

종합 설계 프로젝트 최종 보고서

미니벨로 자전거 프레임 최적화 설계 및 제작
Optimization of the Design and Fabrication
of a Minivelo Bicycle Frame

5팀 식빵 팀

수업담당교수: 윤 정환 교수님

과제지도교수: 김 홍석 교수님

2012. 11. 28

대 구 대 학 교

제 출 문

기계자동차공학부 학부장 귀하

본 보고서를 "미니벨로 자전거 프레임 최적화 설계 및 제작" 의 연구결과보고서로 제출합니다.

2012. 11. 28

연구기관 : 대구대학교 기계공학과

연구기간 : 2012. 3. 1 ~ 2012. 11. 21

수업담당교수 : 윤 정환 교수님 (인)

과제지도교수 : 김 홍석 교수님 (인)

연구책임자 : 대구대학교 기계공학과 박 슬범

공동연구자 : 대구대학교 기계공학과 김 회근
대구대학교 기계공학과 남 덕우
대구대학교 기계공학과 남 석우
대구대학교 기계공학과 박 두식

요 약 문

1. 과제명

미니벨로 자전거 프레임 최적화 설계 및 제작
(Optimization of the Design and Fabrication of a Minivelo Bicycle Frame)

2. 연구개발 목표

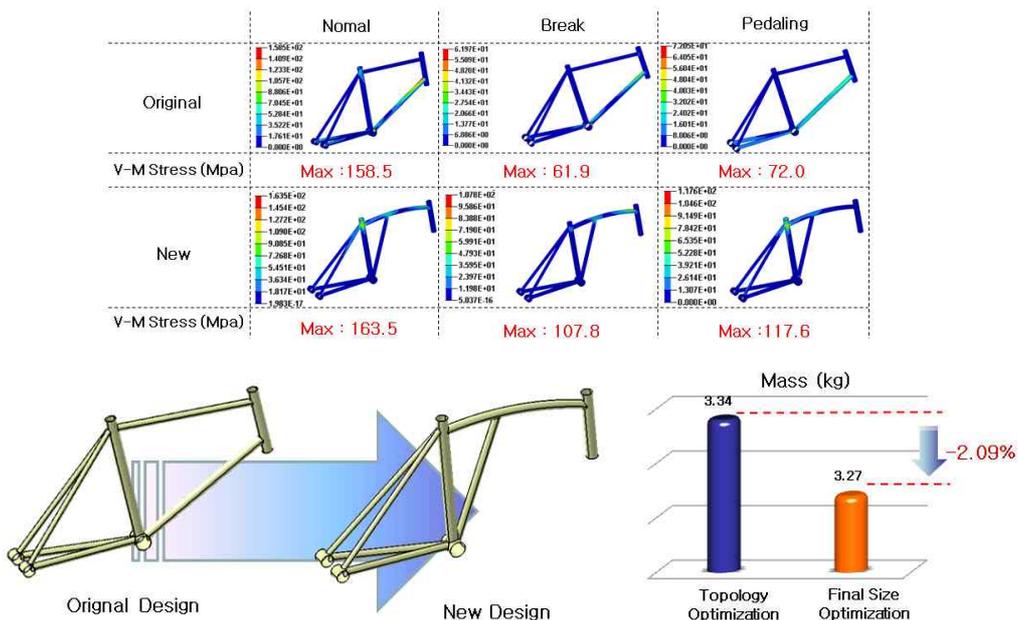
미니벨로는 다분히 도시적인 스타일을 갖고 있다. 앙증맞은 스타일과 세련된 디자인으로 자전거 마니아들에 의해 빠른 속도로 수요가 늘어난 자전거이기도 하다.

미국이나 유럽에서는 실용성과 안정성을 고려하여 제품을 출시하고 있지만, 우리나라에서 출시한 미니벨로는 안전성보다는 실용성에 주안점을 두고 제품을 출시하고 있다. 미니벨로 자전거를 선택하여 미적 디자인과 안정성을 동시에 고려한 자전거를 개선하고자 한다.

3. 연구개발 내용 및 범위

기존 제품의 프레임 디자인을 CAE프로그램(Hyper Works)을 이용하여 새로운 디자인으로 개선하고자 한다. 구조해석을 통하여 프레임의 중량을 감소시키고 프레임이 지탱할 수 있는 하중은 유지하여 디자인을 개선하고자 한다. 따라서 프레임의 개수와 굵기를 조절 하여 최적화된 미니벨로를 제작하고자 한다.

4. 연구결과



5. 기대효과

1. 기존의 자전거 프레임 구조를 분석하여 새로운 자전거 프레임을 제작한다.
2. 최적화된 자전거 프레임 형상으로 중량을 감소시키고 제작비용을 절감한다.
3. 새로운 디자인의 자전거를 제작한다.

목 차

제1장 서론	1
제1절 연구개발 목표	1
제2절 연구개발 내용 및 범위	2
제2장 이론적 배경	4
제1절 과제개발대상 기술의 국내·외 현황	4
제2절 특허, 논문 및 제품분석	7
제3절 전체일정	9
제3장 실험방법	11
제1절 해석 프로그램 선정	11
제2절 과제수행	12
제3절 제품제작	16
제4장 결과고찰	18
[참고문헌]	19

제1장 서론

최근 기름 값이 연일 오르면서 출·퇴근 시간대에 자동차 대신 자전거로 출퇴근하는 사람들이 눈에 띄게 늘고 있다. 올해 국내 자전거 인구가 500만 명을 넘어서며 자전거는 서민의 발로써 그 역할을 톡톡히 해내고 있다. 고유가 시대에 따른 가계 부담으로 자전거를 이용하는 사람들이 늘었고, 자전거 동호회뿐 아니라 취미로 자전거를 즐기는 사람들을 주변에서 쉽게 발견할 수 있다. 기업은 물론 각 도·구청에서도 자전거 출퇴근을 독려하고 있다. 자동차를 버리고 자전거로 출퇴근 하는 임직원들에게는 인센티브를 제공하는 기업도 늘고 있다.

이 때문인지 자전거 수요도 크게 늘고 있다. 또한, 자전거타기 운동이 다양한 지자체와 민간단체에서 열리는가 하면, 자전거타기에 좋은 도로까지 정책적으로 많이 생겨나고 있다. 이와 같은 정부의 지원에 힘입어 자전거타기의 인기는 폭발적으로 증가하고 있으며, 생활 속에서의 자전거 타기는 레저와 이동수단으로 많이 확대되어 가고 있다.

제1절 연구개발 목표

1. 자전거 프레임분류

자전거의 디자인에서 가장 큰 디자인 요소로 작용하는 곳은 프레임이다. 디자인 맵의 프레임 분류 체계는 기본적으로 산업에서 일반적으로 사용되는 분류를 따르고 있으나 프레임 형태의 구분이 모호하거나 분류되는 등록 디자인의 건수에 따라 일부 통합된 분류가 적용되기도 하였다. 디자인 맵에 적용된 자전거 프레임의 분류는 Fig 1.1과 같다.

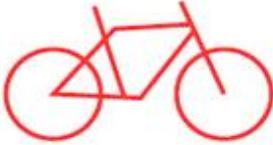
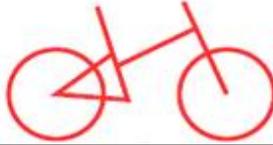
다이아몬드형	변형된 다이아몬드형	더블루프, 베르소, 스테거드형
		
슬로핑형	L형	H형
		
Y형	X형	삼각형
		

Fig 1.1 자전거 프레임 분류

2. 연구개발 대상 선정

미니벨로는 다분히 도시적인 스타일을 갖고 있다. 앙증맞은 스타일과 세련된 디자인으로 자전거 마니아들에 의해 빠른 속도로 수요가 늘어난 자전거이기도 하다. 자전거 시장에서는 Fig 1.1과 같이 여러 디자인의 프레임을 가진 미니벨로가 고객의 관심과 구매가 증가함을 알 수 있다.

미니벨로는 본격 트래킹을 취미로 하거나 여행 목표로 잡은 사람이 필요로 하는 제품이다. 도심 여행에서도 요긴하게 사용될 수 있고 운동용으로도 좋다. 특히 작은 공간만 확보가 된다면 집 안에 보관할 수도 있으므로 도난의 위험도 없다. 그러나 아직은 도시 구조상 불편한 점이 많다는 게 중론이다. 미니벨로를 가지고 여행을 하려면 기차, 지하철, 버스 등에 별도의 공간이나 시설이 있어야 하는 불편함이 있다.

미국이나 유럽에서는 실용성과 안정성을 고려하여 제품을 출시하고 있지만, 우리나라에서 출시한 미니벨로는 안전성 보다는 실용성에 주안점을 두고 제품을 출시하여 접이식방법과 여성들이 좋아할 만한 제품을 선보이고 있다. 그 중 우리는 편의성을 강조한 미니벨로 자전거를 선택하여 편의성과 안정성을 동시에 고려한 자전거를 개발하고자 한다.

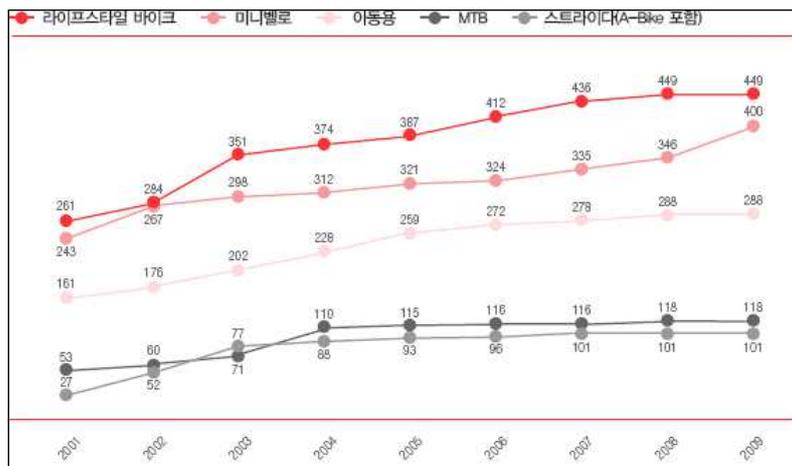


Fig. 1.2 연도별 주요 자전거 유형별 등록동향(2000년 이후 누적)

제2절 연구개발 내용 및 범위

1. 미니벨로의 장점

- 일반 자전거보다 가볍다. 보통 6~11kg 정도의 무게가 나간다.
- 디자인이 다양해서 선택의 폭이 넓다.
- 자전거를 스타팅(starting)하는데 있어서 빨리할 수 있다.

- 스피드가 일반 자전거에 비해 많이 떨어지지 않는다.
- 무게 중심이 대부분 아래 있게 되어 안정감 있는 주행을 할 수 있다.
- 대중교통 연계가 가능하며 실내 보관이 용의하다.

2. 미니벨로 분류

· 폴딩 미니벨로

접이식이기 때문에 프레임에 손상을 가져올 수 있지만 접었다 폈다 할 수 있어서 대중교통 이용 시 또는 장기 보관 시 유용하게 사용 할 수 있는 미니벨로의 종류이다.

· 생활형 미니벨로

일반적으로 출시된 미니벨로의 종류이다. 다양한 연령의 사람들이 이용가능하며 생활형이라 앞에 장바구니를 담기도 한다.

· 스트라이다

아름다운 삼각형이란 말이 어울리는 미니벨로의 종류이다. 휴대성을 극대화한 미니벨로의 종류로서 모양 또한 특이하다. 대중교통과 연계하기 쉽지만 주행성이 떨어지고 오르막에는 거의 오르지 못하는 단점을 가지고 있는 미니벨로이다.

· 미니 스프린터

속도를 위한 미니벨로의 종류의 하나이다. 휠셋을 제외한 부품은 로드바이크와 공유한다.

폴딩 미니벨로	생활형 미니벨로	스트라이다	산악용 미니벨로	미니 스프린터
				

Fig 1.3 미니벨로 자전거 분류별 디자인

미니 스프린터 미니벨로는 빠른 속도를 즐기기 위한 미니벨로이다. 프레임을 강화하여 하중의 분산을 유도한 것으로 예상된다. 하지만 안장이 위치한 쪽이 취약 할 것이라고 예상된다. 따라서 미니 스프린터 제품을 선택하여 프레임의 개수와 굵기를 조절 하여 최적화된 미니벨로를 제작한다.

제2장 이론적 배경

제1절 과제개발대상 기술의 국내·외 현황

1. 국내 자전거 시장 현황

1990년 이후 승용차 보급 확대로 침체기를 보였던 국내 자전거시장은 2000년 이후 연평균 2자리수의 높은 증가세를 시현하고 있다. 이는 주 5일제 실행과 함께 레저 활동 수요가 증가하는 한편, 소득수준 상승에 따라 건강에 대한 관심이 확대되었기 때문이다. 또한, 저탄소 녹색성장 추진이 확대되면서 자전거가 친환경적 교통수단으로 부각된 바, 자전거 전용도로 확충 등 인프라 개선되었으며 고유가 및 기후 변화 시대에 대응하는 에너지 절약 정책 등이 맞물리면서 자전거 시장 성장을 견인하고 있는 것으로 풀이된다. 반면 국내 생산은 지속적으로 감소하고 국내 수요의 90% 이상을 수입에 의존하고 있는 열악한 산업구조를 나타내고 있다.

Table 2.1 국내 자전거 시장규모 현황

(단위: 천대)

구 분	80년	90년	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
시장 규모	779	1,551	1,058	1,175	1,990	1,910	1,819	2,022	2,000	2,399

자료: 지식경제부. 2009년 5월

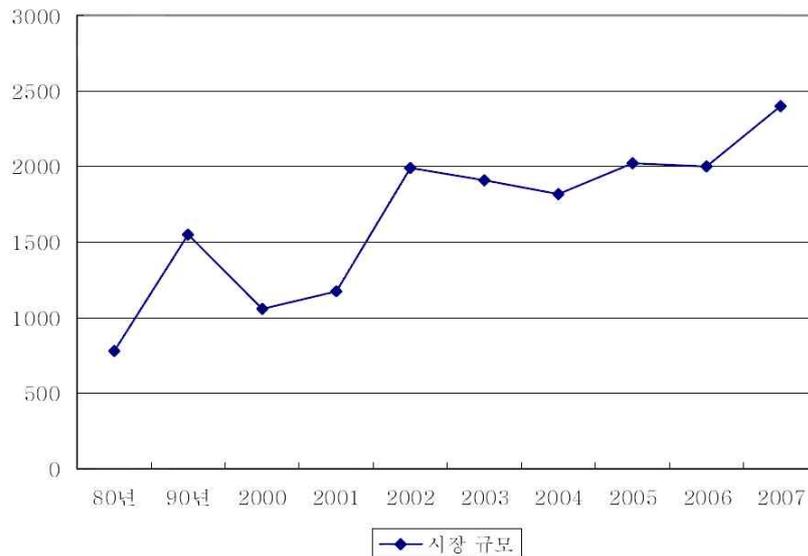


Fig. 2.1 자전거 산업 시장규모

2. 수출입 동향

1990년대 이후 승용차 보급 확대와 함께 중국의 저가품 자전거 시장의 확대 등으로 주요기업들이 국내생산을 포기한 바, 지속적인 무역적자 기조를 이어가고 있는 것으로 보인다. 특히, 주 5일 근무제가 본격화된 2005년 이후 적자폭이 1억 달러를 넘어서면서 최근까지도 무역 적자 축소는 어려운 것으로 보인다. 이는 임금과 원자재 가격 등 생산원가 측면에서 생활자전거는 중국에, 고급자전거는 대만에 비해 경쟁력이 열위하여 내수용으로 판매가 될 뿐 수출실적은 부진하기 때문으로 분석된다.

2009년 자전거 수출 동향을 살펴보면 글로벌 경기회복에 따른 경기침체와 함께 수요가 부진하면서 국내 수입 대비 수출 비중이 0.5% 수준으로 매우 미비한 수준을 보였다. 한편, 자전거 부품의 경우 국내 자전거 산업의 위축과 함께 부품 업체들이 급속히 쇠퇴한 바, 이로 인해 현재 국내 부품 조달만으로는 자전거 생산이 불가능한 상태로 자전거 부품 또한 무역 적자 기조를 이어가고 있는 것으로 보인다.

Table 2.2 자전거 및 자전거 부품 수출입 동향

구분	2007	2008	2009	2010.10
자전거 수입	1,359	1,018	811	1,541
자전거 수출	150,135	163,206	161,264	146,492
자전거부품 수입	6,870	5,135	2,377	2,878
자전거부품 수출	44,944	60,313	51,734	54,039

자료 : 한국무역협회

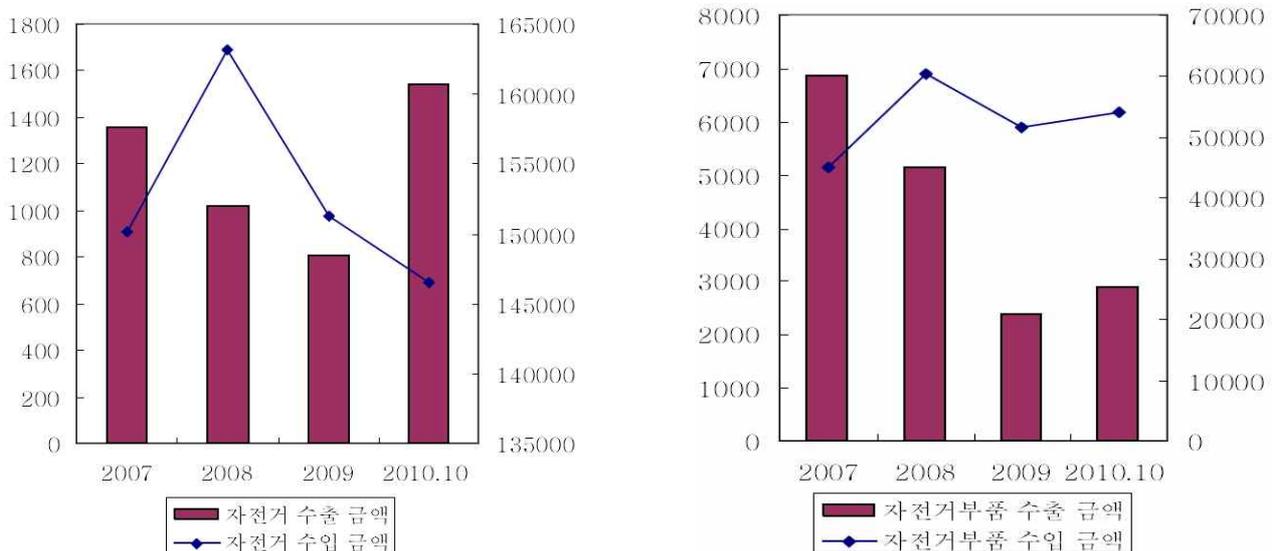


Fig. 2.2 자전거 산업 수출입 금액

3. 해외 자전거 시장 현황

○ 독일의 자전거 시장규모

‘08년도 독일 자전거 산업 연간매출은 전년 수준인 약 35억 유로이다. 오랫동안 다소 정체기를 겪었던 자전거 시장은 교통비용 상승, 환경 및 기후보호 등의 트렌드와 함께 새로운 자전거제품 개발로 뚜렷한 수요 상승 추세를 보이고 있다. 아울러 독일 시장에서 외국 자전거 생산업체들의 경쟁력이 날로 상승하고 있으며, 아시아권 국가들의 제품 판매율이 상승중이다.

○ 독일의 자전거 생산동향

독일 자전거 제조업체의 시장점유율은 점차 감소세를 보이고 있는데, ‘08년 기준 시장 점유율이 38%로 전년대비 4%하락하였다. 또한 독일 총 자전거 생산 수는 ‘05년 이후 점차 감소하고 있다.

Table 2.3 독일 자전거 생산대수 (단위 : 백만 대)

연도	자전거 판매
2005년	4.77
2006년	4.45
2007년	4.58
2008년	4.32

자료 : 독일 자전거협회

○ 미국의 자전거 시장규모

미국 자전거 산업은 ‘08년 약 60억 불 규모를 기록하였다. 자전거 및 관련 부품, 액세서리의 소매가를 기준으로 한 수치로 ‘07년과 유사하며 5년간 큰 변동이 없다.

Table 2.4 미국 자전거 판매대수 (단위 : 백만 대)

연도	20인치 이상의 바퀴 자전거	모든 종류
2005년	14.0	19.8
2006년	12.7	18.2
2007년	12.8	18.2
2008년	13.4	18.5

자료 : 미국 자전거 딜러협회

○ 일본의 자전거 시장규모

일본에서 자전거는 이미 보급률이 80%를 넘어서 생산이 점차 감소추세를 보이고 있다. '08년 및 '09.1분기는 단가상승으로 생산대수는 감소했으나, 판매액은 증가하였다.

Table 2.5 미국 자전거 판매대수 (단위 : 대, 백만엔)

구분	2005	2006	2007	2008	2009.1분기
수량	1,926,436	1,334,512	1,135,606	1,094,932	298,514
금액	30,741	25,614	25,205	28,846	8,921

자료 : 재단법인 자전거산업진흥회

○ 중국의 자전거 시장규모

'08년 자전거산업 총생산액은 681.9억 위안이고 판매액은 671.1억 위안에 달하여 '07년 대비 각각 16.9%, 17.2% 증가하였다. '07년 공업생산액과 판매액은 전년 대비 12%가량 상승하였다.

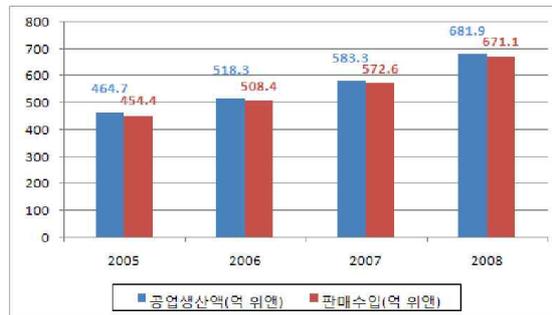


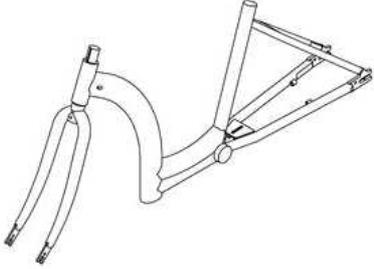
Fig. 2.3 '05~'08년 자전거산업 공업생산액 및 판매수입 추이

제2절 특허, 논문 및 제품분석

1. 특허분석 범위

대상국가	국내
특허 DB	한국특허정보원(www.kipris.or.kr),
검색기간	2010.01.01~2012.6.6
검색범위	자유검색, 제목 및 초록
검색 기술명	자전거 프레임
출원번호	3020100050829
검색건수	전체 66건

2. 특허분석에 따른 본 과제와의 관련성

핵심특허 및 관련성	특허명	자전거 프레임
	보유국	한국
	등록연도	2010.04.30
	관련성(%)	50%
	유사점	-탑튜브의 곡선 처리
	차이점	-탑튜브의 방향 및 튜브 갯수
	대표도면	

핵심특허 및 관련성	특허명	곡선부의 디자인 설계
	보유국	한국
	등록연도	2010.12.14
	관련성(%)	20%
	유사점	-튜브의 곡선 처리
	차이점	-기본 디자인에서 곡선처리
	대표도면	

·특허 조사 결과 우리가 개선한 디자인의 프레임과 유사는 하지만 같은 디자인은 없다고 판단된다. 따라서 이 제품은 특허관련에서 문제가 되지 않기에 개발을 시작한다.

3. 논문분석 범위

대상국가	국내
논문 DB	국회도서관(www.nanet.go.kr)
검색기간	20000101 ~ 20120101 (최근12년간)
검색범위	제목, 초록 및 키워드

4. 논문분석에 따른 본 과제와의 관련성

개발 기술명	미니벨로 자전거 프레임 최적화	
Keyword	자전거, 자전거 프레임	
검색건수	10건	
유효논문건수	3건	
핵심 논문 및 관련성	논문명	직장 여성을 위한 근거리용 미니벨로 자전거 디자인연구
	학술지명	홍익대 대학원 학위논문
	저자	유수정
	게재년도	2009
	관련성 (%)	30%
	유사점	미니벨로 자전거 디자인 연구라는 점이 같다.
	차이점	프레임 디자인은 아니다.
핵심 논문 및 관련성	논문명	조립성 개선을 위한 자전거 모노코크 프레임 개발 프로세스에 관한 연구
	학술지명	인천대 교육대학원 학위논문
	저자	이인철
	게재년도	2011
	관련성 (%)	60%
	유사점	조립성 자전거 프레임 개발이라는 점이 같다.
	차이점	프레임 재질이 다르다.
핵심 논문 및 관련성	논문명	복합재료 라미네이트 자전거 휠과 프레임의 하중 조건에 따른 설계 변수 결정에 대한 연구
	학술지명	연세대 대학원 학위논문
	저자	이진아
	게재년도	2011
	관련성 (%)	40%
	유사점	프레임 설계 시 하중 조건을 설정할 수 있다.
	차이점	프레임 재질이 다르다.

제3절 전체일정

	활동	상세내용
1주차	자기소개 및 팀원들과 만남	팀명 및 각오 결정
2-3주차	주제후보조사	주변에 불편한 점, 개선사항들을 조사
4주차	시장조사	기존 시장에 출시되어 있는 제품이나 특허를 조사하여 적합성과 윤리성을 평가
5-6주차	최종후보 선정, 설문지 작성 및 설문조사.	제작기간, 비용, 설계능력을 고려하여 최종주제를 선정. 후보에 대한 설문문항을 작성, 설문조사 실시
7주차	주제 재선정 회의	프로젝트 최종주제가 부적합하다고 판단하여 교수님과 팀원들과의 회의를 통해 주제를 재선정
8주차	주제 선정	최적화 된 자전거 프레임 설계

연구 내용	3월					4월					5월			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
[팀 소개 발표자료 작성]	■					중 간 고 사								
[설계프로젝트 주제선정회의]		■												
[프로젝트 주제선정 및 보강]				■										
[최종 주제 선택]					■									
[시장조사를 통한 정보수집]					■									
[주제 재선정]														■

설계사양 결정	자전거 프레임구조에 대한 수치를 정량화해서 사양 결정
설계 및 해석	설계사양을 토대로 프레임을 도면화 하여 프로그램을 이용하여 해석을 수행
최적화 해석 수행	프레임의 각도 및 두께 등을 변화시켜서 최적의 값을 도출
제품 제작	재료를 구입하여 시제품을 제작
최종보고서 작성	설계 프로젝트의 최종보고서를 작성

연구 내용	6월					7월					8월					9월					10월					11월										
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2									
[중간보고서 작성]	■					기 말 고 사																														
[설계사양 결정]			■																																	
[설계 및 해석]				■																																
[최적화 해석 수행]																	■					■									■					
[제품 제작]																																■				
[최종보고서 작성]																														■						

제3장 실험방법

제1절 해석 프로그램 선정

Altair HyperMesh는 제품 디자인의 성능을 분석하기 위한 높은 수준의 쌍방향, 시각적 환경을 제공하는 유한요소 전 처리기이다. 상용 CAD와 CAE 시스템에 직접적으로 연결되는 폭넓은 세트와 CAE 모델을 만들고 수정할 수 있는 쉬운 사용 도구를 지닌다.

엔지니어링 생산성에 초점을 맞춰서, HyperMesh는 CAD 형상 정리에서부터 고품질의 자동 메쉬 형성, 해석 셋업까지 모든 CAE모델링 과제에 대해서 사용자 친화적인 환경으로 구성되어 있다.

우리는 Hypermesh를 사용하여 자전거 프레임을 최적화 한다. 프레임의 두께 및 중량, 비틀림, 힘 등을 조건으로 부여하여 최적화 된 제품을 만들어 낸다.

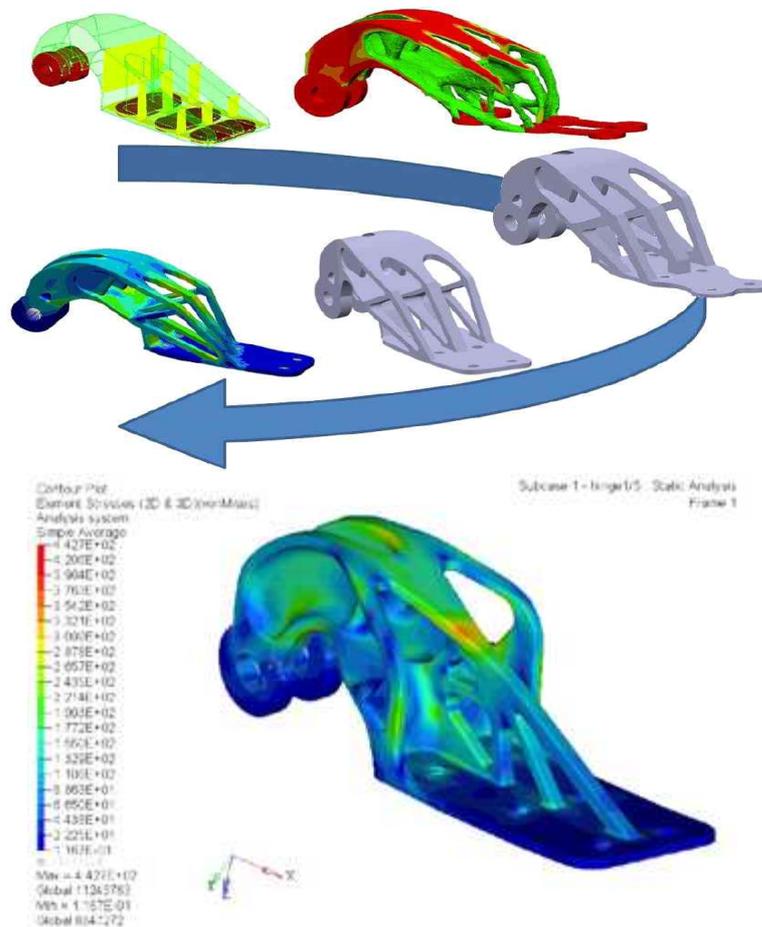
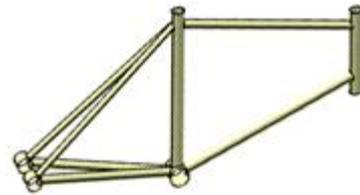


Fig. 3.1 HyperMesh 프로그래밍 예

제2절 과제수행

• Bike Frame Analysis



Shape of Bicycle Frame

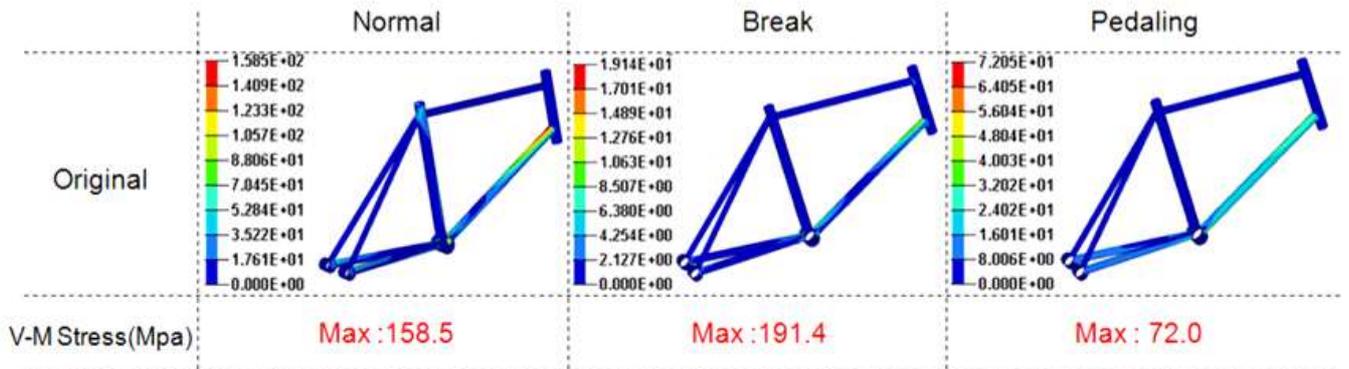
• 하중 및 구속조건

Nomal - 사람이 안장에 앉았을 때의 하중 - 2인승 기준 2000N(1인 100kg 기준)

Pedaling - 페달을 밟거나 직접 서있을 때의 하중 - 1200N

Brake - 페달을 밟거나 직접 서있을 때의 하중 - 1200N

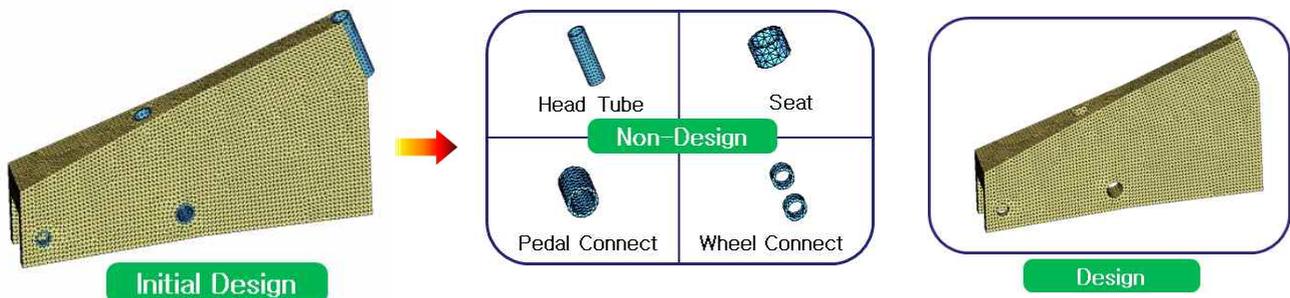
• 기본디자인 구조해석 결과



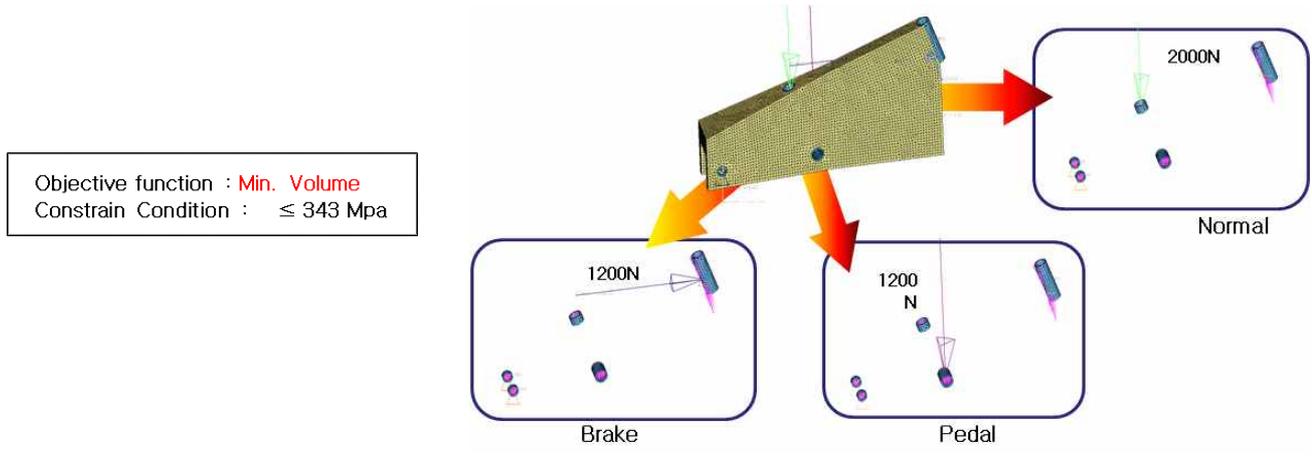
* Steel SS330 허용인장응력 : $\sigma \leq 343$ Mpa

• Topology 해석 전 부품 구분

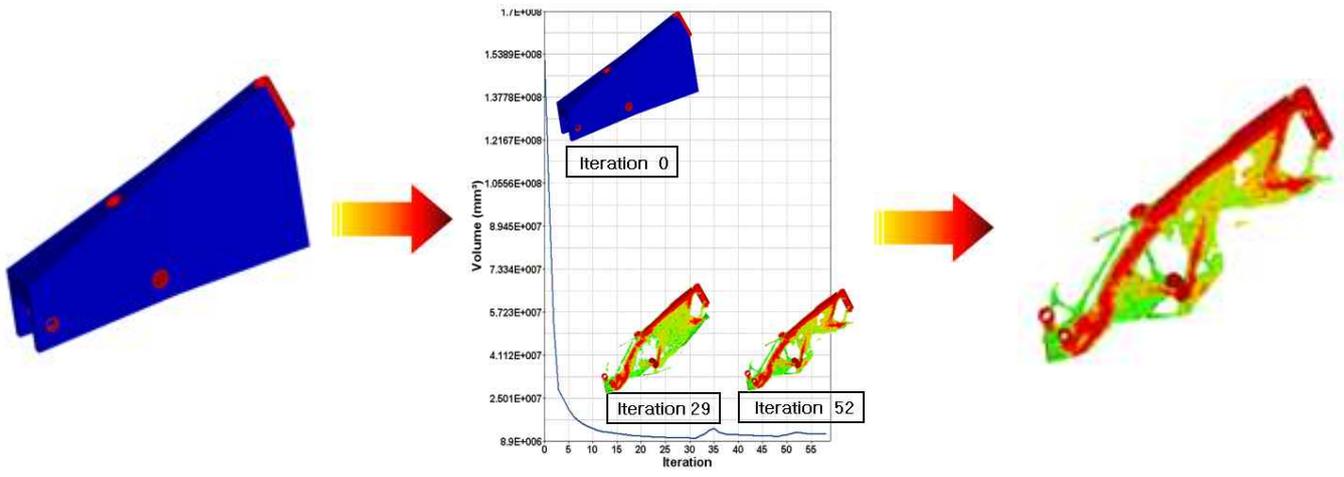
- 초기 디자인을 Non-Design 부분과 Design 부분으로 나눔



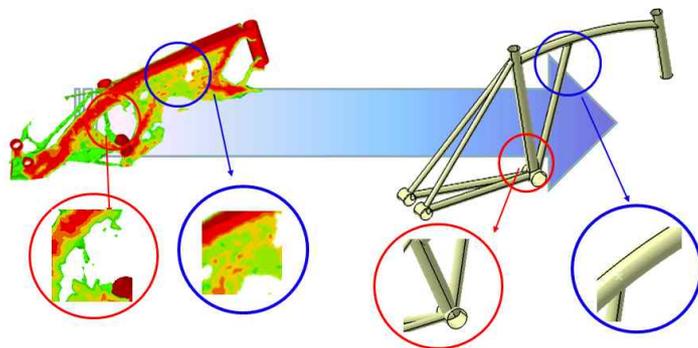
- 최적화의 목표 : 부피를 최소화하고 응력조건이 343Mpa 이하가 되도록 함
 - Pedal, Nomal, Brake 각각 힘 조건 입력



- 최적화 Iteration 에 따른 Objective Function 그래프
 - 52번의 Iteration으로 수렴 : 컨셉 디자인 도출



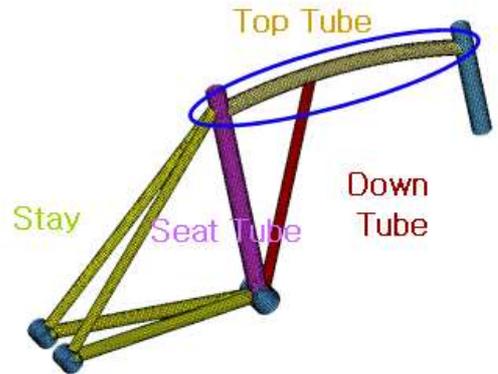
- 최적화 해석을 바탕으로 프레임 구조 설계
 - 도출된 컨셉 디자인을 바탕으로 새로운 디자인 모델링
 - 체크된 부분은 하중을 분산시키기 위해 프레임 추가 및 직경을 증가



· Top Tube에 대해서 두께 최적화를 실시

- 기존의 프레임 직경과 두께

Load Case	Diameter(mm)	Thickness(mm)
Down Tube	25	1.2
Seat Tube	30	1.4
Stay	15	1



Initial Condition for Bike Frame

- 해석 목적 : 부피 최소화

Objective function : **Min. Volume**

· 최적화된 튜브 두께를 도출하기 위한 해석

- 조건 입력 : Tube 두께를 0.5mm~5mm 구간을 주고 0.1mm씩 증가하도록 값을 지정
Top Tube의 직경을 25,30,35mm를 주고 해석

- 해석결과 : 25(1.7mm), 30(1.4mm), 35(1.1mm)로 두께 값이 도출

* 모든 응력값이 343Mpa이하를 만족 *

- 도출된 두께를 바탕으로 ks 기계구조용 강관규격에 맞춰 직경 28.6mm일 때 두께 1.5mm 파이프 선택

◆ Condition for Size Optimization

Load Case	Constraints
Top Tube	From : 0.5mm
	To : 5mm
	Increment : 0.1mm

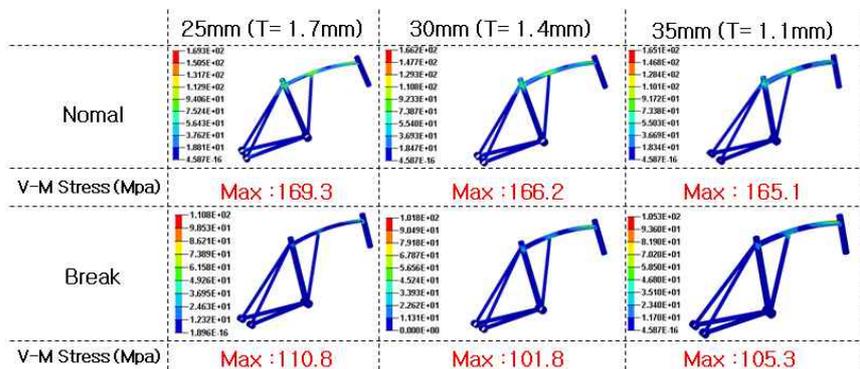


◆ Result for Size Optimization

	Top Tube
25mm	1.7 mm
30mm	1.4 mm
35mm	1.1 mm

기계구조용원형경관 (STKM)

호칭	외경 mm	Kg/m \ 두께				
		0.7	0.9	1.0	1.2	1.5
1/2"	12.7	0.207	0.262	0.289	0.340	0.414
5/8"	15.9	0.262	0.333	0.367	0.435	0.533
3/4"	19.1	0.318	0.404	0.446	0.530	0.651
7/8"	22.2		0.473	0.523	0.621	0.765
1"	25.4			0.602	0.716	0.884
1 1/8"	28.6				0.810	1.002
1 1/4"	31.8				0.906	1.121
1 1/2"	38.1				1.092	1.354
2"	50.8				1.468	1.824
2 1/2"	63.5				1.844	2.293
3"	76.2					2.763
4"	101.6					3.703

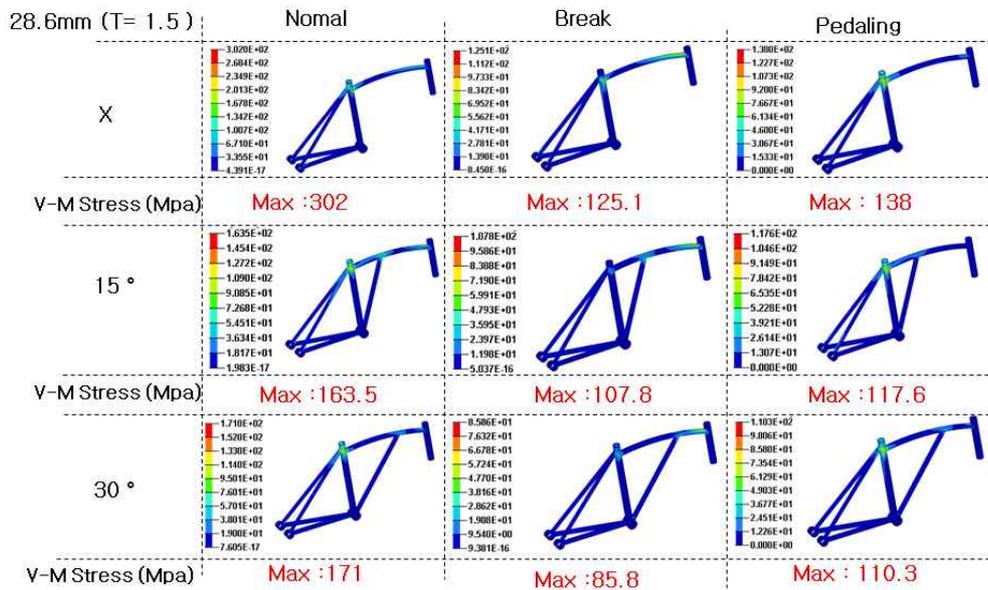


· Down Tube의 각도에 따른 응력 변화 분석

- Down Tube

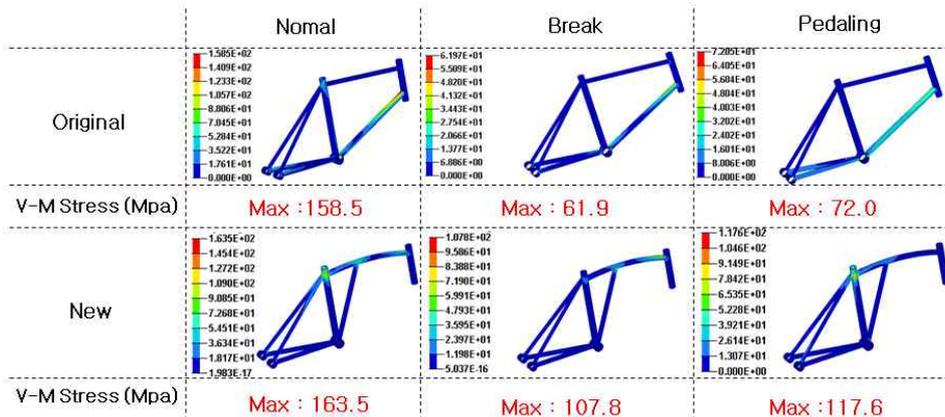
	Nomal	Brake	Pedaling
0°	302 Mpa	125.1 Mpa	138 Mpa
15°	163.5 Mpa	107.8 Mpa	117.6 Mpa
30°	171 Mpa	85.8 Mpa	110.3 Mpa

- Nomal 부분에 응력이 크게 집중. 15°와 30° 일 때 Pedaling, Brake 부분에서 응력이 증가하였지만 응력이 가장 큰 Nomal 부분에서는 15°가 더 적은 경향을 보여 15°로 프레임 설계



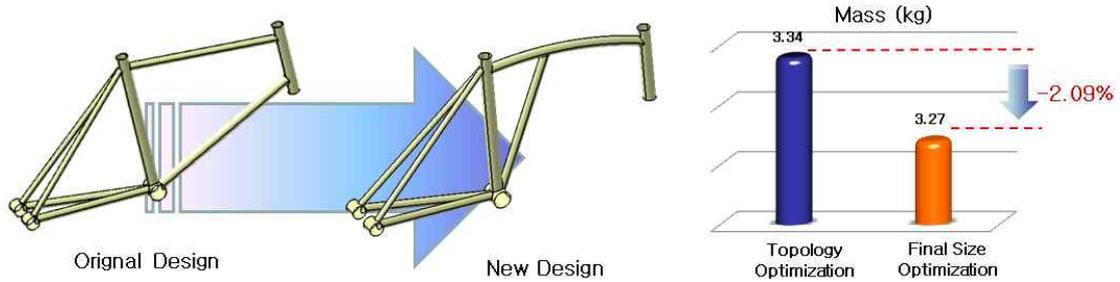
· Original Design과 New Design의 구조해석 결과비교

- Brake와 Pedaling에서 New Design이 응력이 더 증가 하였지만, 허용 인장응력 343Mpa이하 이므로 안전성을 만족



· 최종적 Design

- Original Design에서 Top Tube는 직경28.6mm, 두께1.5mm의 프레임으로 변경되고 15°의 Down Tube를 적용한 New Design으로 변경. 중량은 3.34kg에서 3.27kg으로 약 2%정도 감소



제3절 제품제작



Fig. 3.2 프레임 및 부품 구매

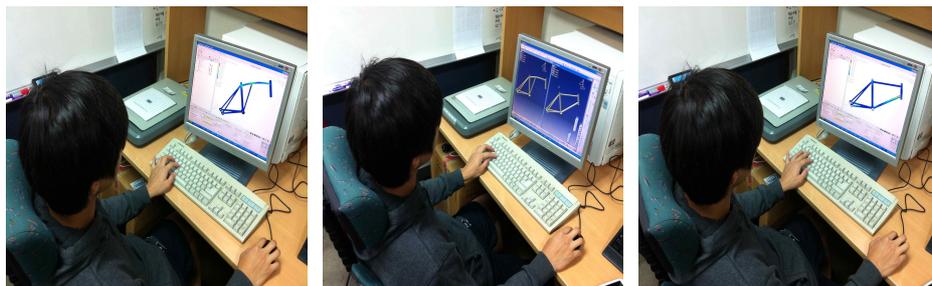


Fig. 3.3 프레임 3D 제품 작업



Fig. 3.4 프레임 페인트 리무버 작업



Fig. 3.5 프레임 절단 및 용접작업



Fig. 3.6 프레임 도색 작업



Fig. 3.7 포크 프레임 도색 작업



Fig. 3.8 프레임 결합



Fig. 3.9 최종 미니벨로 자전거

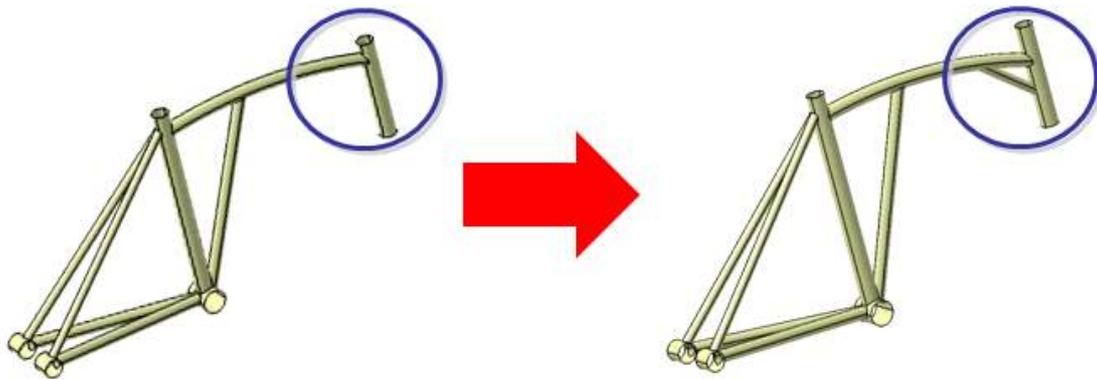
제4장 결과 고찰

Hyperworks를 통하여 실제 Pedaling 같은 조건은 피로해석을 수행해야한다. 하지만 해석의 어려움이 있어 수행하지 못하여 아쉬움이 남는다. 이번 프로젝트 수행을 하면서 실제 Top Tube의 직경에 따른 두께 경향과 Down Tube의 각도 변화에 따른 응력변화 경향에 대해 알 수 있었다. 또한 응력이 가장 크게 걸렸던 Nomal 부분에서 기존의 모델과 거의 비슷하게 안전계수 3에 만족하는 값을 가질 수 있었다. 실제 해석상에서의 3.1%의 무게감소를 보였으나, 실제 제작과정에서의 용접과 치수오차 등으로 인해 약 2%정도의 무게감소만이 감소하였다.

- 비용 등의 문제로 인해 철을 소재로 해석 및 제작을 하였지만 다음에 기회가 된다면 알루미늄이나, 티타늄을 이용해 해석과 제작을 수행하고 싶습니다.
- 실제 디자인과 용접 오차 등으로 인해 해석 값만큼의 중량 감소가 되지 않아 아쉽습니다.
- Head Tube 부분에 하중이 집중됨.

Ex1) 하중 분산을 위해 Head Tube부분에 파이프를 추가하면 하중이 분산 될 것으로 예상.

Ex2) Top Tube와 Head Tube가 만나는 부분에 Top Tube 직경을 증가시키면 하중이 분산 될 것으로 예상



[참고문헌]

1. 유수정, 「직장 여성을 위한 근거리용 접이식 자전거 디자인연구」, 홍익대 대학원, 2009
2. 이인철, 「조립성 개선을 위한 자전거 모노코크 프레임 개발 프로세스에 관한 연구」, 인천대 교육대학원, 2011
3. NICE 신용평가정보(주), 「자전거 산업」, 평가분석팀, 2011
4. 조환익, 「해외 주요국 자전거 산업정책 및 시장동향」, KOTRA, 2009
5. 추정엽, 「녹색성장과 자전거산업의 발전전략」, 한국부품소재산업진흥원, 2009
6. 이진아, 「복합재료 라미네이트 자전거 휠과 프레임의 하중 조건에 따른 설계 변수 결정에 대한 연구」, 연세대 대학원, 2011
7. <http://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%AF%B8%EB%8B%88%EB%B2%A8%EB%A1%9C>
8. <http://blog.naver.com/kiguni?Redirect=Log&logNo=20106069418>
9. <http://cafe.naver.com/sportmarketingnote/136>
10. <http://blog.naver.com/dyseong?Redirect=Log&logNo=150042768877>
11. <http://cafe.naver.com/minivelobike/388353>
12. <http://blog.daum.net/kipoworld/1920>