

A study on the design for the road bike frame made by carbon fiber materials

Ki-Tae Kim^{***}, Hyun-Sung Kim^{***,†} and Seung-Min Kang^{***}

^{*}Designmeo Group Inc., Suwon 16702, Korea

^{**}Dept. of Convergence Design, Hanseo University, Seosan 31962, Korea

^{***}International Graduate School of Design Convergence, Hanseo University, Seosan 31962, Korea

(Received June 15, 2017)

(Revised June 30, 2017)

(Accepted August 11, 2017)

Abstract Carbon fiber frames are actively developed for developing carbon fiber frames as the material of the next generation of bicycle frames, and are currently being developed with carbon fiber frames, hardness, shock absorption, light intensity, and strength. The carbon fiber bike models require a premium, differentiated design concept, which is essential to the development of a conceptual and differentiated design, requiring the development of essential structural structures, safety and refinement, and more of their own identity. In this study, a personal and unified image was derived from the research of the needs of consumers and image analysis process and then in the practical design work, the road bike bicycle frame design was proposed targeting the frame on the basis of carbon fiber materials.

Key words Light weight, Road-type bicycle, Carbon-fiber, Carbon frame, The structure of a bicycle, Bicycle frame material, Bicycle frame design

나노탄소섬유소재(Carbon fiber)를 활용한 로드형 자전거에서의 프레임 디자인 개발에 관한 연구

김기태^{***}, 김현성^{***,†}, 강승민^{***}

^{*}(주)디자인네오그룹, 수원, 16702

^{**}한서대학교 융합디자인학과, 서산, 31962

^{***}한서대학교 국제디자인융합전문대학원, 서산, 31962

(2017년 6월 15일 접수)

(2017년 6월 30일 심사완료)

(2017년 8월 11일 게재확정)

요 약 탄소섬유가 차세대 자전거 프레임의 소재로 자리잡아감에 따라 각 제조사별로 탄소섬유 프레임 개발을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 현재도 탄소섬유의 강성, 내구성, 충격흡수, 경량화, 강도를 중시하며 개발되고 있다. 또한 탄소섬유 자전거모델은 고가 제품으로써, 이에 맞는 개성적이고 차별화된 디자인 컨셉의 제품이 필요하며, 기본적으로 요구되는 구조 역학적 프레임의 개발이 중요하고, 안전성과 조형성이 뛰어난 제품개발과 무엇보다도 자기만의 아이덴티티(Identity)가 필요하다. 본 연구에서는 소비자 요구의 조사연구와 이미지 분석의 과정을 통해 개성적이고 통일된 이미지를 도출하였고, 본 디자인 개발에서는 최근 수요가 급증하고 있는 로드형 자전거를 타겟으로 잡아 탄소섬유를 소재로 한 자전거 프레임 디자인을 개발하고 제안하였다.

1. 서 론

21세기 사회 변화는 친환경, 녹색성장이 미래 성장 동력의 중요한 축으로 인식됨에 따라 자전거에 대한 관심

이 높아지고 있다. 지속적으로 자전거 시장은 레저 산업의 발전으로 탄소섬유자전거를 중심으로 한 고급형 시장이 성장하면서 국산 탄소섬유 자전거의 기술 개발의 확대가 중요시 되어가고 있다. 그에 따른 최근 자전거 업계에서도 화두가 되는 핵심요소는 경량화다. 자전거의 경량화에서 가장 중요한 부분인 프레임(FRAME)은 전체적인 무게를 좌우할 뿐만 아니라 가벼울수록 주행 시

[†]Corresponding author
E-mail: khs102402@naver.com

직진성이 좋아지고 날렵한 주행이 가능하다. 이와 맞춰 탄소섬유라는 소재가 대두되고 있으며 현재 모든 분야에 적용될 만큼 탄소섬유 소재를 이용한 경량화 산업의 비중이 확대됨에 따라 급부상하고 있다[1]. 기존 강철 같은 소재보다 무게가 1/5분이 가볍고 내구성이 10배의 강도가 있어 첨단소재로 각광 받고 있어 자전거 프레임의 변화와 경량화 추세가 한층 더 가속화 될 것으로 보인다.

이에 사용자의 요구사항 및 경향에 따라 온로드(on-road) 자전거의 선호, 경량화 자전거의 인기 등 시장 경향을 감안해 제품을 출시하여 사용자를 공략함이 중요시됨에 따라 전반적인 자전거 디자인 개선을 위한 연구가 필요하다.

그 중 로드형 자전거는 도로에 적합한 형태로 빠른 속도의 추구에서 주된 형태변화 요인을 가져왔으며 소재의 다양화로 표현 형태가 다양하게 시도되고 기능의 향상에 따른 고급 자전거의 시장이 형성되었다[2]. 레저용 확산에 따른 사용자의 요구사항이 반영된 경향이 대두되면서 로드형 자전거 프레임의 소재와 디자인적 면에서의 다양한 변화를 가져오게 되었으며 점점 확산되고 있는 추세이다.

본 연구에서는 나노탄소섬유 소재를 코어 형태로 제작하여 활용한, 로드형 자전거 프레임 디자인 발전방향을 모색하고, 로드형 자전거 프레임 디자인을 하는데 있어 기초 자료 및 형태를 제시하며, 사용자의 요구가 반영된 탄소섬유소재 자전거 프레임 디자인연구를 목적으로 하였다. 최근 경량화에 따른 사용자 요구사항을 반영한 탄소섬유 소재를 디자인 중심의 요소로 하였고, 자전거의 경량화 및 탄소섬유 소재에 대한 사용자의 요구사항 및 경향중심으로, 신공법을 통한 개선된 탄소섬유소재의 특성을 기초로하여 자전거 프레임의 소재, 사용자의 요구

사항 조사 및 실 검증을 통한 프레임의 내구성 및 적용성 시험을 통하여 로드형 자전거 프레임에 대한 디자인 방향을 설정하여 결과를 제안하였다.

2. 실험 및 연구방법

본 연구에서 나노탄소섬유를 코어 형태로 제작하였다. 섬유 조직의 제조 방법으로는 Fig. 1과 같이 두 가지 방법이 알려져 있으며, 탄소섬유를 제조하는 공정에 대한 모식도는 Fig. 2와 같다.

Fig. 1의 (a)는 능직(twill weave), (b)는 평직(plain weave)을 말한다. 이와 같은 탄소 섬유를 제조하기 위하여 Fig. 2에서와 같이, 탄화 처리, 흑연화 처리 등을 통하여 섬유로 제작된다[3, 4].

본 연구에서는 S-foam core 방식으로 제조된 탄소 섬유 튜브[5](특허출원번호: 1020130163924 등록번호: 1015646600000 탄소나노튜브를 이용한 자전거 프레임

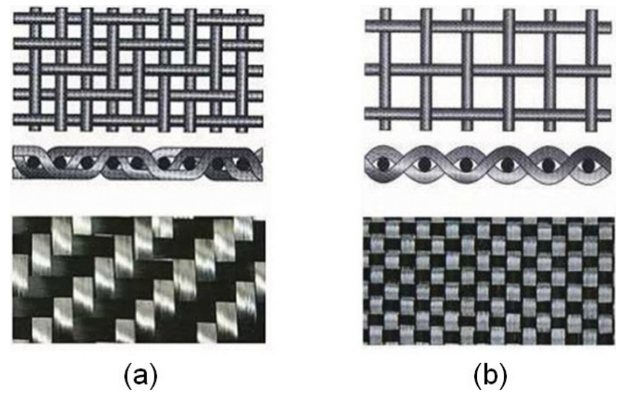


Fig. 1. (a) twill weave and (b) plain weave carbon fabrics.

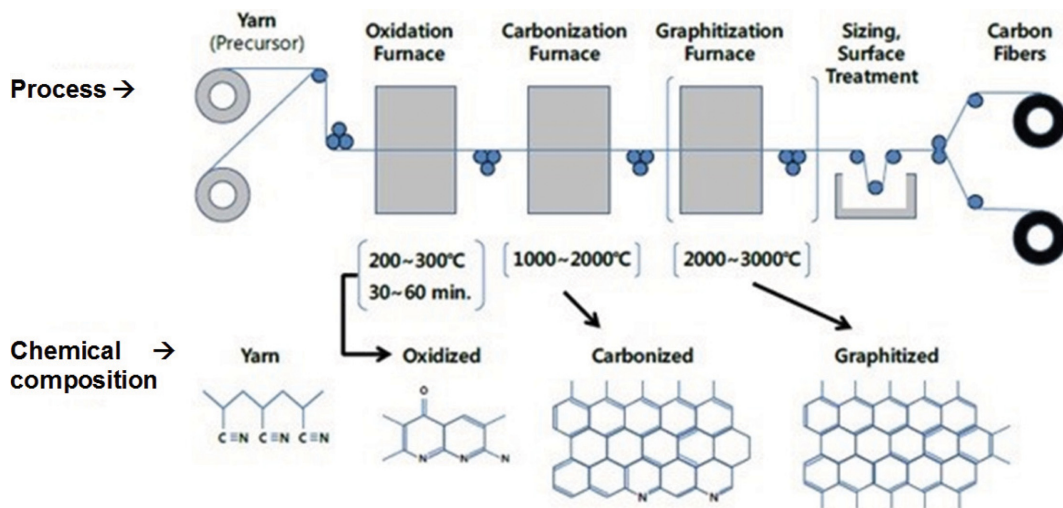


Fig. 2. Schematic diagram of carbon fiber manufacturing process.



Fig. 3. Photograph of full carbon tube (left) and S-core tube (right).

의 제조방법)를 사용하였다(Fig. 3 참조).

본 연구에서는 섬유로 제작된 탄소 섬유를 S-foam core 방식으로 제조된 튜브를 사용하여 디자인을 구상하였으며(Fig. 3의 우측 사진 참조), 카본 파이버를 사용하여 제작한 판상형의 시편과 S-foam laminate를 사용하여 제작한 판상형 시편을 동일 무게가 되도록 하여 이를 시편으로 사용하였다. 준비된 판상형 시편의 모식적 사양을 Fig. 4에 보였다.

카본 sample의 강도를 알아보기 위하여 2점 압축 휨 강도와 비틀림 강도를 측정하였다. 측정 장치는 자체개발한 측정 장치(Fig. 5)를 사용하였으며, 진동감쇄실험기(SV analyzer, 시그널링크(주)(signallink)사, Korea)를 사용하여 충격 흡수 및 진동 감쇄 실험을 진행하였으며, 자전거 프레임 소재로 적용하기 위하여 사용자 조사를 실시하였다.

소재에 대한 실험과 검증을 통하여 실제 적용 가능성을 도출하여 보았다. 디자인개발 프로세스 진행과정은 1) 로드형 자전거프레임 디자인에 대한 컨셉리서치와 방향설정을 진행하였고, 2) 디자인 컨셉리서치와 사용자조

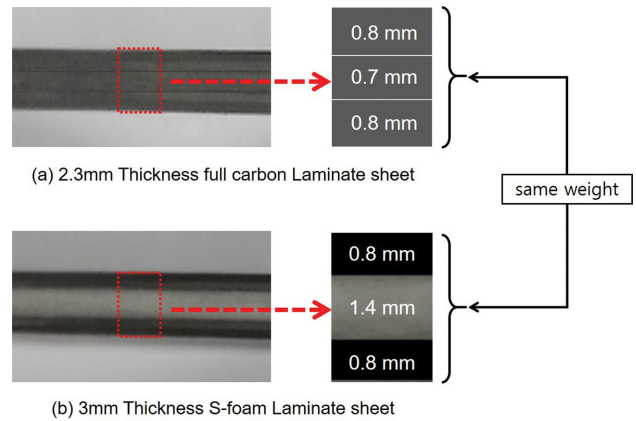


Fig. 4. Prepared plate shape samples of the same weight for measurement.

사를 바탕으로 하여 아이디어 스케치를 진행하였으며, 3) 아이디어 스케치를 바탕으로 하여 2D 렌더링 디자인 시안을 제작하여, 4) 2D 렌더링시안 중에서 최종 도출된 디자인 이미지를 기본으로 하고, 사용자의 행태 및 신체적인 사이즈를 고려하여, 인간공학적 중심의 구조와 프레임의 공학 설계를 바탕으로 3D 형상을 구현하는 과정까지 총 4단계로 진행하였다.

3. 결과 및 고찰

동일 무게로 제작된 전체가 카본 파이버로 된 시편과 S-foam laminate 층이 중간에 삽입된 시편에 대하여 2-점 압축 휨강도 측정, 비틀림 강도 측정 및 충격 흡수와 진동 감쇄 시험 결과를 각각 Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8에 보였다. 측정 결과에서 보듯이 S-foam laminate의 특성

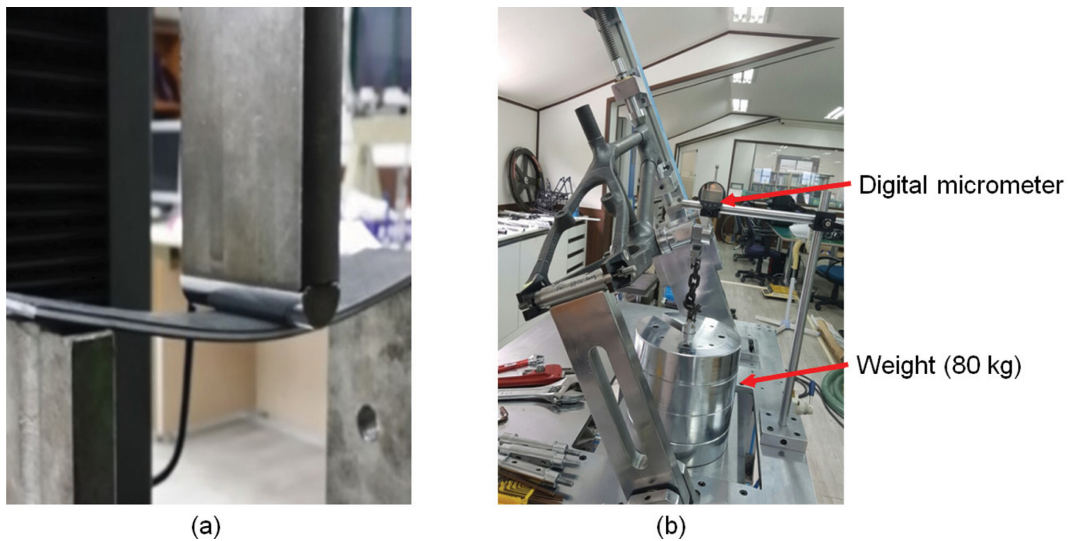


Fig. 5. Self-manufactured measurement system. (a) 2-point compressive bending strength measurement and (b) shear strength measurement system.

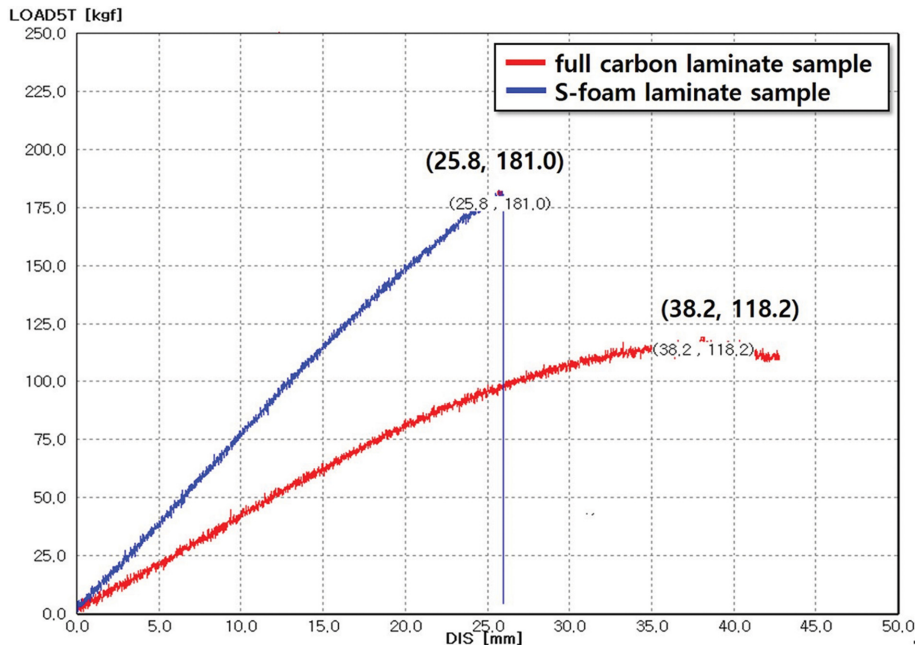


Fig. 6. Compressive strength test result for carbon tube and S-core laminate samples.

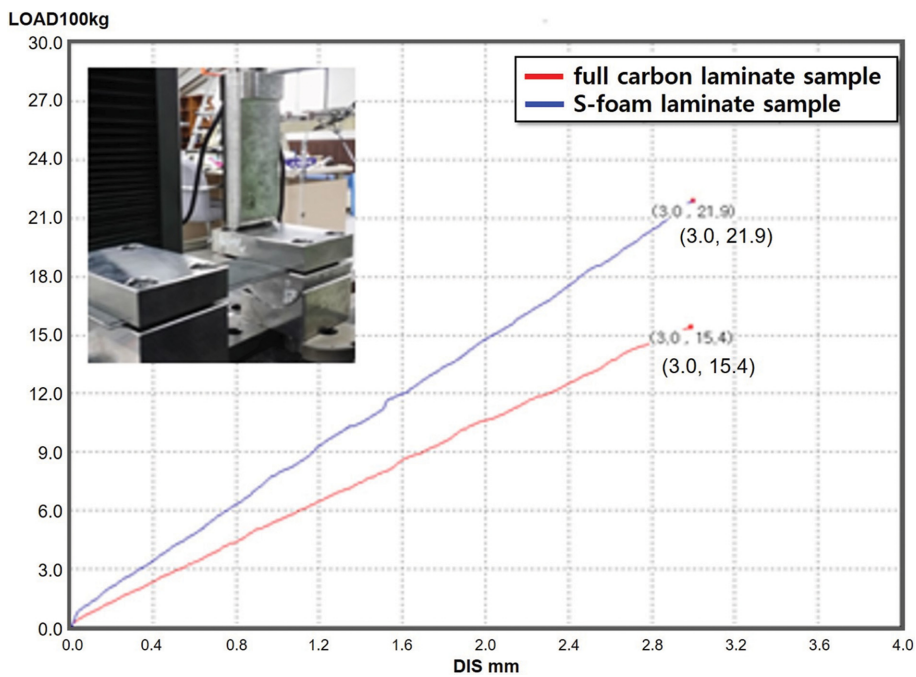


Fig. 7. Shear strength measurement results of full carbon and S-foam laminated samples respectively.

이 우수함을 알 수 있었다. 압축 강도 측정 결과도(Fig. 6)에서 전체가 카본 파이버로 제작된 시편은 변형 길이는 38.2 mm, 강도값은 118.2 kgf로 측정되었으며, S-foam laminate 층이 중간에 삽입된 시편의 경우는 변형 길이는 25.8 mm, 강도 값은 181.0 kgf로 측정되어 S-foam laminate를 사용한 시편의 강도가 크다는 것을 알 수 있었으며, 이는 삽입된 중간층 때문에 연신률은 적은 반면 강도는 높게 나오게 된 것으로 사료된다.

비틀림 강도 측정 결과에서는 변형 길이는 3.0 mm로 전체가 카본 파이버로 제작된 시편과 S-foam laminate 층이 중간에 삽입된 시편이 동일한 값을 나타냈지만 강도값은 21.9 kgf와 15.4 kgf 로 나타나 S-foam laminate 층이 있는 시편이 더 강도가 높았다(Fig. 7).

또한, 진동 감쇠기를 이용한 진동 세기를 측정된 결과 Fig. 8과 같은 결과를 나타내었다. 측정 값을 FFT(Fast Fourier Transformation) 변환하여 값을 나타낸 것이며

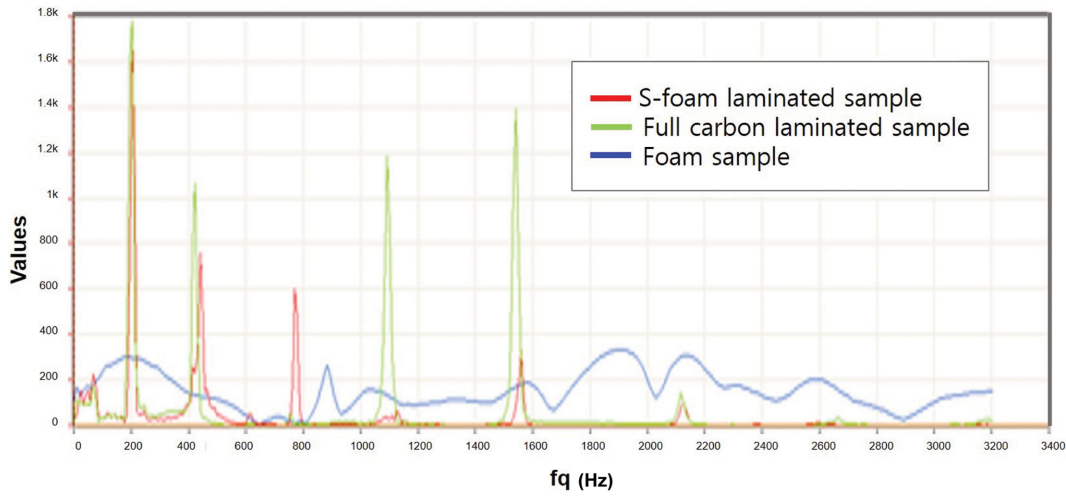


Fig. 8. A graph of vibration test result transformed by FFT (Fast Fourier Transformation) for 3 samples.

Table 1
Selected samples for survey research to design a road bicycle made by carbon fiber tube

	30 Ages	40 Ages	Total
Male	9	12	21
Female	6	3	9
Total	15	15	30

비교해 볼 수 있다. S-foam을 사용한 시편의 진동감쇄 효과가 2,200 Hz보다 큰 진동에 대해서는 다른 두 시편에 비해 상대적으로 높게 나타남을 알 수 있었다.

한편 총 표본수를 30으로 하여 설문 조사를 수행하였다. 이 결과를 Table 1에 보였다. 설문 조사는 일대일로

조사하여 진행하였고 사용자의 행동분석과 전반적인 디자인적 접근 방향을 도출하였다[6].

또한, 자전거 프레임 소재로 적용하기 위하여 사용자 조사를 실시하였으며, 이를 Fig. 9에 나타내었다. 소재에 대한 실험과 검증을 통하여 실제 적용 가능성을 도출하여 보았다. 조사결과 Fig. 9의 (a)의 자전거의 용도면에서는 운동용이 가장 많았고, 출퇴근용이 5명 미만의 결과를 보였고, (b) 보유하고 있는 자전거의 종류는 일반 도로형이 남성들이 선호하였으며 여성들은 산악용과 도로용이 비슷하였고, 작은 미니벨로형도 선호성이 있었다. Fig. 9의 (c)에서 자전거 사용상의 불편한 점은 정비, 승차감, 안전성의 순서를 보였고, (d)에서는 선호하는 프레

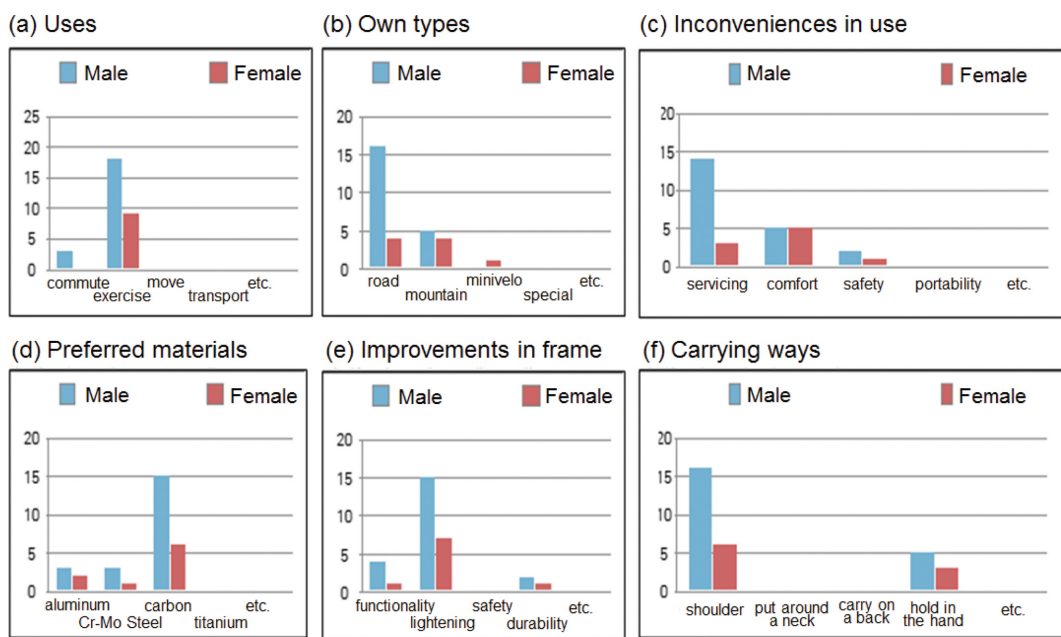


Fig. 9. Graphs of the results about user survey for bicycle and materials application and research for consumer preferences analysis.

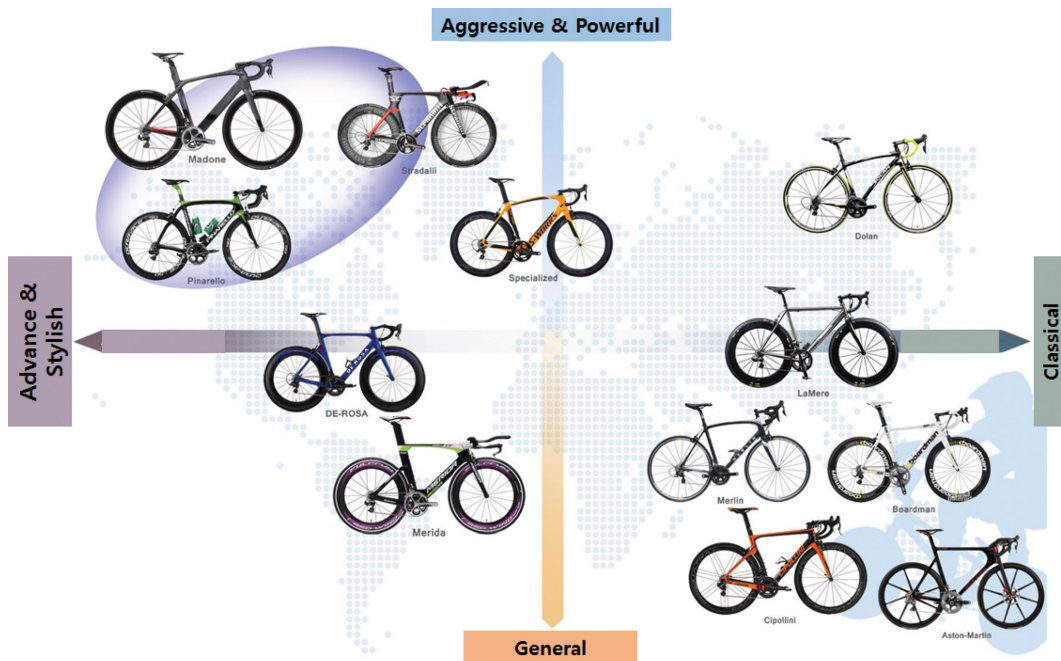


Fig. 10. Design concept research for road bicycle.



Fig. 11. Design factors consideration to the road bicycle.

임 소재는 탄소 소재를 가장 선호하였고, (e)의 프레임의 개선할 점에 있어서는 경량화가 우선적이었고, 다음으로 기능성과 내구성이 중요하였으며, (f)의 운반 수단으로는 어깨에 메거나, 손으로 들어서 운반하는 방법을 사용함을 알 수 있었다.

Fig. 9의 사용자 조사를 기초로 하여 가볍고 유지 보

수가 용이하며, 일반 로드형 자전거의 수요가 있을 것으로 예상하여, 로드형 자전거프레임 디자인을 목적으로 컨셉 리서치를 수행한 결과를 이미지 도식화하여 Fig. 10에 나타내었다.

새로운 조형적 느낌과 핵심적 이미지를 추구하는 컨셉을 설정하였고, 이에 따라 탄소 섬유를 적용한 경량화,

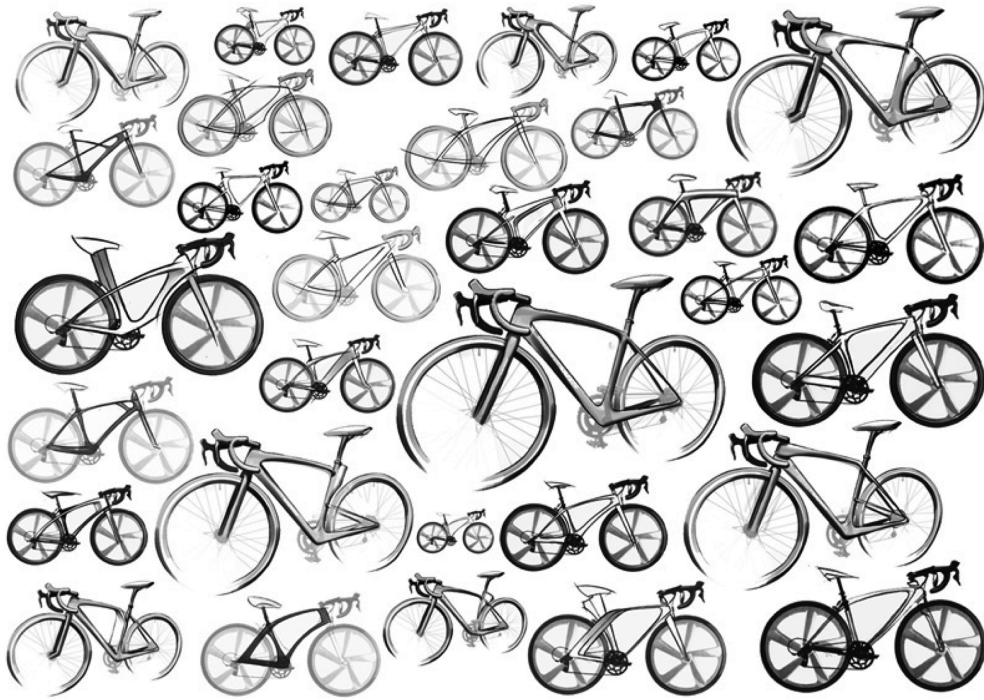


Fig. 12. Idea sketch design images.



Fig. 13. Final 2D rendering design image.



Fig. 14. Final 3D rendering design image.

기능적, 인체공학적 디자인을 설정하기 위해 고려해야 되는 요소들을 Fig. 11에 보였으며, 이러한 요소들을 고려하면서 아이디어 스케치 결과를 도출하였다. 이는 Fig. 12에 보였다.

심미적인 감성과 공기역학적 형태 및 물리적인 제조방식을 고려한 디자인 아이디어를 전개하였다. Fig. 12는 디자인 컨셉 설정 과정을 통하여 성립된 디자인을 스케치 형식으로 표현한 다양한 형태를 보인 것으로 다음 단계인 렌더링을 위한 기초 데이터로 설정하였다.

Fig. 13은 아이디어 스케치를 바탕으로 하여 최종 2D 렌더링 디자인 시안을 제작한 사진을 보인 것이며, 이어서 다음 공정 단계에서 최종 도출된 디자인 이미지를 기본으로 하고, 사용자의 행태 및 신체적인 사이즈를 고려하여, 인간공학적 중심의 구조와 프레임의 공학 설계를 바탕으로 3D 형상을 구현하였다. 이를 Fig. 14에 나타내었다.

4. 결 론

나노탄소 카본소재를 적용하여 S-foam core 튜브를 제작하고 이 소재를 기반으로하여 로드형 자전거의 프레임을 제조하기 위한 디자인을 제안하였다. 소비자 요구의 조사연구, 이미지 분석의 과정을 통해 개성적이고 통일된 이미지를 도출하였고, 최근 수요가 급증하고 있는 로드형 자전거를 개발하고 제조할 수 있는 가능성을 제시하였다

고 사료되며, 탄소섬유를 소재로 한 자전거 프레임 디자인을 개발하고 제안하는 의의가 있다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부에서 주관하는 디자인혁신 역량 강화사업으로 수행되었습니다(과제번호 10054452, “나노카본 소재 기반 자전거 서비스 Zone 및 제품디자인 기술개발”).

References

- [1] S.S. Kim, “A study of data base for the MTB (mountain bike) design”, M.S. Thesis (Myongji Univ., 2005)
- [2] H.J. Choi, “Study of form in the changes of bicycle design”, M.S. Thesis (Kookmin Univ. 2002) p. 77.
- [3] S.J. Yu, “A study on design of a short-distance foldable bicycle for working women”, M.S. Thesis (Hongik Univ., 2009) p. 65.
- [4] M.K. Seo and S.J. Park, “Manufacturing method of carbon fibers and their application fields”, Polymer Sci. Tech. 21 (2010) 130.
- [5] Win&Win Co., “Method of manufacturing a bicycle frame using a carbon nanotube”, Pat. reg. 10-2015-0075707 (1997).
- [6] M.Y. Ha, “A study on the color of and preference for each use of domestic bicycles-focusing on the bicycles of samchuly-major in color”, M.S. Thesis (Hongik Univ., 2011) p. 65.