스트를 통해 자전거 액세서리 재질에 있어 S-Foam Core 재질이 자전거 액세서리 재질로 적합하다는 결과를 얻었으며, 이를 통해 자전거 액세서리 개발에 있어 보다 사용자 편의에 중점을 디자인을 개선할 수 있었다.

본 연구가 자전거 시장 및 관련 액세서리 시장의 새로

운 방향제시와 아울러 S-Foam Core 소재의 활용성도를 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 한서대학교 2017년도 대학원생 교내연구과제 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] M.J. Choi, "All-in- one bike stem system to promote convenience and safety for bike riders" (2016) p. 1.
- [2] Win&Win Co., "Method of manufacturing a bicycle frame using a carbon nanotube", Pat. reg. 10-2015-0075707 (1997).
- [3] N.C. Park, "A Study on Context-oriented Persona Modeling Method in UX Design" M.S. Thesis (Seoul National University of Science And Technology, 2017) p. 43.
- [4] K.T. Kim, H.S. Kim and S.M. Kang, "A study on the design for the road bike frame made by carbon fiber materials", J. Korean Cryst. Growth Cryst. Technol. 27 (2017) 178.
- [5] M.K. Seo and S.J. Park, "Manufacturing method of carbon fibers and their application fields", Polymer Sci. Tech. 21 (2010) 130.
- [6] J.H. Choe, S.S. Bae, J.H. Kim and S.Y. Yun, "UX Contents Development of Smart Headwear for bicycle user", Proceedings of HCI Korea, 2 (2017) p. 216.
- [7] J.M. Lee, B.G. Sim, I.S. Back, Y.S. Sin and H.Y. Lee, "Bicycle Assistance System for Safe Riding", The Proceedings of the 2018 KIIT·DCS Summer Conference (2018) 173.
- [8] Y.S. Lim, "An analysis on relationship among leisure consumption tendency intention of bicycle club participants", Korea Entertainment Industry Association 11 (2017) 117.