

자동차 설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : 자동차 후방 시야 확보를 위한 먼지 차단 스포일러
(2012년 03월 08일 ~ 12월)

팀명 : O.S (Over Spec)

자동차공학 설계프로젝트 최종보고서를 붙임과 같이 제출합니다.

2012. 12

대구대학교 기계자동차공학부







제 출 문

대구대학교 기계자동차공학부 학부장 귀하.

본 보고서를 대구대학교 기계자동차공학부 설계프로젝트 과제 ‘자동차 후방 시야 확보를 위한 먼지 차단 스포일러’의 결과보고서로 제출합니다.

(과제기간 : 2012년 03월 08일 ~ 2012년 12월)

2012. 12

지도교수 : 임학규 
대표학생 : 박원국 (인) 
참여학생 : 김정환 (인) 
 김상묘 (인) 
 성민경 (인) 
 이성용 (인) 

목 차

최종보고서 요약문

제1장 과제내용 및 목표	1
제1절 목적 및 필요성	1
제2절 과제의 목표	11
제3절 기대효과 및 활용방안	11
제2장 개념 설계 및 시장조사	13
제1절 개념설계(이론)	13
제2절 시스템 설계	18
제3절 상세 설계	27
제3장 제작	30
제1절 공정도	30
제2절 제작	34
제4장 운영 및 시험	36
제1절 운영 및 시험 요구조건	36
제2절 운영 및 시험 결과	37
제3절 제3절 CFD(Computational Fluid Dynamics) 해석	44
제4절 실제모형 제작 및 시험	52
제5장 결 론	57
제1절 결론	57
제2절 제언	58
[참고문헌]	59
[부 록].....	60

최종보고 요약문

과제명	자동차 후방 시야확보를 위한 먼지 차단 스포일러
팀명	O.S (Over Spec)
팀원	박원국, 김정환, 김상묘, 성민경, 이성용
과제기간	2012년 03 월 08 일 ~ 2012 년 12 월

1. 연구개발목표

해치백 타입의 차량의 뒷유리에는 주행 중 와류에 인하여 도로위의 먼지나 빗방울로 더러워져 있다. 그래서 후방 시야가 흐려져 사고가 날 수 있는데 이를 미연 방지하고자 아이디어를 생각하고 그에 대한 목표를 두었다.

2. 연구개발 내용 및 범위

자동차 주행 중 와류로 인해 뒷유리에 붙는 먼지 등을 차단하기 위해 기존의 스포일러에 공기 흡입구의 역할을 할 관을 일체형으로 만들어 뒷유리에 공기가 붙어서 막을 형성 할 수 있다. 또한 차량의 연비와 미관상 디자인에 크게 손을 대지 않은 상태로 할 수 있도록 할 것이다. 그리고 공기이동역할을 하는 관 내부의 형태와 흡입구 및 배출구의 모양에 따른 공기막의 차단력을 시험한다.

3. 제작 및 시험

실 제품 제작을 위해 CAD 및 CATIA로 내부 설계에 따른 도면을 제작 하면서 여러 가지의 내부 설계에 따른 풍동시험과 드라이아이스시험을 준비하며 CFD 해석을 통해서 직·간접적 해석을 통해 제품의 실현 가능성을 검토하여 최적의 설계로 된 실 제품을 만들어 차량에 적용해서 이론적 해석과 실 제품을 이용한 시험을 비교 분석해 보았다.

4. 기대효과 및 활용방안

해치백이나 SUV 와 같은 차량의 경우에는 뒤쪽에 심한 와류와 진공상태가 만들어 지고 이로 인해 물방울이 공기의 흐름을 타고 떨어져 나가는 게 아니라 와류 및 진공상태 때문에 차량 뒷부분에 표류하는 현상이 생긴다. 그러면 도로 바닥에 있던 각종 먼지가 날라서 차의 뒤쪽에 붙게 되는데 이를 해결하고자 후방에 와이퍼를 따로 설치하여 뒷유리의 먼지나 이물질 제거해준다. 그렇게 되면 해치백이나 SUV 차량은 와이퍼교환, 워셔액 보충, 와이퍼 모터의 교환이 불가피 해지면서 운전자들의 번거로움이 있다. 이러한 문제점을 해결해주는 특수한 스포일러를 제작하여 별도의 와이퍼 등의 장치가 필요 없이 주행 중에 얻어지는 공기유동을 이용하여 와류로 인해 후방 유리가 더러워지는 현상을 막는다면, 운전자들의 정비적인 번거로움을 덜 수가 있다.

제1장 과제 내용 및 목표

제1절 목적 및 필요성

1. 과제개발의 목적

SUV, 해치백, 승합차 등의 차량은 루프스포일러가 달려있는 경우가 많은데 해치백의 경우 루프라인이 세단처럼 뒷유리와 트렁크 라인을 타고 이어진 게 아니라 갑자기 뚝 떨어지는 형태일 때 공기의 흐름이 루프를 타고 흐르다가 그 공기의 흐름이 이어지지 못하고 와류가 발생되어서 차량 뒷유리 쪽에 소용돌이를 일으키는 형상이 된다. 이러한 현상 때문에 비가 오는 날이면 뒷유리에 흙탕물 같은 게 많이 튀게 된다. 버스의 경우 차량이 높음에도 뒷유리까지 흙탕물이 튀어있는걸 볼 수 있는데 스포일러가 있을 경우 이러한 와류를 줄여서 뒷유리가 더럽혀지는 것을 어느 정도 막을 수가 있지만 주행 시 차량의 위와 아래에서 올라오는 먼지를 막기에는 그 기능이 현저히 떨어진다. 그래서 해치백이나 SUV의 경우 비가오거나 일정시간 주행을 하게 되면 뒷유리에 먼지나 이물질로 쉽게 지저분해 보이며 운전하는데도 좋지 않은 영향을 준다. 뒷부분에 와이퍼로 유리를 닦을 수 있다고 하지만 기능을 사용하는 사람도 드물며 와이퍼 모터의 고장과 워셔액의 부재로 깨끗하게 닦이지 않는다. 그래서 기존의 스포일러를 바꾸어 주행 시 일어나는 공기를 이용해서 먼지를 차단하고자 하는데 목적을 두었다.

2. 과제개발의 필요성

해치백 차량은 뒷유리에 많은 먼지가 달라붙는다. 이것은 공기 역학적인 문제인데 해치백의 경우에는 차량이 고속으로 달리면 뒷부분이 유선형이 아닌 해치백이나 RV, 승합차들은 뒤쪽에 심한 와류와 진공상태가 만들어 진다. 즉, 물방울이 공기의 흐름을 타고 떨어져 나가는 게 아니라 와류 및 진공상태 때문에 차량 뒷부분에 표류하는 현상이 생긴다. 공기가 급격하게 하면으로 빠지면서 차의 뒤쪽 아래에서 일종의 공기 소용돌이가 생긴다. 그러면 도로 바닥에 있던 각종 먼지가 날라서 차의 뒤쪽에 붙게 된다. 그렇기 때문에 후면의 시야를 확보하기 어려워 질 때가 있다. 일반 도로에서라면 그 차이가 적지만 비가오거나 비포장도로에서는 흙탕물로 가득 붙어서 후면의 시야는 보이지 않는다. 그래서 뒷유리에 윈도우 브러시를 부착하거나 스포일러를 설치하게 된다. 스포일러가 있을 경우 이러한 와류를 줄여서 뒷유리가 더럽혀지는 것을 어느 정도 막을 수가 있지만 주행 시 차량의 위와 아래에서 올라오는 먼지를 막기에는 그 기능이 현저히 떨어진다. 그래서 해치백이나 SUV의 경우 비가오거나 일정시간 주행을 하게 되면 뒷유리에 먼지나 이물질로 쉽게 지저분해 보이며 운전하는데도 좋지 않은 영향을 준다. 뒷부분에 와이퍼로 유리를 닦을 수 있다고 하지만 기능을 사용하는 사람도 드물며 와이퍼 모터의 고장과 워셔액의 부재로 깨끗하게 닦이지 않는다. 그래서 기존의 스포일러를 바꾸어 먼지를 차단해줄 필요가 있다.

3. 과제개발대상 기술과 재료의 국내 현황

1) 자동차 스포일러 기술현황

초기의 자동차 스포일러는 비행기의 날개에서 응용되어 만들어졌다.

- 양력(lift force) 증가 자동차스포일러 (위로)
- 양력 & 항력 감소 (항력=저항력) 양력이란 유선형화된 물체를 위로 뜨게 만드는 힘이다.

양력의 감소는 다운포스의 증가를 의미한다. 비행기에서는 양력이 중요하지만, 자동차의 경우에는 위로 뜨게 되면 타이어를 누르는 무게가 줄기 때문에 안전성에 영향을 미친다.(요잉 & 롤링이 더욱 쉽게 발생되어 진다.

현재의 자동차 스포일러는 일반적으로 차량 뒤쪽에서 일어나는 공기의 와류현상을 없애기 위해 자동차의 지붕 끝이나 트렁크 위에 장착하는 장식 겸용 장치로써의 역할을 더 많이 가지고 있다. 리어스포일러를 장착하면 연비절약, 다운포스 등의 효과를 볼 수 있다고 한다. 리어 스포일러 같은 경우엔 차량 뒤쪽에서 일어나는 와류를 조절하여 공기 저항을 줄이는 장치이기 때문에, 제대로 된 리어 스포일러를 장착하면 최고 속도와 연비가 높아진다고 할 수 있다. 그러나 일반적으로 사용되는 리어 스포일러는 공기역학적 성능보다는 모양새에 주력하는 제품들이 대부분이다.

2) 현재 자동차 스포일러의 재료적인 기술 및 발전 현황

- 복합소재

우리가 흔하게 접하는 철·플라스틱·유리 등의 소재들이 다양한 니즈에 맞게 결합된 것이다. 복합소재의 활용을 드러내는 대표적인 경우가 지난 2009년 말 발표된 ‘섬유 테이프로 감아 만든 항공기’이다. 항공기는 강철로 만드는 것으로 알려져 있지만, 미국 보잉(Boeing)의 차세대 항공기 B787(드림라이너)은 몸체에 탄소섬유와 플라스틱 소재가 결합된 복합소재가 적용된다. 몸체 소재 비중의 50%가 바로 복합소재로, 금속소재보다 강하면서 무게는 20% 줄일 수 있다.

- 플라스틱

현재 자동차 경량화와 함께 가장 주목받는 소재로는 탄소섬유 강화플라스틱(Carbon Fiber Reinforced Plastic, CFRP)과 엔지니어링 플라스틱(Engineering Plastic, EP)을 들 수 있다. 플라스틱은 기능/용도에 따라

- ① 범용 플라스틱
- ② 엔지니어링 플라스틱(내열성이 섭씨 100도 이상 플라스틱)
- ③ 슈퍼 엔지니어링 플라스틱(내열성이 섭씨 150도 이상에서 연속 사용가능하고 강도가 500Kgf/cm², 굴곡탄성률이 24,000Kgf/cm²이상)으로 나뉜다.

통상 5대 엔지니어링플라스틱이라고 하면 나일론, 폴리아세탈, 폴리카보네이트, 변성 PPO, 폴리에스터수지를 일컫는데 그 중 역사적으로 나일론이 가장 오래된 합성 고분자로 초기에는 주로 합성 섬유용으로 제조되었으며 부분적으로 플라스틱으로 활용되고 있다.

- 탄소소재

탄소소재는 여러 소재들의 고유 특성을 두루 지니고 있다. 철과 같은 금속에 비해 강도는 몇 배 높으면서 보다 가볍다거나, 아니면 화학적 내성이 크면서도 전기를 잘 통한다든가 등이다. 이러한 것이 가능한 이유는 탄소 원자가 배치된 구조에 따라 물질 구성이 다양해질 수 있기 때문이다. 최근 들어 나노 기술의 발전에 따라 기존의 탄소소재 이외에도 풀러렌 · 탄소나노튜브 · 그래핀 등이 등장하면서 다시 탄소소재의 가능성이 주목의 대상이 되고 있다.

- 타이타늄

타이타늄 합금은 고비강도·고내식성·생체친화성 등으로 인하여 항공·우주·해양·스포츠·의료 등의 분야에 적용되고 있다. 그러나 그간의 타이타늄 합금의 연구개발이 주로 항공우주용 합금개발을 목적으로 수행되었기 때문에 고가의 합금원소가 다량 사용됐고, 아울러 합금 사용규격이 엄격하여 비싼 공정으로 제조되었기 때문이다. 타이타늄의 가격이 경쟁 소재인 스테인레스 강보다 부피 대비로 대략 5배 정도 비싸다.

3) 자동차 스포일러 제작 시 해석적 기술현황

주로 CFD(유체실험) 프로그램을 실행하고 우선 직사각형을 만든다. 이것을 도메인이라 하며 하나의 방이라고 생각하면 된다. 방에 공기가 들어가는 창문과 나가는 창문을 만들어 놓는다. 그리고 도로를 만들고 그라운드효과를 준다(움직이는 도로). 그 후 자동차 외관을 컴퓨터로 그린 다음 CFD로 불러와 직사각형 방에 삽입한다. 그 다음 공기에 속도를 부여한다. 현실에서는 자동차가 움직이고 공기는 움직이지 않지만, 컴퓨터시뮬레이션이나 메이커회사의 풍동장치에서 실험할 때는 자동차는 가만히 있고 공기를 불어 측정한다. 이러한 형식을 통하여 스포일러의 공기흐름을 해석 후 최적의 설계 값을 찾게 된다.

4. 특허, 논문 분석

1)특허 분석

(1)특허분석 범위

대상국가	국내, 국외(미국)
특허 DB	한국특허정보원(www.kipris.or.kr)
검색기간	20020101 ~ 20120101 (최근 10년간)
검색범위	제목 초록 : 스포일러, 에어커튼

(2)특허분석에 따른 본 과제와의 관련성

특허청에 등록되어 있는 특허제품 중 본 과제 통해 만들고자하는 제품과 유사한 특허를 찾아 제품의 장점과 단점을 찾아 보완하기 위해 특허청을 이용하여 유사한 특허기술들을 검색하여 비슷한 점과 차이점을 찾아 분석을 하였다. 본 과제와 기존의 특허기술 · 제품들과 중복되지 않게 검토하였으며 특허를 출원할 경우 문제가 생기지 않게 하기 위해 특허 분석에 중점을 두었다. 특허에 관련된 국사는 대한민국과 미국으로 하였으며 검색범위는 자동차의 산업이 빠르게 성장하여 10년 전후로 예상하였다. 특허의 검색범위로는 본 과제와 유사한 점을 찾기 위해서 스포일러, 에어커튼으로 중점으로 검색을 하였다.

(3) 특허 사례

관련특허-1.

개발기술명	자동차 실내 에어커튼 장치	
Int CI 코드	B62D25/06(2006.01) B60J 1/20(2006.01)	
검색키워드	에어커튼, 자동차	
검색건수	100건	
유효특허건수	24건	
핵심특허 및 관련성	특허명	차 실내 에어커튼장치 (Device of air booth for in door of automobil)
	특허상태	소멸(취소결정)
	보유국	한국
	출원번호 (일자)	20-2005-0003962(20050215)
	관련성	30
	대표도면	

본 특허는 에어커튼장치에 관한 것으로 특히 차량의 실내에 에어커튼을 설치하여 차 실내 공기를 운전자 및 탑승자 위주로 조절하기 위한 차량용 에어커튼장치에 관한 것이다.

본 고안에 따른 차 실내 에어커튼장치는, 앞좌석과 뒷좌석으로 차 실내 공간을 구분하기 위해 앞좌석과 뒷좌석을 중심으로 차 실내의 천정 면에 장착되는 가이드레일과, 상기 가이드레일을 따라 슬라이드 이동하면서 접혀지고 펼쳐지는 에어커튼과, 상기 에어커튼을 상기 가이드레일에 이동 가능하게 고정하기 위해 가이드레일의 트랙을 따라 안착되어 슬라이드 이동되는 고정부로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

유사성	공기를 유리표면에 분사해주는 형식이 비슷하다.
차이점	인공적인 공기가 아닌 자연의 공기를 이용한다.

관련특허-2.

개발기술명	자동차 에어 커튼(car air curtain)	
Int CI 코드	B62D 25/08(2006.01)B62D25/10(2006.01)B62D 25/00(2006.01)	
검색키워드	에어 커튼	
검색건수	129건	
유효특허건수	8건	
핵심특허 및 관련성	특허명	자동차 에어 커튼(car air curtain)
	특허상태	특허 상태(거절)
	보유국	한국
	출원번호 (일자)	10-2009-0043624(20090519)
	관련성	50
	대표도면	<p>대표도면</p>

본 특허는 야간 차량 주행 중 흡입되는 자연 풍압(90)을 이용한 자동차 에어 커튼에 관한 것으로서, 자세하게는 야간 차량 주행 시 불빛을 보고 달려드는 벌레가 자동차 유리(30)에 충돌하는 것을 방지하고, 자동차의 유리(30)를 청결하게 유지에 관한 것이다.

본 발명은 자연 풍압(90)을 이용한 자동차 에어 커튼은 자동차 보닛(70)에 풍압흡입기(40)를 통해 자연 풍압(90)을 흡입해서, 좁은 풍압분사노즐(20)을 통해 강한 분사 풍압을 분사한다. 분사된 풍압(92)은 주행 중 날아오는 벌레를 자동차 유리(30)와 충돌하는 것을 방지하는 것이다.

유사성	자동차 내에 다른 동력장치를 이용하여 바람을 만들어 내는 것이 아니라 자연바람을 이용하는 점에서 동일하다.
차이점	바람을 이용하여 자동차 유리에 벌레가 충돌하여 청결을 유지하는 것이 아니라 와류로 인한 먼지를 차단하여 뒷유리를 청결하게 유지하는 것이다.

2)논문분석

(1)논문분석 범위

대상국가	국내
논문 DB	국회도서관(http://www.nanet.go.kr) 학술연구정보서비스(http://www.riss.kr)
검색기간	2002.01.01. ~ 2012.10.01.(최근 10년간)
검색범위	제목, 키워드

(2)논문분석에 따른 본 과제와의 관련성

개발기술명	자동차 스포일러
Keyword	스포일러, 자동차, 에어커튼
검색건수	21건
유효논문건수	3건

관련논문-1.

핵심논문 및 관련성	논문명	해치백 차량에서 리어 스포일러의 공력성능에 대한연구
	학술지명	한국자동차 공학회
	저자	이상욱, 르노삼성 자동차 냉각공조 성능팀
	게재년도	2010년

논문 간략 요약

공력성능 및 미관향상 등의 고객 가치 증대를 위해서 리어 스포일러(rear spoiler)를 개발하여 리어 스포일러(rear spoiler)의 대략적인 효과 및 설계 요구조건(design requirement)을 확인하기 위해서 스포일러(spoiler)의 각도를 변화시키면서 풍동 시험을 수행하였고 풍동시험을 통해서 설계 요구조건을 결정하고 이를 디자인에 반영하여 세 개의 후보군을 정한 후, 이 세 개의 후보군에 대해서 풍동시험을 수행하여 최종적인 리어 스포일러(rear spoiler)형상을 결정하였다. 또한 풍동시험에서 확인하기 어려운 세부적인 유동장 분석은 수치해석을 이용하여 이루어졌으며 선정된 리어 스포일러(rear spoiler)형상에 대해서 유동해석을 수행하여 시험결과와 해석결과를 비교하였으며 공력 성능향상의 원인을 분석하여 결과를 도출하여 해치백 차량에 대해서 리어 스포일러의 공력 특성에 대한 연구를 풍동시험 및 전산유체역학의 기법을 도입하여 수행하였다. 그 결과로

- 가. 리어 스포일러를 장착함으로써 차량의 항력 및 양력의 획기적인 감소와 함께 미관을 비롯한 customer value를 높일 수 있다.
- 나. 리어 스포일러를 장착하게 되면 뒷 유리를 타고 흐르는 다운위시 흐름을 약화시켜서 언더 바디에서 유동이 원활하게 빠져나오게 되어 balanced-wake를 생성하게 된다.
- 다. 특히 스포일러의 유, 무에 따라서 언더바디를 흐르는 유동 특성이 달라져 underbody fairing등의 공력특성이 달라지게 되어 underbody fairing등의 공력특성이 달라지므로 세심한 주의가 필요하다.

관련논문-2.

핵심논문 및 관련성	논문명	리어 스포일러 장착에 의한 자동차 후류의 변화 연구
	학술지명	대한기계학회 춘추학술대회
	저자	백승진, 오민수, 이정호, 김무상
	게재년도	2004년

논문 간략 요약

자동차의 공기저항에 의한 항력계수(C_D)는 연비 및 최고속도 등의 동력 성능을 동시에 향상시킬 수 있는 항목으로 설계 및 디자인 초기단계에서부터의 공력 성능의 예측 및 개발은 중요한 요소로 부각되고 있다. 따라서 디자인 모델의 성능 예측 및 시험용 차가 확보되지 않은 시점에서의 성능 개선에 이용되고 있는 전산해석의 방법의 필요성은 더욱 더 커지고 있다.

리어 스포일러는 후륜 양력을 개선시켜 주행 안정성을 높이고, 또한 항력을 감소시킬 수 있는 대표적인 부품이지만 그 형상 등이 자동차 디자인 콘셉트와 아주 밀접한 영향을 가지고 있다. 따라서 각 차량의 디자인에 맞고 공기역학적으로 적합한 형상을 개발하는 것이 중요하다. 승용차에 리어 스포일러 부착했을 때의 공력 개선 효과를 파악하기 위해서 전항력계수 변화를 살펴보고, 각 조건에 대한 유동장 및 압력장 분포를 관찰하였다. 루프 및 C 필라에서 유동이 박리되면서 생성되는 삼차원 와류 구조의 변화에 따라 항력이 어떻게 변하는가를 조사 하고 차량의 공력 해석을 실행했을 때 스포일러를 부착하였을 때 후륜 양력 및 항력을 개선되는 압력 분포에 대하여 관찰한다. 이는 스포일러 부착으로 인하여 루프 끝단에서의 속도 분포가 달라지기 때문으로 와류가 생성되는 지역을 차량 하단 뒤쪽으로 이동하기 때문이다.

관련논문-3.

핵심논문 및 관련성	논문명	대형버스 바디모델의 후류특성 및 후미 스포일러 효과에 관한 해석적 고찰
	학술지명	한국자동차공학회
	저자	김민호, 국종영, 천인범, 기아자동차 상용연구소
	게재년도	2003년

논문 간략 요약

CFD(Computational Fluid Dynamics) 기법을 활용하여 차량 개발 기간을 단축하고 실험을 통해 얻기 힘든 많은 유용한 정보들을 얻고 있으나 지금까지의 연구들은 주로 승용차에 국한되며 버스나 트럭과 같은 상용차에 대해서는 아직 미흡한 실정이다. 기존의 상용차에 대한 연구들을 살펴보면 Yohei Takemori⁸ 등은 단순화된 1/16 축소 버스모델의 후미에 가이드 베인 부착형태에 따른 항력 계수와 표면 압력분포 등을 고찰하여 항력 저감을 위한 효과적인 후류제어(wake control)에 관한 연구를 수행하였다. Tsutomu Fujimoto 등은 공기 전향장치(air deflector)의 형상변경과 요각(yaw angle) 변화에 따른 항력계수를 계산하였고 Sven Perzon 등은 단순화된 트럭모델에 대하여 해석시 킴과 난류모델에 따른 항력계수 및 압력 분포결과와 실험결과를 비교 분석하였다. Camara 등과 Nassief 등은 버스모델외관 형상변화와 레이놀즈 수 변화에 따른 압력분포 등을 고찰한 바 있다. 이와 같이 기존의 연구들은 주로 단순모델을 이용하여 항력계수를 예측하였고 실제모델을 이용하더라도 후미에서 생성되는 후류와 같은 복잡한 난류 유동장에 관한 고찰은 아직 미진한 결과를 보이고

있다. 본 연구에서는 먼저 형상을 단순화한 무딘 버스바디에 대한 공력특성을 실험결과와 비교해 봄으로써 CFD 해석의 유효성을 검증한 후 보다 유선화된 실제 버스 바디 모델에 적용하였다. 본 연구를 통해 버스차량의 공력특성과 공기저항의 큰 비중을 차지하는 후류(wake flow) 유동장에 대한 상세한 정보를 얻을 수 있었다. 또한 후미 스포일러(rear-spoiler)가 후류 유동장 및 공력특성에 미치는 영향을 고찰하였다. 상용 버스차량 주위의 3차원 난류유동 및 후미 스포일러에 의한 공력특성 변화를 해석적으로 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻는다.

- 가. 버스 바디 후류에는 복잡한 3차원 와류가 발생하고 있음을 확인할 수 있었다. 바디후미 곡율부에서 유동이 박리되고 있으면 엔진룸 배기구를 중심으로 상하 방향으로 나뉘는 흐름이 형성되어 상단부에서는 후면 유리창 타고 흐르는 올려흐름이 형성되었고 바디 하단부인 범퍼에 인접한 영역에서는 재순환 영역이 발생하였다.
- 나. 바디 후방에서 바라본 유동은 바디 상단에서 끌어내리는 흐름과 지면으로부터 올라오는 흐름이 형성되고 있으며 바디 하단부에는 반시계 방향으로 회전하는 한 쌍의 와류가 형성되었다. 또한 바디 후면과 멀어질수록 전압력 강하영역은 확장되고 와류의 중심은 지면 쪽으로 천이되며 와류세기 또한 약화됨을 알 수 있었다.
- 다. 후미 스포일러를 부착한 경우 상단부에 생성된 심한 와류를 소멸시켜 부착하지 않는 경우에 비해 항력 개수는 약 12%정도 감소하고 주행 안정성은 향상되었다.

3) 특허, 논문, 제품 분석을 통한 과제 추진 계획

(1) 특허분석 측면

특허분석을 통해 에어커튼과 유사성을 찾아서 조사를 하였다. 특허1은 공기를 분사하여 내부 공기가 외부로 유출되는 것을 막는 역할을 하는 것이며 특허2는 주행 중에 벌레가 앞 유리에 충돌하는 것을 막는 역할을 하는 것이다. 두 특허의 공통점으로는 공기막을 형성하는 것이다.

(2) 논문분석 측면

논문분석을 통해 스포일러의 효율성에 대한 분석과 자동차 공기유동의 분석을 통해 자동차 공기유동 현황을 분석을 통하여 스포일러의 최적의 설계를 유추하고 스포일러의 효과에 대해 알 수 있었다.

(3) 제품분석 측면

국내 시장을 조사해본 결과 자동차의 경우 2009년 1월 기준으로 국산차의 경우 73,537대 이다. 이중 SUV의 경우 9,655대가 팔린다. SUV의 경우 계속 해서 증가추세이며 해외에 수출되는 양도 점차 늘어나는 추세이다. SUV외에 또 적용할 수 있는 해치백의 경우 2009년 1월 기준으로 해치백의 경우 8172대(마티즈, 모닝)가 팔렸다. 석유 값의 폭등으로 인하여 앞으로 해치백과 SUV의 판매량은 꾸준히 늘어나고 있다. 이런 추세를 비추어 볼 때 SUV차량과 해치백 차량의 판매는 꾸준히 늘어날 것이며 이에 적용하는 자동차 뒷유리 에어 실드역시 시장비율이 커질 것이다.

제2절 과제의 목표

1. 과제의 목표

공기가 이동할 수 있는 통로를 만들어 유입된 공기가 배출되어 공기막을 형성하게 된다. 이때 차량 뒤에서 일어나는 박리현상으로 인한 먼지들이 뒷유리에 붙지 않게 해준다. 뒷유리에 먼지 등이 없으므로 후방시야가 확보되어 사고를 미연 방지 할 수 있고 청결을 유지하여 미관상 깨끗하게 보일 수가 있다.

제3절 기대효과 및 활용방안

1. 과제의 기대효과

- 자동차가 주행할 때 얻어지는 공기의 흐름을 이용한 원리 이다.
- 따로 동력을 필요로 하지 않기 때문에 구동 모터 등 추가 부품이 들지 않는다.
- 기존의 스포일러나 뒷유리 와이퍼의 단점을 보완한다.

2. 과제의 실용성

해치백이나 SUV 와 같은 차량의 경우에는 뒤쪽에 심한 와류와 진공상태가 만들어 지고 이로 인해 물방울이 공기의 흐름을 타고 떨어져 나가는 게 아니라 와류 및 진공상태 때문에 차량 뒷부분에 표류하는 현상이 생긴다. 그러면 도로 바닥에 있던 각종 먼지가 날라서 차의 뒤쪽에 붙게 되는데 이를 해결하고자 후방에 와이퍼를 따로 설치하여 뒷유리의 먼지나 이물질 제거해준다. 그렇게 되면 해치백이나 SUV 차량은 와이퍼교환, 워셔액 보충, 와이퍼 모터의 교환이 불가피 해지면서 운전자들의 번거로움이 있는데 특히 자동세차 시에 후방 와이퍼를 탈착을 해줘야 되는데 이는 운전자의 번거로움이 있고 또 의식하지 못하는 경우가 더러 있다. 자동세차 시에 후방 와이퍼를 탈착 하지 않으면 세차도중에 브러시에 의해서 와이퍼가 부러진다가나 그로인해 내부모터가 손상이 되어 수리비가 그만큼 빈번하게 지출된다. 이러한 문제점들을 해결해주는 특수한 스포일러를 제작하여 별도의 와이퍼 등의 장치가 필요 없이 주행 중에 얻어지는 공기유동을 이용하여 와류로 인해 후방 유리가 더러워지는 현상을 막는다면, 운전자들의 정비적인 번거로움을 덜 수가 있다.

3. 과제의 경제성

국내 시장을 조사해본 결과 자동차의 경우 2009년 1월 기준으로 국산차의 경우 73,537대 이다. 이 중 SUV의 경우 9,655대가 팔렸고, SUV외에 해치백의 경우 2009년 1월 기준으로 해치백의 경우 8172대(마티즈, 모닝)가 팔렸다. 석유 값의 폭등으로 인하여 앞으로 해치백과 SUV의 판매량은 꾸준히 늘어나고 있다. 이런 추세를 비추어 볼 때 SUV차량과 해치백 차량의 판매는 꾸준히 늘어날 것이다. 이에 따라 해치백 차량을 개선을 통해서 더 많은 판매량과 국내뿐만 아니라 국외시장까지 진출하는데 이바지 할 것이다.

기존의 해치백 차량에 설치되어 있는 후방 와이퍼의 경우, 주기적인 와이퍼 교환과, 워셔액 보충, 내부모터의 잦은 고장으로 유지비가 여느 차량과는 달리 다양하게 요구되고 있다. 이러한 문제점들

을 해결할 수 있는 특수한 형태의 스포일러를 제작한다면, 와이퍼, 워셔액, 모터 등의 주기적인 교환이 불필요 하며, 그에 따라 경제적 손실을 보다 덜어주고, 해치백 차량의 자동차시장 진출에 보다 폭넓게 진출할 것이라 생각한다.

제2장 개념 설계 및 상세설계

제1절 개념설계

1. 이론적 배경

1) 배경

2011년도 우리나라의 자동차 총생산 수는 4,657,094이며 내수판매는 1,474,637대 이다. 차급별 판매 추이는 미니밴 4.0%, SUV 18.3%, 스포츠 0.1%, 대형 15.3%, 중형 23.1%, 준중형 19.6%, 소형 3.7%, 경차 15.9%로 나타났다. 그 중 SUV차량의 선호가 높아져 가고 있으며 SUV의 차량의 교통안전 및 사고도 같이 증가 하고 있다. 요즘에는 대부분의 차종에는 스포일러가 달려있지만 스포일러의 기능인 차량의 주행 안정성을 높이고 공기의 흐름인 와류현상을 원활하게 하여 다운포스를 잡아주는 역할을 한다. 그러나 일반도로에서는 고속주행을 하여야 할 일이 많지 않다. 스포일러가 하는 역할 중 공기의 와류 현상을 가장 잘 보여주는 차량은 버스이다. 비오는 날 버스의 뒷유리를 보면 흙탕물이나 먼지 등으로 더러워져 있음을 볼 수 있는데 주행 중 공기의 와류 현상으로 인해 뒷유리에 흡착이 되는 것이다. 세단형이 아닌 SUV이나 해치백 스타일의 차량 등은 공기의 와류현상을 구조상의 문제 때문에 유연하게 만들 수가 없어 뒷유리 와이퍼를 장착한다. 그러나 뒷유리 와이퍼를 사용하는 방법을 모르는 사람도 있으며 소음과 고장이 심해 사용할 때에 사용을 못하는 경우가 자주 일어난다. 그래서 요즘에는 스포일러의 기능성을 생각하며 장착하는 것이 아니라 시각적인 측면을 우선 시하여 장착하는 것이 추세이다.



그림 2.1 뒷유리에 먼지나 이물질 등의 흡착

	스포일러	뒷유리 와이퍼 및 모터
구입 단가	5~25만원	와이퍼:1~3만원, 모터: 2~10만원 (설치비 5만원 별도)

표 2.1 스포일러, 뒷유리 와이퍼 및 모터 구입단가

그림 2.1 에서 나타나듯이 버스나 SUV 차량에는 주행 중에 발생하는 공기의 와류현상으로 인해 뒷유리가 이물질이나 먼지 등으로 지저분해져 있다. 날씨가 좋지 않거나 야간에 차량의 후방 시야가 확보가 되지 않으며 뒷유리에 와이퍼가 있어서 닦으려고 하더라도 이미 흡착이 되어버린 이물질과 먼지 등은 잘 닦이지도 않고 더욱 지저분해 보여 미관상으로도 좋지 않아 보인다. 그리고 뒷유리가 지저분해져 후방에서의 일어나는 상황을 파악하기 어려워 사고에 대한 대처가 되지 않아 더 큰 사고를 발생한다. 그래서 지속적으로 뒷유리의 청결 상태를 유지해주는 기능을 추가하여 후방 시야를 확보하여 사고를 미연 방지한다. 뒷유리의 와이퍼는 지속적으로 관리를 해주지 않으면 고장이 잦으며 워셔액의 부재로 시야를 확보할 수 있을 정도의 깨끗하게 닦이지 않는다. 따라서 공기의 유동을 이용하여 뒷유리에 와이퍼가 없어도 깨끗하게 유지 할 수 있게 하여 미관상으로도 깨끗하게 보이게 한다. 표 2.1 과 같이 와이퍼와 모터 등의 가격도 적지 않으며 설치를 할 줄 모를 경우 설치비가 따로 들어간다. 그래서 부가적인 지출을 줄일 수 있다.

2. 제품 스케치

1) 기본형태의 3차원 스케치

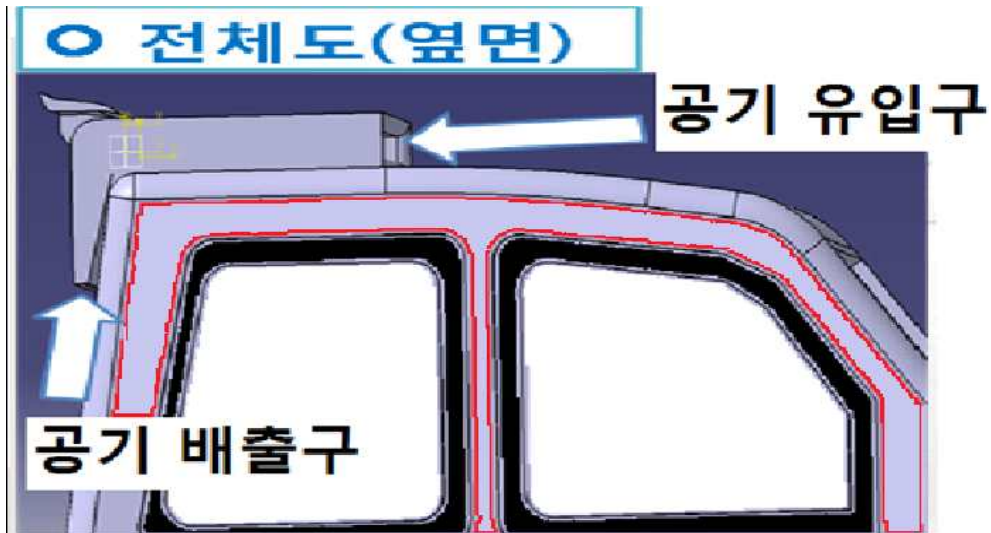


그림 2.2 예상 스포일러 옆면 모습

그림 2.2 는 스포일러의 위치 및 역할을 그림으로 설명한 것이다. 차량의 뒤쪽에 장착하여 주행 시 발생하는 공기가 공기 유입구로 유입되면 공기 배출구로 나와 뒷유리에 공기막을 생성한다. 생성된 주행 시 발생하는 와류로 인해 먼지나 이물질 등이 유리에 붙는 걸 차단한다.

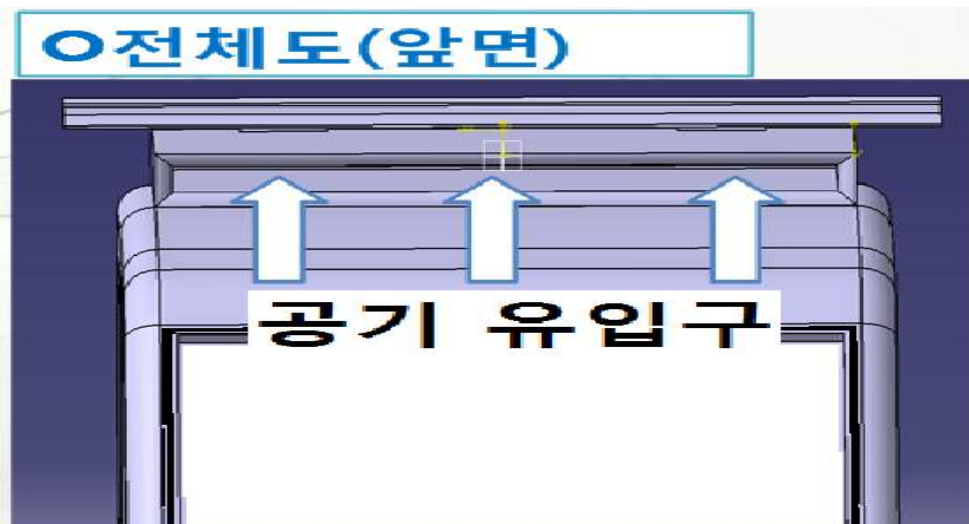


그림 2.3 예상 스포일러 정면 모습

그림 2.3 은 그림 2.2 의 정면에서 보는 것으로 스포일러에 공기가 최대한 많이 유입되도록 설계하여 공기막을 최대한 강하게 형성하게 하기 위해서 이다. 유입되는 공기의 양이 많을 경우 폭이 점점 좁아지는 형태로 내부를 설계하면 배출될 때에는 세기가 강하게 된다.

2) 프로펠러형태의 3차원 스케치

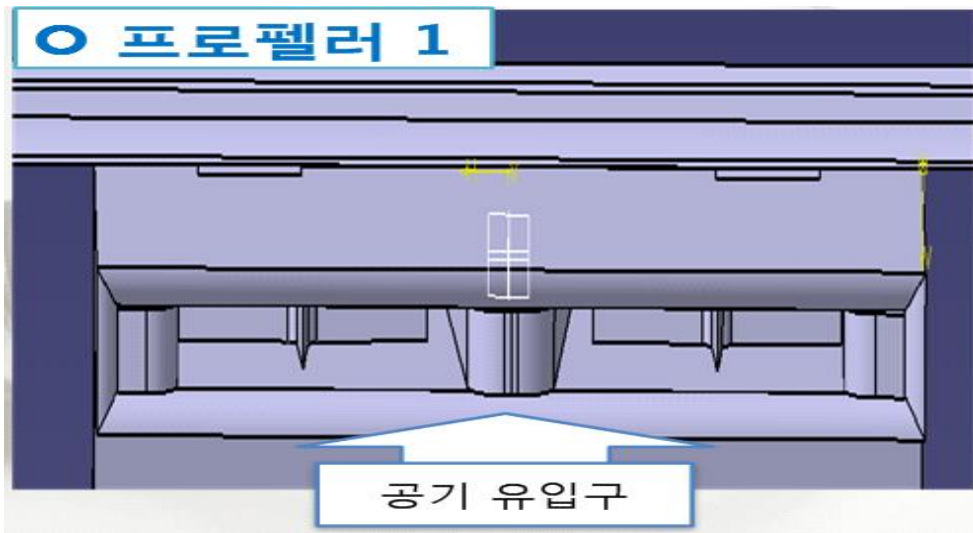


그림 2.4 프로펠러가 누워져 있는 형태의 설계

그림 2.4 는 프로펠러를 장착하여 공기가 유입되었을 때에 배출될 때의 공기의 세기가 강하게 하기 위한 것이며 세기가 강할수록 프로펠러가 빠르게 회전하면 유입되는 공기의 양도 많아 질 것이라는 예상에 설계 하게 되었다.



그림 2.5 프로펠러가 세워져 있는 형태의 설계

그림 2.5 는 그림 2.4와 다르게 선풍기처럼 공기를 뒤로 빠르게 유입될 수 있도록 하는 형식으로 선풍기 날개와 같은 프로펠러를 사용하여 공기의 세기를 빠르게 할 수 있도록 하기 위한 설계 이다.

3. 설계 프로젝트 전체일정

세부과제 및 주요내용	추진일정									비고
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
○ 스포일러 설계 및 제작										
- 스포일러의 설계 및 제작 • 각 part별 요소설계 및 제작										
○ 스포일러의 역학적 개발 및 평가										
- 스포일러의 본체부 설계 • 유체학적, 기계적, 재료 선별특성 분석										
- 스포일러의 유동 시험 • 모형 내부, 외부 최적설계, 입출구의 모양										
○ 보고서 작성										

제2절 시스템 설계

1. 사양 및 요구조건

1) 사용 재료의 선정

스포일러 본체의 재료는 차량의 주행 시 공기저항을 받는 부분으로 그 공기저항을 받았을 때 하중을 견딜 수 있는 강도와 만들기에 용이한 재료를 찾는 것이다. 본체의 형태를 결정하는 중요한 구성요소인 입·출구의 크기와 내부 구조에 따라 공기의 유동이 달라지므로 공기의 유동에 저항을 최소화 할 수 있는 재료를 선정한다. 제작 용이성은 작업장의 협소성과 공구의 부족함, 제작비 등을 고려한다.

(1) 플라스틱의 종류

열적 성질에 대한 플라스틱의 구분		
구분	구조	종류
열경화성	<ul style="list-style-type: none"> 유동성을 띠는 고분자에 축매 등을 가해서 가열 하면 화학반응에 의해 경화된다. 경화된 수지는 재차 가열하여도 유동상태로 되지 않고 고온으로 가열하면 분해되어 탄화되는 비가역적 수지 	초산비닐 불포화폴리에스테르 폴리우레탄 페놀수지 우레아 수지 멜라민 수지 에폭시 수지 등
열가소성	<ul style="list-style-type: none"> 가열을 가하면 용융유동하여 가소성을 갖게 되고 냉각하면 고화하여 성형되는 것이다. 가열용융, 냉각고화 공정의 반복이 가능하게 되는 수지 	폴리프로필렌 폴리스티렌 메타크릴 폴리염화비닐 폴리염화비닐리덴 A BS 수지 등

표 2.2 열적성질에 따른 플라스틱

플라스틱의 열적성질 중 열경화성과 열가소성에 대한 특성과 종류를 설명한 것이다. 표 2.2를 보면서 모형을 제작할 때 필요한 성질의 플라스틱을 선정하는데 고려 할 수 있다.

가. 플라스틱 종류에 따른 기계적 & 열적 성질

수지명 물성	기호	UHMW-PE	HD-PE	PP	PS	MA
	일반명	초고분자량 폴리에틸렌	폴리에틸렌(경질)	폴리프로필렌	폴리스틸렌	메다아크릴 메이트
기계적 성질	비 중	0.94	0.93~0.96	0.9	1.04~1.1	1.31~1.18
	경 도	쇼아D67~69	쇼아D60~70	록웰R85~110	R80~100	R105~120
	인장강도kgf/cm ²	450	200~390	300~480	350~800	350~640
	신장률%	300~450	200~1300	200~700	10~25	20~70
	탄성계수103kgf/cm ²	9~10	4~7	12~17	28~33	17~27
	마찰계수	0.11~0.07	0.18~0.08	0.3	0.5	0.38
	충격강도(Izod Notch)	파괴안됨	>16	1~7	0.6~10	1
열적 성질	열전도율Cal/cm sec.c10-4	8.5	8~12	2~2.8	2.4~3.3	4~5
	열변형온도℃	130	80~100	80~120	90~120	91~108
	선행창계수10-5/℃	0~19	11~13	5.8~10	6~8	5~9
	내열온도℃	90~110	80~90	110	70~100	70~110
	비열Kcal℃	0.44	0.55	0.46~0.5	0.32~0.35	0.35
	내연성	자연	자연	자연	자연	자연

표 2.3 기계적 성질과 열적 성질에 따른 플라스틱 종류(1)

표 2.3 은 플라스틱 종류 중 초고분자량 폴리에틸렌과 폴리에틸렌(경질), 폴리프로필렌, 폴리스틸렌, 메다아크릴 메이트의 기계적 성질과 열적성질에서 비중, 경도, 인장강도, 탄성계수, 마찰계수, 열전도율 등의 값을 표로 나타낸 것이다.

수지명 물성	기호	ABS	6N	MC	POM	PC	PTFE	PVC
	일반명	아크릴니트릴 부다치엔스치렌	폴리아이드 나이론	모노머캐스팅 나이론	폴리아세탈	폴리카보네트	4불화에틸렌 (폴리테트라플 로오르 에틸 렌)-테프론이 란 상품명의 일 종	염화비닐
기계적 성질	비 중	1.07~1.21	1.078~1.11	1.15~1.17	1.41~1.42	1.2	2.14~2.2	1.16~1.35
	경 도	R90~120	R81~110	R95~120	R118	R110~120	쇼아D55	R108~118
	인장강도kgf/cm ²	350~560	520~770	770~980	615~700	560~670	140~350	420~530
	신장률%	50~250	150~270	30~320	25~75	60~130	200~400	40~80
	탄성계수103kgf/cm ²	17~28	11~26.5	24~31	26.4~28.8	22.5~25	5	-
	마찰계수	0.38	0.37	0.35	0.18	0.36	0.1~0.04	0.45
	충격강도(Izod Notch)	0.7~12.0	1.0~3.6	2~3	1.4~2.3	12~16	2.5~2.7	1~3
열적 성질	열전도율Cal/cm sec.c10-4	4.5~8	5.3	5	5.5	4.6	6	3~5
	열변형온도℃	103~125	130~170	149~219	124~140	130~150	-	70~90
	선행창계수10-5/℃	6.5~9.5	7.2	8	8.1~8.5	6.6	7~10	5~10
	내열온도℃	70~100	80~120	100~130	80~120	120~139	260~278	70~90
	비열Kcal℃	0.3~0.4	0.46	0.4	0.35	0.28~0.3	0.25	0.3~0.5
	내연성	자연	자기소화	자기소화	자연	자기소화	불연	자기소화

표 2.4 기계적 성질과 열적 성질에 따른 플라스틱 종류(2)

표 2.4 는 플라스틱 수지 중에서 ABS, 폴리아이드 나이론, MC, POM, PC, PVC 등 의 비중, 경도, 인장강도 등의 기계적 성질과 열적 성질의 값이다.

수지명 물성	기호	PPO	PUR
	일반명	폴리헥머린 옥사이드	폴리우레탄
기계적 성질	비 중	1.06	1.05~1.25
	경 도	R115~120	A70~100
	인장강도kgf/cm ²	700~770	250~600
	신장율%	70~100	100~650
	탄성계수10 ³ kgf/cm ²	26~28	-
	마찰계수	-	0.4~0.8
	충격강도(Izod Notch)	1.5~1.9	-
열적 성질	열전도율Cal/cm sec.c10 ⁻⁴	5.4	1.7~7.4
	열변형온도℃	120~150	-
	선팅참계수10 ⁻⁵ /℃	4.9~5.6	10~20
	내열온도℃	180	80~110
	비열Kcal℃	0.32	0.4~0.45
	내연성	자기소화	자기소화

표 2.5 기계적 성질과 열적 성질에 따른 플라스틱 종류(3)

표 2.5 는 PPO(폴리헥머린 옥사이드)와 PUR(폴리우레탄)의 기계적 성질과 열적 성질의 비중, 경도, 인장강도, 마찰계수, 열전도율의 값을 표로 만든 것이다.

나. 플라스틱의 용도와 특성

종 류	비중	경도 (H _R R)	가격 (원/ g)	특 성	용 도	비 고
M/C NYLON (엠시 나일론)	1.16	95~120	7	내구성(금속의 7배), 내식성, 절연성, 충격흡수성, 자기소화성, 자기윤활성	Roller, Gear, Stopper, Bush, Timing pulley, 제지용, 수송설비	오일론 첨가 M/C Nylon : 내마모성 우수
TEFLON (테프론)-> PTFE(융점327도 시->연속사용:26 0도), PFA(융점:250~2 95도시->연속사 용200도), FEP(융점:302-> 연속사용:260도), PVDF(융점:170~	2.2	10~20	20	내수성, 내약품성, 내열성(~260 ℃), 절연성, 가공성, 자기소화성, 자기윤활성	각종 기계부품, 도금설비 부품	알루미늄 코팅재

185도->연속사용 :120도)						
URETHANE (우레탄)	1.5	60~90	7	내유성, 고탄력, 내한성, 내진성, 내마모성	완충재, Packing재, 방진재	연질 ① coating용 ② pad용 경질
ACRYL (아크릴)	1.2	85~97	2.5	투명성, 내후성	COVER, 조명기구, 가전용품	스프레이용 정전 ACRYL : 가격 2배
ACETAL (아세탈)	1.41	120	9	내약품성(강산제외), 가공성, 불연성, 내피로성	Gear, Shaft, Guide, Screw, Chain, Rail, Roller	
BAKELITE (베크라이트)	1.27	(H _R M) 110	6	절연성, 고강도, 내열성, 가공성(×)	절연판, 단열재, 내열성 Jig (Heater Block 단열)	포(布) 베크라이트 : 취성에 강함 (가공용) * 15(원/ g)
EPOXY-GLASS (에폭시 글라스)	2	(H _R M) 100~11 0	16	절연성, 접착성, 내압성, 내약품성, 내열성(~300 ℃), 가공성(×)	절연재료, 고압용의 기계요소	
POLY-CARBONA TE (폴리 카보네이트)	1.2	110~12 0	12	내충격성 (유리의 300배), 내열내한성 (-100℃~135 ℃), 절연성, 고강도, 내후성	건축물, 위생용품, 기계 COVER용 (Acryl 대용)	국내 생산없음
UHMW	0.94	64~67	12	내마모성, 내충격성, 내약품성, 내수성, 불연성, 내열성(×)	마모가 심한 부품, Guide, Rail	"

표 2.6 플라스틱 용도와 특성

표 2.6에서는 플라스틱의 종류에서 어떤 종류가 어떤 특성을 가졌으며 무슨 용도로 사용되는지, g당 가격을 표로 만들어 나열한 것이다.

(2) 아크릴 판

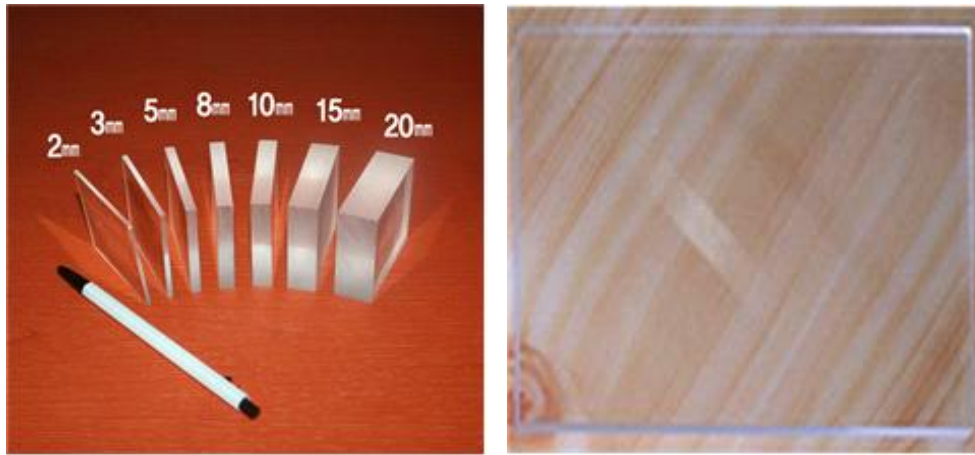


그림 2.6 아크릴 판

가. 아크릴의 특성

- ① 투명성 : 아크릴의 가장 큰 특성중의 하나는 역시 그 투명성에 있다고 할 수 있다.
아크릴의 빛(자외광선) 투과율은 무려 92%에 달하는데, 이것은 모든 플라스틱 중에서 가장 높은 수준이다.
- ② 파괴강도 : 아크릴은 무게가 유리의 1/2정도로 가벼우면서도 같은 두께의 경우유리에 비해 6배에서 17배까지 강한 강도를 가진다.
- ③ 내후성 : 아크릴의 기후에 대한 내구성은 플라스틱 중에서도 가장 우수한 편이어서 건축용 재료로도 많이 사용된다.
- ④ 중량 : 아크릴의 무게는 같은 크기의 유리에 비해 50% 정도이며, 알루미늄의 47%, 그리고 마그네슘에 대해서는 70% 정도이다.
- ⑤ 변형률 : 아크릴은 오랫동안 수축이나 뒤틀림 등의 변형이 없는 재질로서 제도기 등의 정밀성이 많이 요구되는 계측장치에도 다양하게 사용되고 있다.
- ⑥ 내열성 : 아크릴의 최대 내열 온도는 82°C ~ 93°C 이다. 이 이상의 온도에서는 형태와 물성이 변하게 된다. 약 125°C부터 물러지기 시작해서 150°C 정도가 되면 열 성형이 가능해질 정도로 물러진다. 그러나 아크릴은 고온에는 약한 것과는 반대로 저온에는 아주 강해 극도로 추운 날씨에도 깨 지거나 부서지지 않는다.
- ⑦ 절연율 : 아크릴의 표면은 기후와 습도에 거의 영향을 받지 않기 때문에 대부분의 타 물질에 비해 아주 높은 절연 저항치를 갖고 있어 절연 소재로도 적당하다.
- ⑧ 가공성 : 아크릴의 가공성은 널리 알려진 대로 매우 우수하다. 톱질을 하거나 드릴작업 등 마치 나무나 경금속 제품의 가공과 거의 비슷한 가공성을 갖고 있다.

(3) 나사부

스포일러를 제작하였을 때 차량에 부착하기 위해 나사를 이용해 부착한다.

가. 유니파이 나사 규격

KS나사는 한국표준규격이고, 유니파이나사는 미국표준규격 이다.

유니파이나사는 나사산의 각도 60° 이며, 피치 및 직경은 인치(inch) 단위이다.

예) 1/4-20 UNC 는 유니파이 보통나사이며,

나사 Size는 1/4인치(6.35mm), 1인치당 나사산수는 20개

나. 유니파이 나사 호칭

UNC(Unified national coarse): 유니파이 보통 나사

호칭:1/4~4inch

UNF(Unified national fine): 유니파이 가는 나사

호칭:1/4~1+ 1/2inch

UNEF(Unified national extra fine): 유니파이 매우 가는 나사

호칭:1/4~2inch

UN : Unified Constant Pitch

UNS : Unified Special

국내에서 유니파이나사 라고 하면 JIS유니파이 나사로 한다.

- 유니파이 보통나사 (규격 JIS B 0206-1973, KS B 0203-74) : 표기 UNC
- 유니파이 가는나사 (규격 JIS B 0208-1973, KS B 0206-74) : 표기 UNF

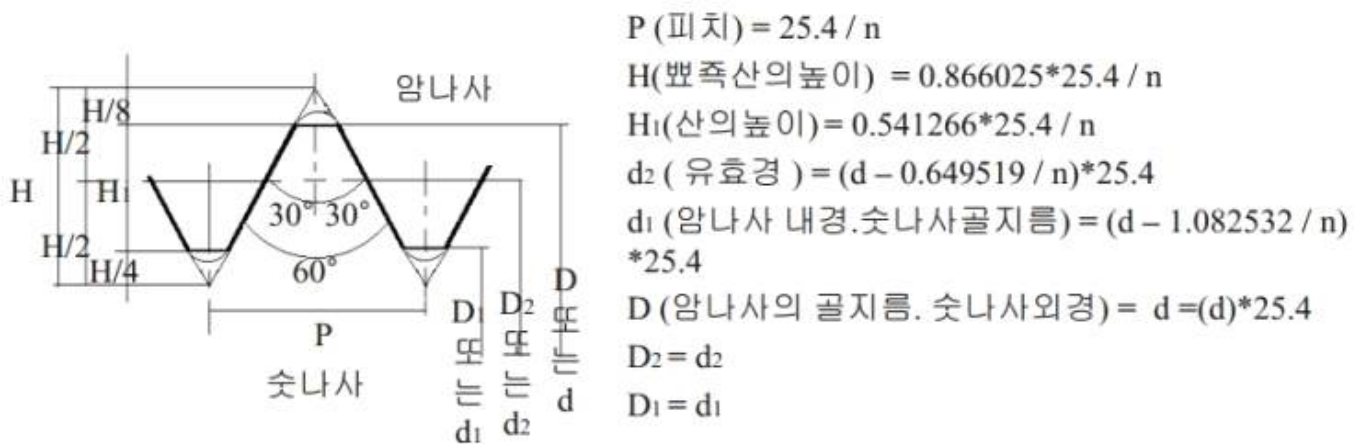


그림 2.7 나사산의 도면

그림 2.7은 KS규격에 맞는 나사산을 알아보기 쉽게 도면화 한 것이다.

다. 유니파이 나사 표기방법

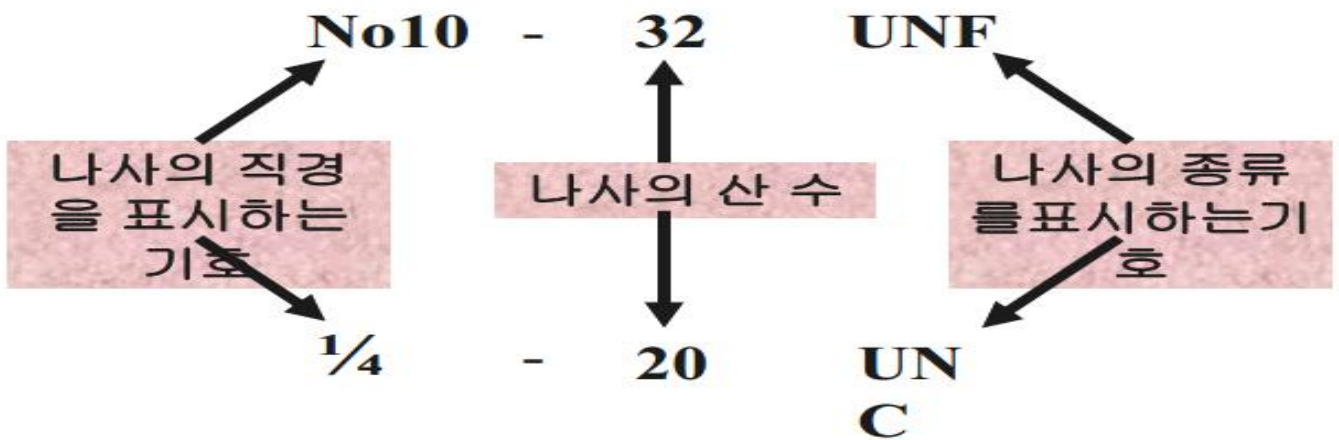


그림2.8 나사 표기법

그림 2.8은 유니파이 나사의 표기법으로 대부분의 나사는 머리 부분에 인치가 있지만 유니파이 나사의 경우에는 나사의 직경과 나사의 산 수, 나사의 종류를 표시하여 사용자가 알아보기 쉽게 표기하고 있다.

2. 속도와 공기저항 관계

$$\text{공기저항} = Cd \times D \times V^2$$

자동차 속도와 공기저항 관계에 따른 공기저항계수는

공기저항계수	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
단면적	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
자동차속도	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
자동차 공기저항	1470	1920	2430	3000	3630	4320	5070	5880	6750	7680	8670	9720
	131%	165%	204%	247%	294%	345%	400%	459%	522%	590%	661%	

표 2.7 자동차 속도와 공기저항

표 2.7은 단면적과 공기저항계수는 동일하되 자동차 속도에 따른 공기저항과 공기의 속도와의 관계를 알아보려고 하는 표이다. 이 표를 이용하여 공기속도에 따른 공기막과 와류의 마찰면에 대한 저항을 알아보려고 한다.

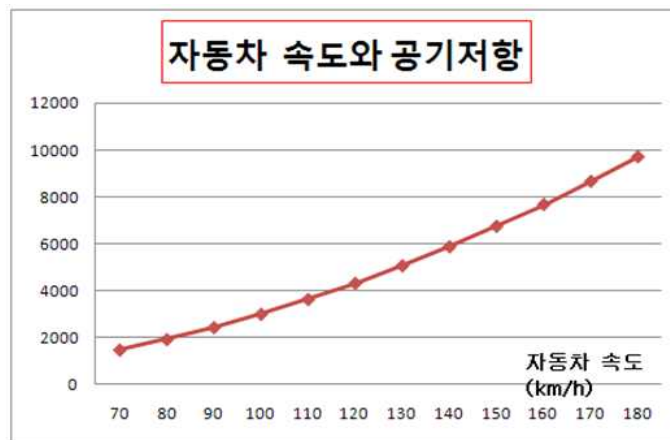


그림 2.9 자동차 속도와 공기저항의 그래프

그림 2.9는 표2.7의 값에서 자동차 속도와 공기저항을 알아보기 쉽게 그래프로 나타낸 것이다.

자동차의 공기저항에 의한 항력계수(C_D)는 연비 및 최고속도 등의 동력 성능을 동시에 향상시킬 수 있는 항목이다. 따라서 설계 및 디자인 초기단계에서부터의 공력 성능의 예측 및 개발은 중요한 요소이다. 디자인 모델의 성능 예측 및 시험용 차가 없다면 전산해석의 방법이 중요하다.

일반적인 자동차의 유동 프로그램은 CFD(Computational Fluid Dynamics)을 사용한다. 이 프로그램을 활용하여 차량 개발 기간을 단축하고 실험을 통해 얻기 힘든 많은 유용한 정보들을 얻을 수 있다.

2. 공기저항의 계산

공력특성과 공기저항을 계산하기 위해서는 지배방정식인 연속 방정식, Navier-Stoke 방정식, 난류모델방정식 등을 사용한다. RNG $k-\varepsilon$ 모델은 기존의 표준 $k-\varepsilon$ 모델의 소산율 방정식에 박리 등에 의해 생성되는 유동의 비등항성 효과를 묘사하기 위해 추가적인 생성항인 $-\rho R$ 항이 첨가된 모델이다. 추가된 R항은 변형률을 의미하며 다음의 식(1)과 같이 정의된다.

$$(1) \quad R = 2 \frac{\mu}{\rho} S_{ij} \overline{\frac{\partial u_1}{\partial y_i} \frac{\partial u_1}{\partial y_j}}$$

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial y_j} + \frac{\partial u_j}{\partial y_i} \right)$$

또한 위의 R항은 다음의 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$(2) \quad R = 2 \frac{C_\mu \eta^3 (1 - \frac{\eta}{\eta_0})}{1 + \beta \eta^3} \frac{\varepsilon^2}{K}$$

$$\beta = 0.012, \eta_0 = \sqrt{\frac{C_{\varepsilon 2} - 1}{C_\mu (C_{\varepsilon 1} - 1)}}$$

$$C_\mu = 0.085, C_{\varepsilon 1} = 1.42, C_{\varepsilon 2} = 1.68$$

여기서 $\eta = Sk/\varepsilon$ 는 난류와 평균 변형률의 시간 척도를 나타내는 $S^2 = 2 S_{ij} S_{ij}$ 은 변형률의 크기를 의미한다.

제3절 상세 설계

2. 3차원 스포일러 모델링

1) 기본이 되는 3차원 모델링

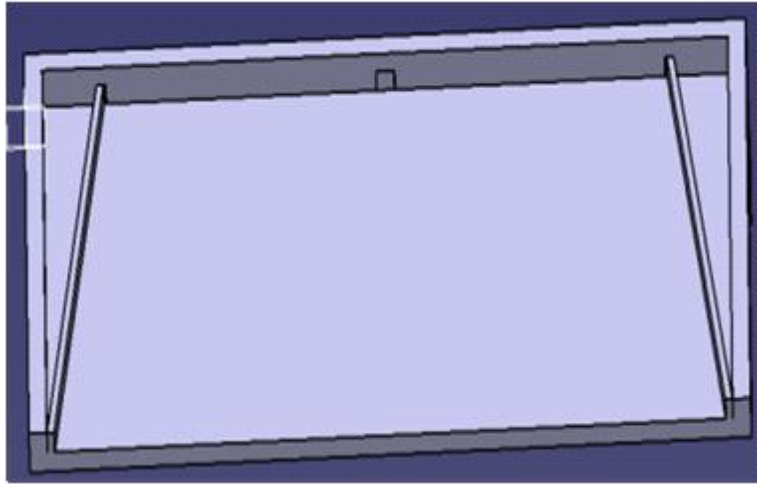


그림 2.10 기본 모델링

그림 2.10은 가장 기본이 되는 3차원 모델링 형상이다. 입구에서 뒤로 갈수록 통로의 폭이 점차 좁아지는 형식으로 공기의 배출속도를 높이하고자 이 같은 설계를 하였다.

2) 변형된 3차원 모델링

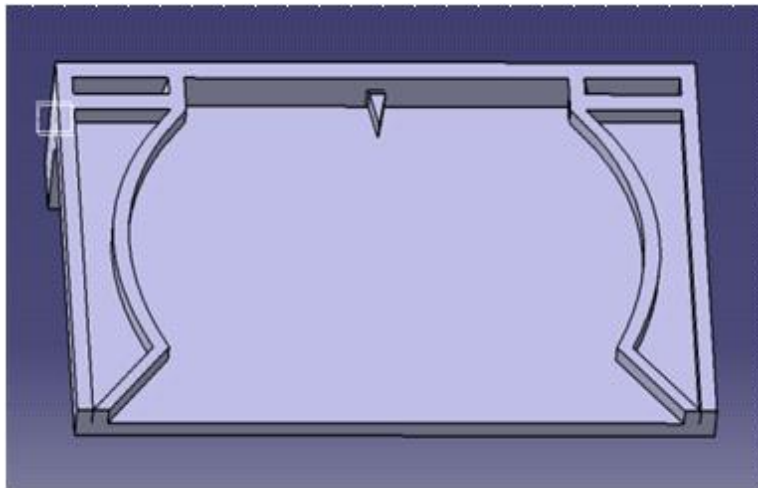


그림 2.11 변형된 모델링-1.

그림 2.11은 기존의 설계에서 변화를 주어 공기의 유동을 더욱 원활하게 해주기 위해 유입부 양끝 부분에 구조물을 설치하여 공기의 유입 시 속도를 높여주기 위하여 설계하였고 내부의 반구형을 함으로서 유체의 흐름을 부드럽게 해주기 위해 설계 하였다.

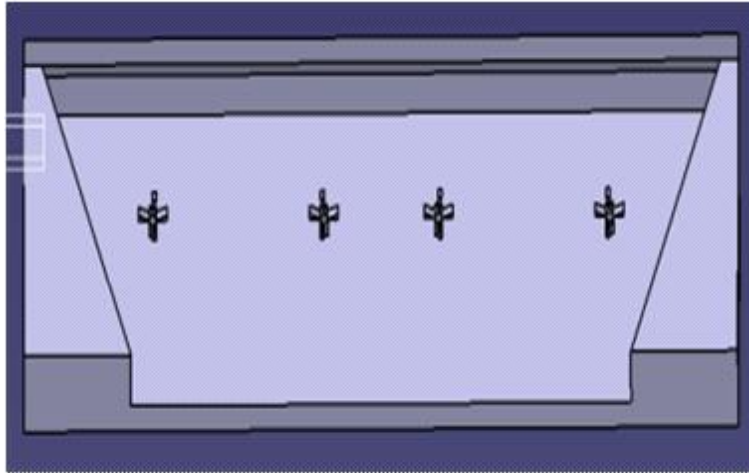


그림 2.12 변형된 모델링-2.

그림 2.12는 그림2.10의 모델을 바탕으로 하면서 선풍기의 원리를 이용하여 설계하였다. 팬 블레이드(프로펠러)를 공기의 유동통로에 설치하여 유입되는 공기를 배출구 쪽으로 강하게 내보낼 수 있도록 하였으며 초기 설계에는 10개 이상 설치를 하려고 했지만 공간의 부족으로 4개의 팬 블레이드가 강할 것으로 생각되어 4개의 프로펠러를 설치하게 되었다.

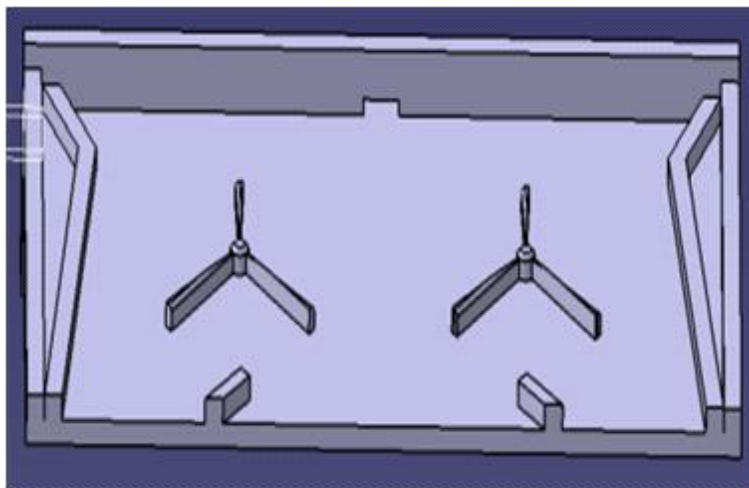


그림 2.13 변형된 모델링-3.

그림 2.13은 프로펠러는 눕히는 형식의 설계로 프로펠러를 유동통로에 설치하여 공기가 유입되면 프로펠러의 블레이드에 부딪칠 때 저항으로 밀리는 특성을 이용하여 공기의 유동이 많아지면 프로펠러의 블레이드가 빠르게 돌아가면서 유입되는 공기가 더욱 빠르게 배출구로 나갈 수 있도록 하기 위해 설계하였으며 입구에 구조물을 설치한 목적으로는 공기 유동을 프로펠러 블레이드 쪽으로 유도하기 위해 설치하였다.

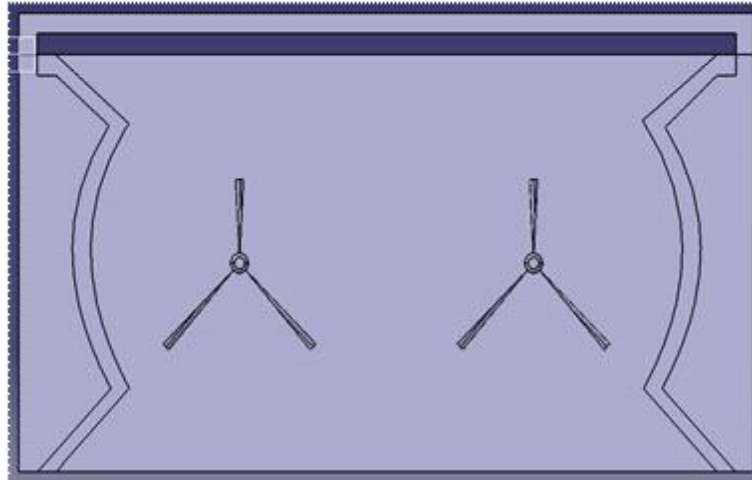


그림 2.14 변형된 모델링-4.

그림 2.14는 그림 2.11을 기준으로 내부에 프로펠러 설치하여 그림 2.13과 같은 원리를 이용하려고 설계한 것이다. 다만 그림 2.13과 다른 점은 입구에 유동을 가운데로 유도할 수 있는 구조로 설계하며 프로펠러가 회전 시 원활하게 하기 위해 반구형으로 설계 하였다. 끝부분에는 자동차 뒷유리에 공기가 잘 퍼지도록 양끝 부분을 넓게 퍼지는 형태로 설계 하였다.

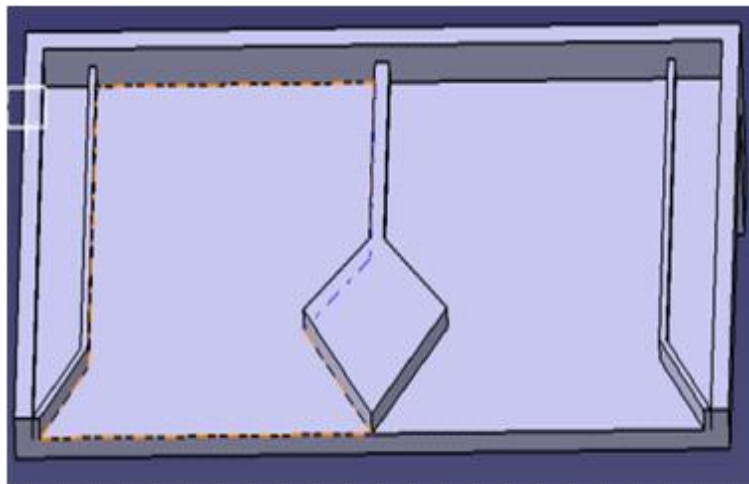
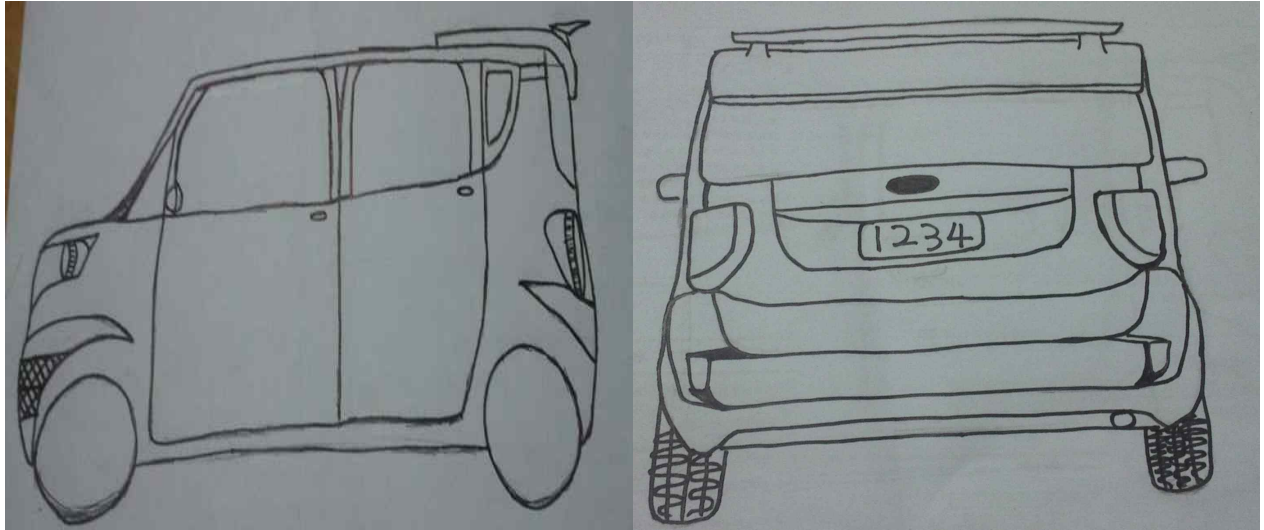


그림 2.15 변형된 모델링-5.

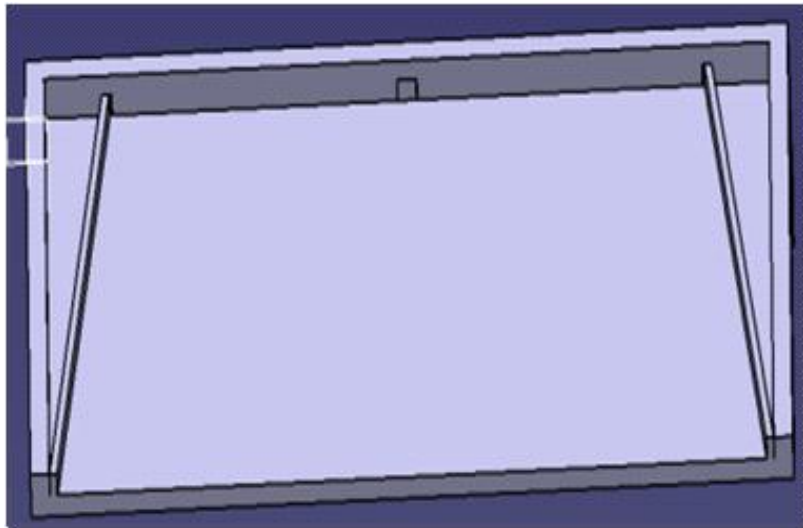
그림 2.15와 같은 경우는 유입통로 가운데 마름모 형태로 설계하여 공기의 유입 시 입구가 좁아지므로 공기의 유입 세기도 강해질 것으로 생각하였으며 공기가 빠르게 유입되면 배출되는 속도도 빨라 질 것이라는 생각에 설계 하게 되었다.

제3장 제작 & 공정도

제1절 공정도



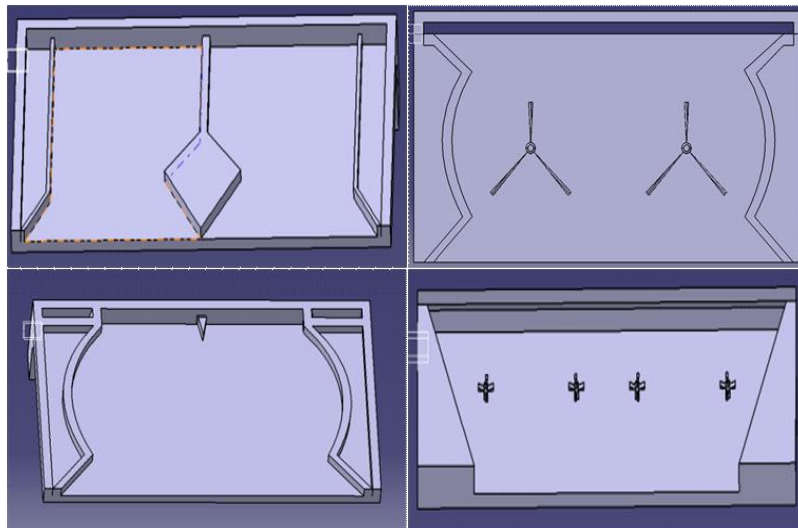
1.스케치를 먼저 그려본다.



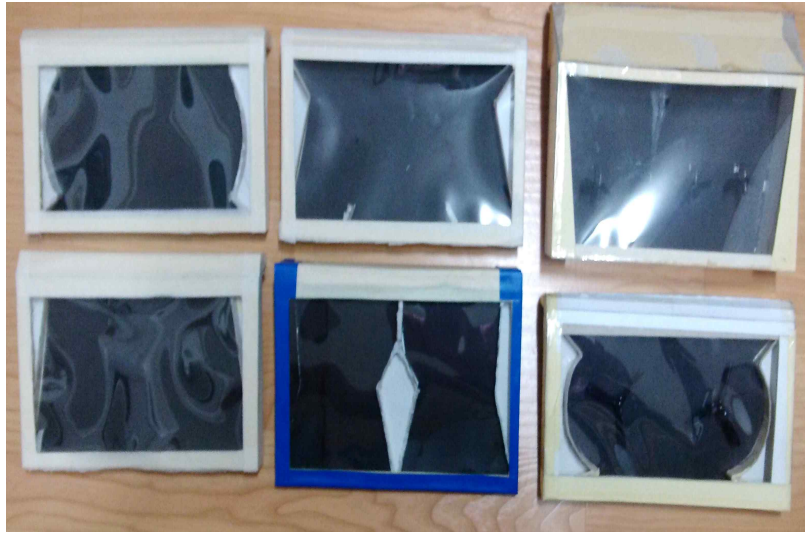
2. CATIA을 이용하여 초안이 될 도면을 그린다.



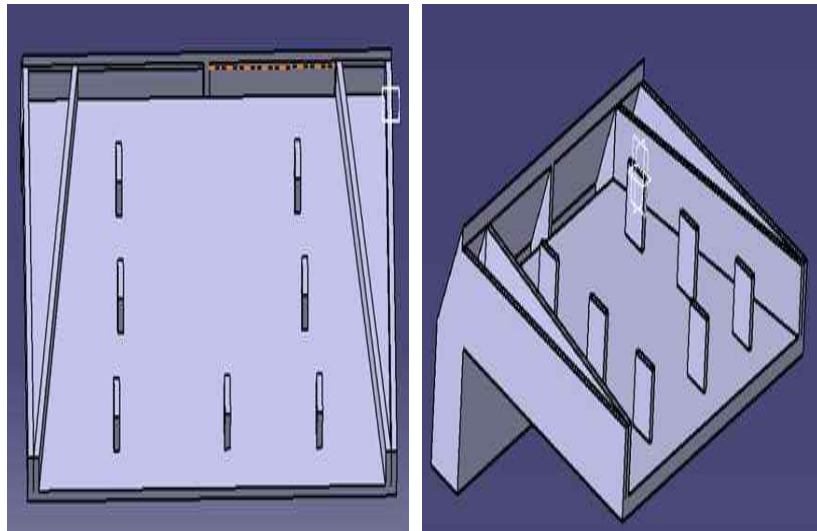
3. 초안으로 사용할 도면을 3차원 자동차 도면에 결합하여 스케치와 비교를 하여 본다.



4. 초안이 될 CATIA 도면을 바탕으로 제품의 내부를 여러 형태의 모양으로 설계하여 도면을 작성한다.



5. 작성된 CATIA 도면을 이용하여 모형을 제작한다.



6. 제작한 모형 중 시험을 통하여 최적의 설계를 유추하여 실제 차량에 맞게 재설계를 한다.



7. 모형 중 최적의 설계가 된 모델을 유추하여 실제 차량 크기로 제작한다.



8. 완성된 모델을 실제 차량(코란도)에 장착하여 본다.

제2절 제작 일정

1. 제작 일정

제작 일정	제작 과정
3월 19일 ~ 4월 23일	어떤 제품을 개발할 것인지 브레인스토밍을 실시하였다.
4월 30일 ~ 5월 07일	결정된 제품에 대한 보완점 회의를 실시하였다.
5월 14일 ~ 5월 21일	제품에 대한 특허 및 논문 조사를 실시하였다.
5월 19일 ~ 6월 04일	제품에 관한 설계방법을 회의 및 결정을 하였다.
7월 09일 ~ 7월 23일	CATIA를 이용한 제품 도면을 그린다.
7월 30일 ~ 7월 31일	제품에 대한 관련재료를 구입 하였다.
8월 03일 ~ 8월 13일	제품을 만들기 전에 모형제품을 만들었다.
8월 16일 ~ 8월 20일	모형제품을 기준으로 여러 모형을 추가 제작을 하였다.
8월 24일 ~ 8월 25일	제작된 모형제품을 이용하여 여러 가지 시험을 실시하였다.
9월 03일 ~ 9월 06일	시험의 결과를 토대로 최적의 모형제품을 선택하여 실제 제품에 맞도록 설계 하였다.
9월 10일 ~ 9월 12일	수정된 설계에 맞도록 실제 차량의 치수를 측정 하였다.
9월 13일 ~ 16일	측정된 치수를 토대로 재설계를 하였다.
9월 20일 ~ 9월 23일	수정된 CATIA 도면에 맞는 재료에 대한 조사를 실시하였다.
9월 25일	조사로 선정된 재료를 구입 하였다.
10월 4일 ~ 10월 7일	수정된 도면을 제품화 하였다.
10월 8일	완성된 제품을 차량에 장착하여 시험을 하였다.
10월 9일 ~ 10월 10일	시험을 통한 보완점에 대한 토의를 하였다.
10월 15일	도출된 보완점으로 재설계를 하였다.

10월 16일 ~10월 21일	재설계된 도면으로 실제 모형을 보안을 하였다.
10월 29일	보완된 모형으로 실제 차량 재시험을 실시하여 성능에 문제가 없는지 점검을 하였다.
11월 01일 ~ 11월 10일	최종 보고서를 작성 및 보완점을 수정 하였다.
11월 15일	최종 보고서 제출
11월 22일	학부 경진대회 발표

제4장 운영 및 시험

제1절 운영 및 시험 요구조건

실제 차량 크기에 맞게 스포일러를 제작하기 전에 10:1의 비율로 모형을 제작하여 풍속 시험과 드라이아이스, CFD(Computational Fluid Dynamics) 프로그램을 이용하여 유동현상에 대한 시험을 하였다. 시험을 통한 결과 값을 토대로 최적의 설계를 유추하여 실제 차량 크기의 모형을 제작하는 반영한다.

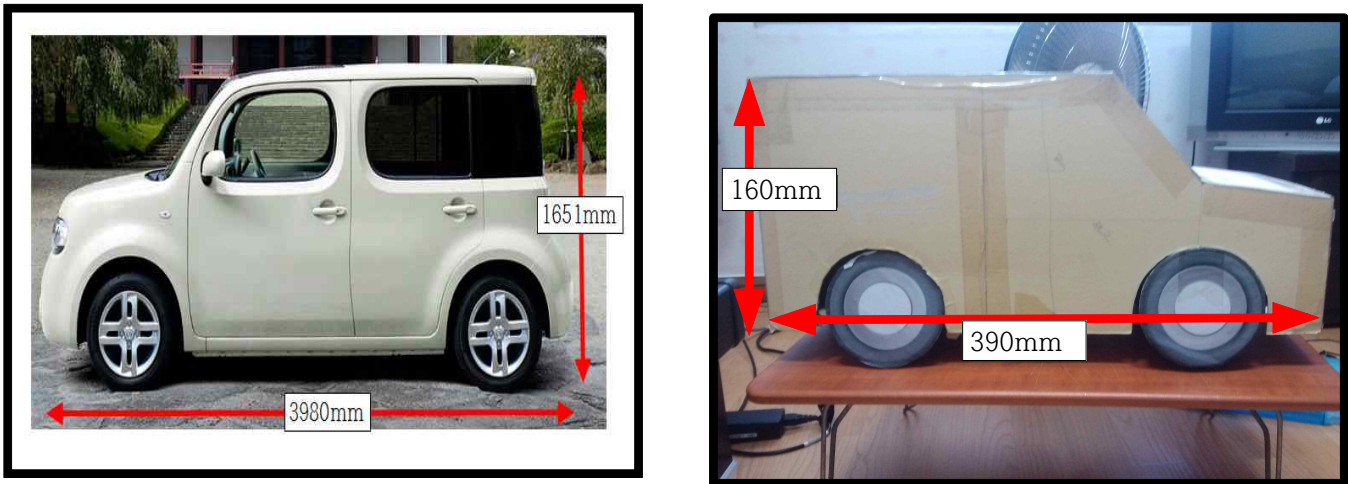


그림 4.1 실제 차량과 모형 차량의 비율

그림 4.1은 기아자동차 레이를 기준으로 제작되었으며 10:1의 비율로 모형 자동차를 제작하였다. 모형자동차에 장착될 모형스포일러 또한 모형자동차의 기준으로 치수를 측정하여 제작하여 시험을 하였다.

1. 풍속 시험 시 요구 조건

- ① 풍속 시험은 모형 풍동 시험실을 만들어 외부의 공기 유입을 막으며 시험을 한다.
- ② 주행 시 스포일러에 유입되는 바람은 에어건으로 대체한다.
- ③ 바람의 세기는 자동차 속도 100km를 기준으로 잡고 에어건의 세기는 0~30m/s 까지 한다.
- ④ 에어건을 분사하였을 때 방해가 될 요소를 제거한다.
- ⑤ 에어건의 세기 및 측정값은 일정하게 유지되지 않기 때문에 평균값을 측정한다.

2. 드라이아이스 시험 시 요구 조건

- ① 드라이아이스 연기가 최대한 많이 나오도록 한다.
- ② 연기가 흰색이므로 암실을 만들어 시험을 한다.
- ③ 모형 스포일러의 윗부분을 투명하게 만들어 연기의 흐름을 알 수 있도록 한다.
- ④ 드라이아이스의 연기는 미세한 바람에도 흐트러지므로 움직임을 최소화 하여 시험을 한다.

제2절 운영 및 시험 결과

1. 풍동 시험

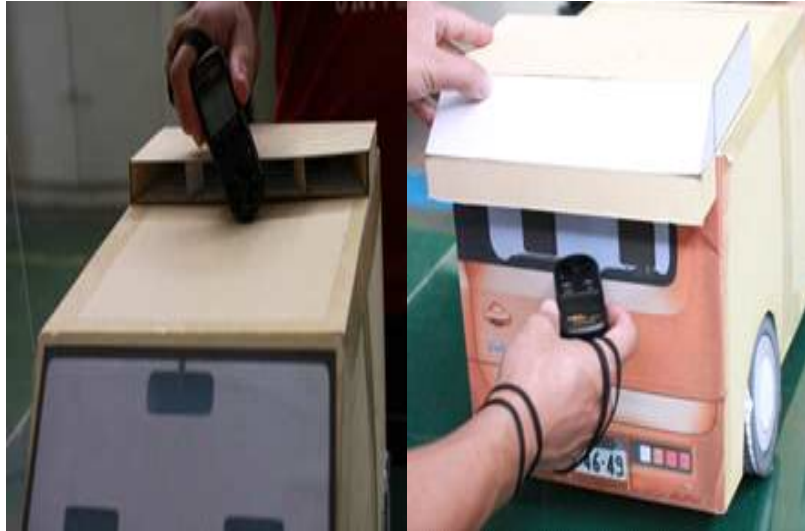


그림 4.2 풍속계를 이용한 풍속 시험

그림 4.2는 풍동시험실 내에서 풍속 시험 중인 그림이며 모형 차량은 주행이 불가능하므로 실제 차량이 주행하는 것과 같은 풍속을 주기 위하여 유입되는 풍속을 측정한다. 또한 스포일러에 통과되어 배출되는 공기의 풍속을 추가로 측정한다. 배출되는 공기를 측정하는 이유는 유입되는 공기의 양과 배출되는 공기의 양을 비교하여 가장 좋은 값이 나오는 모형을 유추하기 위해서 이다.

1) 모형별 풍속 시험

(1) 1번 모형

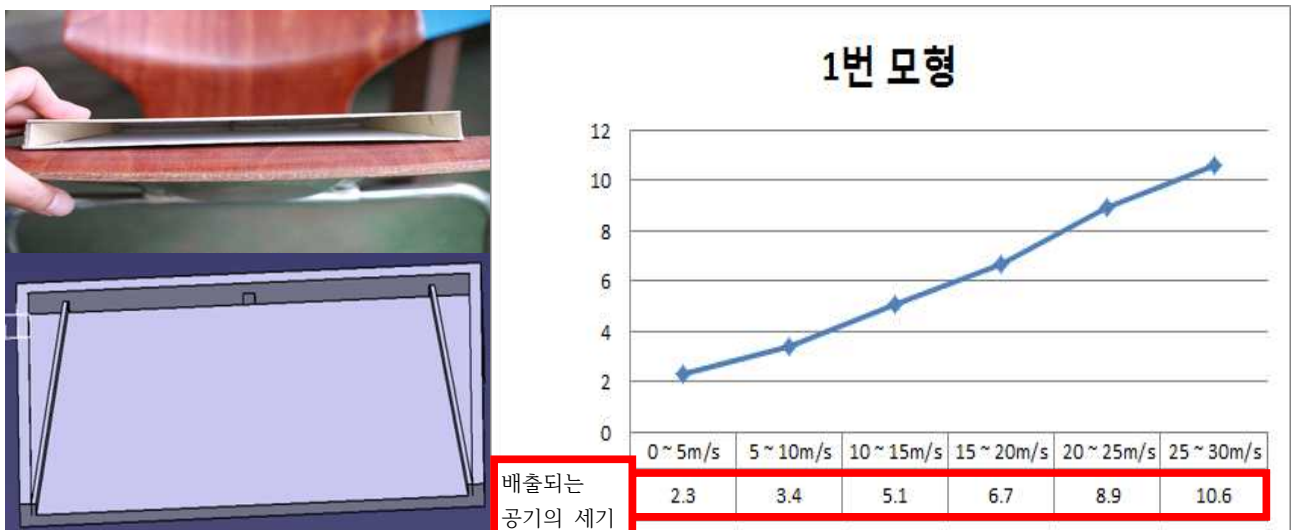


그림 4.3 모형의 내부가 단순한 모양일 때

그림 4.3은 기본이 되는 모델 형상으로 베르누이의 공식에 따라 입구가 점점 좁아지는 형식으로

설계를 하였다. 입구가 점점 좁아지는 형식으로 설계가 되어있고 저항이 되는 물체가 없어서 유입되는 공기의 세기가 높을수록 배출되는 공기의 세기도 일정하게 높아져 차량의 속도가 100km일 때 나오는 30m/s 일 때에는 10.6m/s 로 나오는 걸 알 수 있다.

(2) 2번 모형

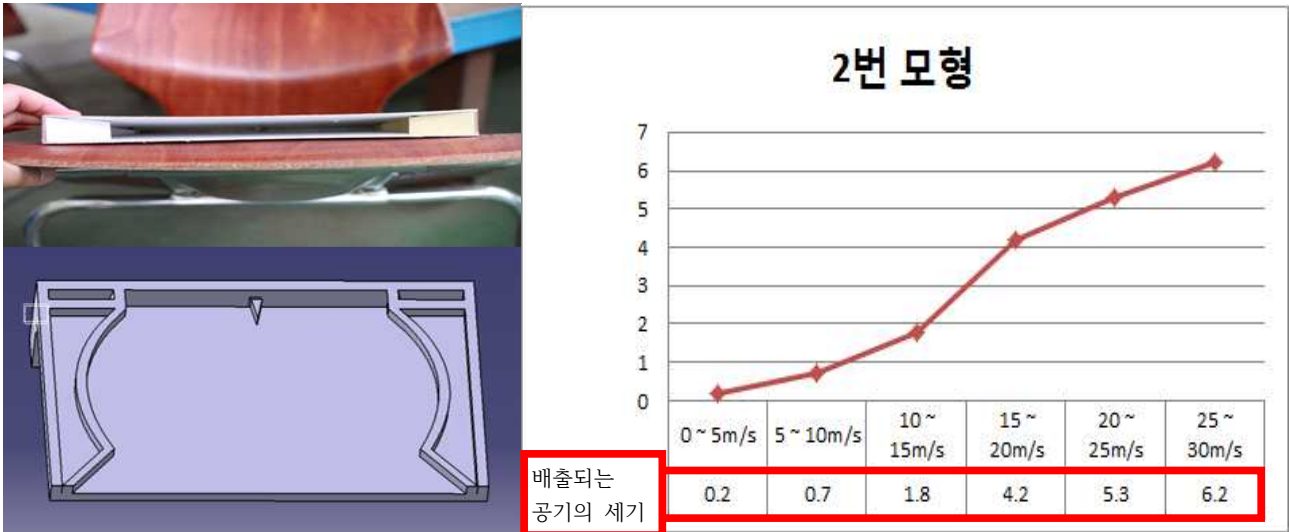


그림 4.4 모형의 내부가 반구형일 때

그림 4.4는 공기의 유동흐름을 원활하게 하기 위해 내부에 반구형 형태로 설계를 하였지만 바람의 세기가 적을 때에는 와류로 인해 저항이 생겨서 배출되는 공기의 세기가 약했지만 10~15m/s 구간에서 배출되는 공기의 세기가 상승하는 걸 볼 수 있는데 이는 바람의 세기가 올라가면서 저항이 되는 와류가 생성되지 않는 것을 알 수 있었다.

(3) 3번 모형

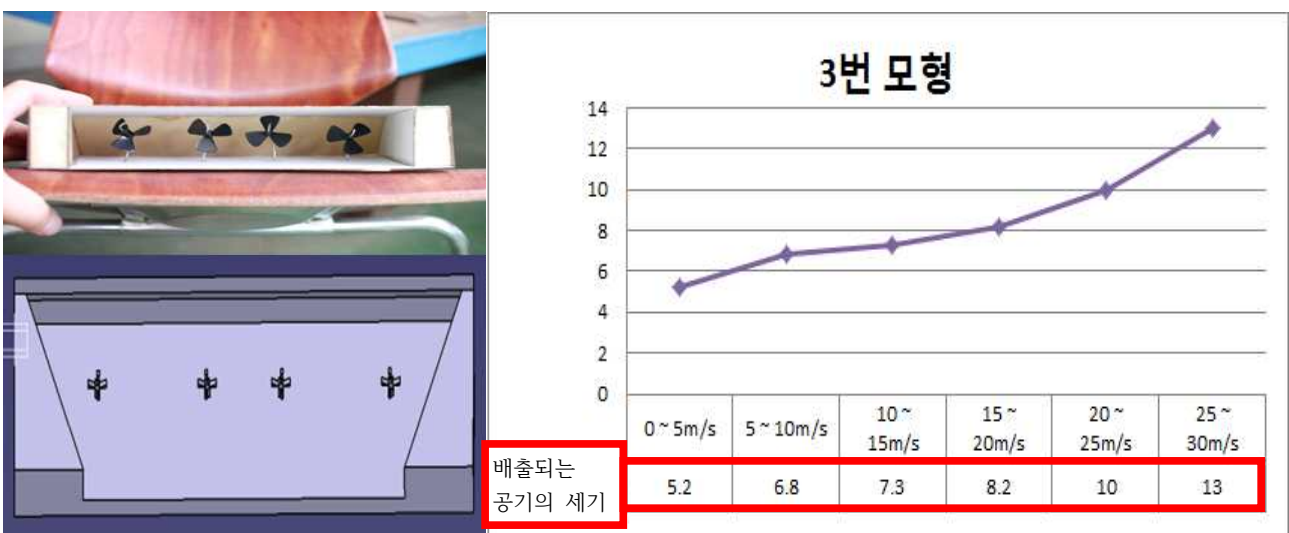


그림 4.5 모형 내부에 프로펠러를 장착 하였을 때

그림 4.5는 팬 블레이드(프로펠러)를 장착하여 유입되는 공기의 세기를 더욱 높이려고 장착하였으

나 팬 블레이드를 세우게 되면서 높이가 높아지게 되었다. 높이가 높아지면서 공기의 유입이 많아져 공기의 세기도 강해 졌지만 팬 블레이드가 유입되는 공기를 강하게 해주지 못하였으며 저항을 만들어내 바람의 세기가 약하게 배출되게 되었다.

(4) 4번 모형

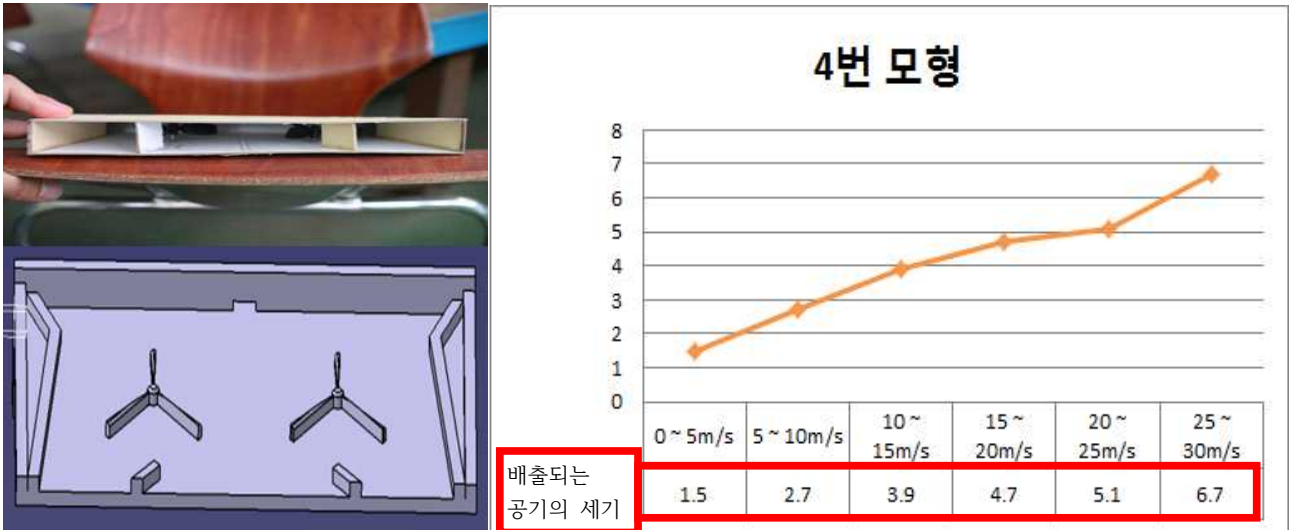


그림 4.6 모형 내부에 프로펠러와 공기유도장치 설치하였을 때

그림 4.6의 설계는 프로펠러를 양쪽에 장착하고 유입구에 공기유도장치를 설치하여 프로펠러를 빠르게 회전시켜 유입되는 공기의 속도를 높일 수 있도록 하기 위해서 이다. 처음에는 공기유도장치와 프로펠러로 인해 저항이 심해 공기의 세기가 약했지만 차량시속100km와 같은 25~30m/s 일 때에는 급격하게 상승하는 걸 알 수 있었다. 프로펠러를 장착하였을 때에는 바람의 세기가 일정이상 올라가야 그 성능을 발휘할 수 있다는 걸 알 수 있었다.

(5) 5번 모형

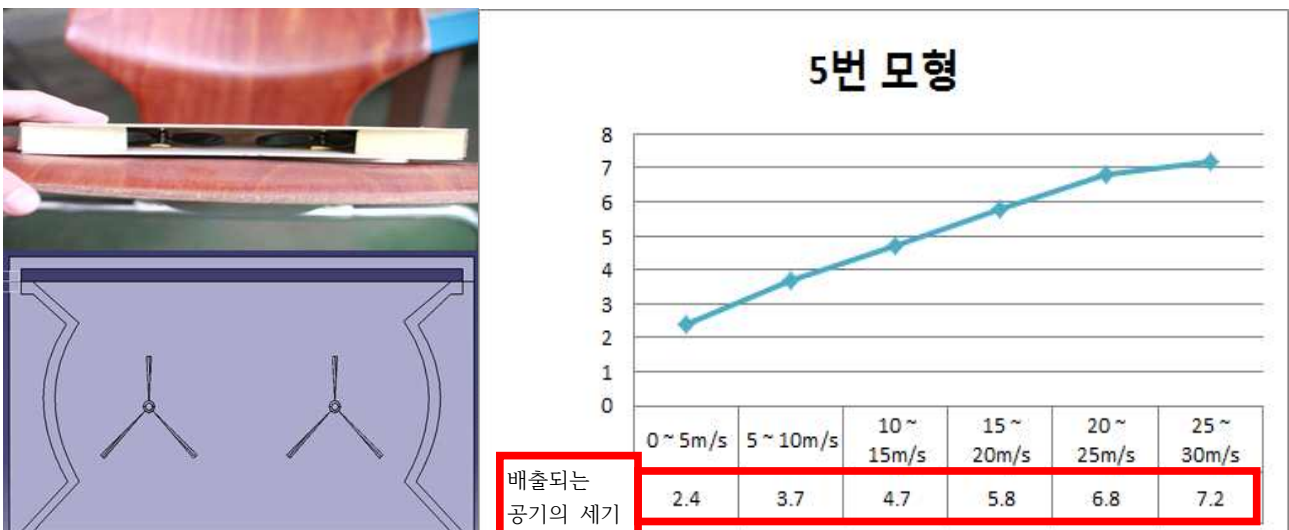


그림 4.7 내부에 반구 형태로 프로펠러를 양쪽에 설치하였을 때

그림 4.7은 반구형의 설계에 프로펠러를 장착한 설계이다. 다르게 공기유동장치가 없어서 인지 유입되는 공기와 배출되는 공기의 세기가 일정하게 올라가는 걸 알 수 있었다. 4번 모형과 같은 프로펠러를 장착하여 공기의 세기를 높이는 걸 유도 하는 걸 목표로 하고 있다. 4번과 그러나 공기가 25~30m/s 로 유입 될 때에는 약해지는걸 알 수 있었다. 일정하게 올라가다 급격히 떨어지는 이유는 바람이 강해지면서 프로펠러 날개 양쪽에 저항이 생겨 일정한 방향으로 회전하는 운동을 방해하는 것 같다.

(6) 6번 모형

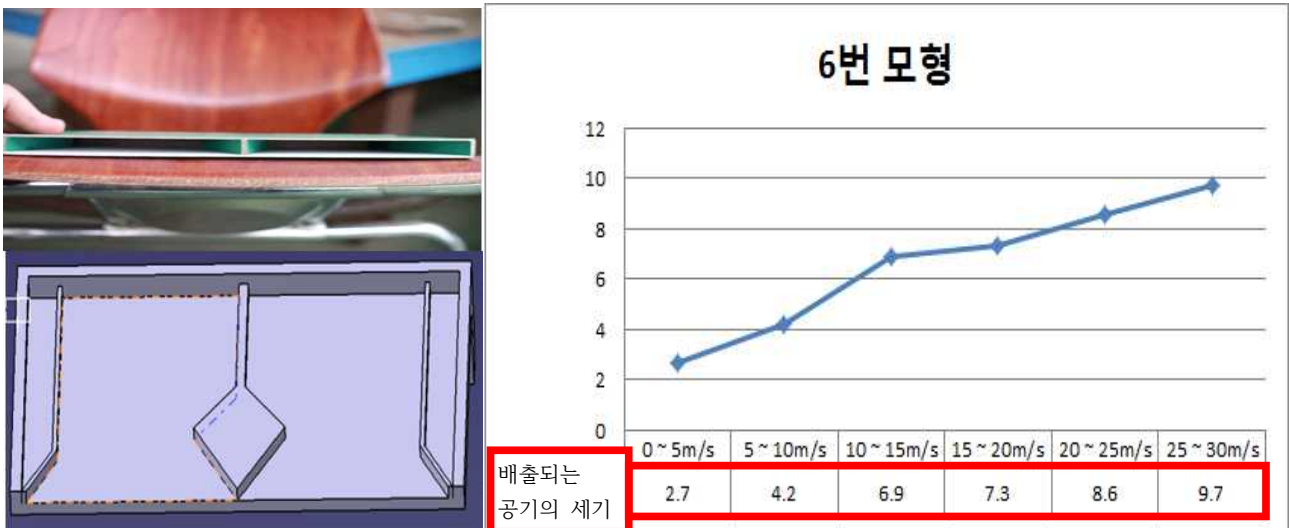


그림 4.8 내부에 마름모 형태의 구조물을 설치하였을 때

그림 4.8은 가운데 마름모 형태의 물체를 넣어 공기가 퍼지는 걸 막고 배출구 쪽으로 빠르게 유도 되도록 하기 위한 설계 이다. 처음 0~15m/s까지는 빠르게 배출되는 공기의 세기가 강하다는 걸 알 수 있었지만 10m/s부터 급격히 약하게 배출 되었다. 여기서 우리는 공기의 세기가 약할 때에는 가운데에 있는 마름모가 그 역할을 충분히 하였지만 유입되는 공기의 세기가 강할수록 배출되는 공기의 세기가 점차 약해지는 걸 알 수 있었다. 그러나 다른 설계와 비교했을 때에는 좋은 결과가 나오는 걸 알 수 있었다.

2) 결과 및 문제점

6가지 모형을 가지고 풍속시험을 하였다. 각각의 내부 설계에 따라 그림(4.4)(4.5)(4.6)(4.7)(4.8)과 같이 구조물을 추가·변경하거나 프로펠러를 장착하여 세기를 향상시키려고 하였지만 생각과는 다르게 유입되는 공기의 세기보다 배출되는 공기의 세기가 평균 50%이하로 감소되는 것을 알 수 있었다. 그 결과로 구조물을 추가·변경하거나 프로펠러를 장착한 모형보다 기본이 되는 그림(4.3)의 값이 가장 좋았다. 하지만 에어컨의 특성상 공기가 퍼지지 않아 차량의 주행과 같은 효과를 얻을 수 없었고 사람이 직접 에어컨을 분사하여 정밀도가 떨어져 바람의 세기가 일정하게 나오지 않았기 때문에 이론과 시험을 통한 결과가 차이가 있었다.

2. 드라이아이스 시험

드라이아이스 시험은 모형의 내부에 통과하는 공기의 와류와 이동경로를 알아보기 위한 시험이다.

1) 드라이아이스

드라이아이스 시험을 하기 전에 시험할 장소에 검은색 색지와 모형 내부에 검은색 종이를 붙이고 그 위에 투명필름을 붙여서 내부를 육안으로 볼 수 있게 하였다.

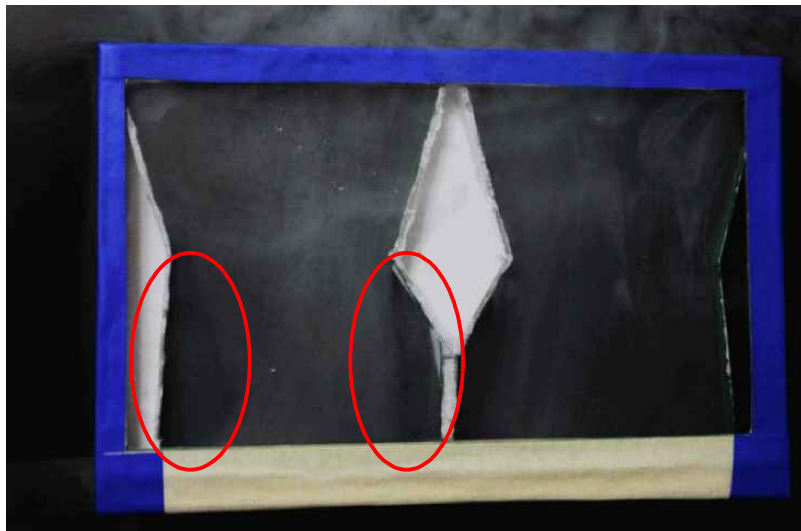


그림 4.9 마름모 형태의 구조물이 있을 때

그림 4.9와 같이 드라이아이스를 분사 하였을 때 원의 안과 같이 연기가 구조물에 영향을 미치지 않고 진공상태가 되며 연기가 배출구로 빠져 나가는걸 알 수 있었다.



그림 4.10 모형의 내부가 단순한 모양일 때

그림 4.10 와 같이 처음 기본 도안으로 생각한 것으로 입구부터 점점 좁아지는 형식으로 연기가 전체적으로 퍼져서 배출되는 걸 알 수 있었다.



그림 4.11 내부에 반구형 프로펠러를 양쪽에 설치하였을 때

그림 4.11 과 같이 드라이아이스 연기가 프로펠러가 회전을 할 정도로 유속이 강하지 않아 연기의 유동을 알 수 없었다.

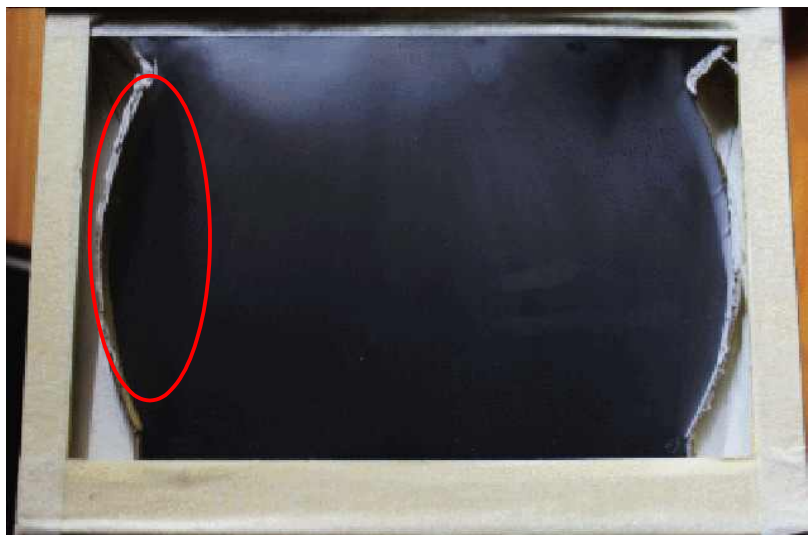


그림 4.12 모형의 내부가 반구형일 때

그림 4.12는 반구형으로 설계 되었으며 연기가 반구형의 면을 타고 흐르도록 유도를 하였지만 그림 4.9처럼 연기의 유속이 빨라 면을 타지 않고 지나가는 걸 알 수 있었다.



그림 4.13 모형 내부에 프로펠러를 장착 하였을 때

그림 4.13은 그림 4.11과 다르게 프로펠러는 선풍기처럼 세움으로써 연기를 흐름을 원활하게 하려고 하였지만 연기의 세기가 약하여 프로펠러가 회전하지 않는 걸 볼 수 있었다.

2) 결과 및 문제점

드라이아이스 시험을 통하여 공기의 유동과 흐름형태를 알아보려고 하였지만 공기의 유속을 빠르게 해주기 위해 설치한 프로펠러와 같은 보조기구가 전혀 도움을 주지 못했다. 선풍기의 바람을 이용해 프로펠러의 회전을 유도 하였지만 드라이아이스의 연기가 흩어져 시험을 하는데 어려움이 많았다. 그 결과 드라이아이스 시험으로 유추 했을 경우 초안되는 모형인 그림4.10이 가장 좋다는 걸 알 수 있었다.

제3절 CFD(Computational Fluid Dynamics) 해석

1. CFD 개요

1) CFD란?

전산유체역학(Computational Fluid Dynamics)은 편미분방정식 형태로 표시될 수 있는 유체역학적 지배방정식을 컴퓨터가 이해할 수 있도록 대수 방정식으로 변환하여 컴퓨터를 사용해 근사해를 구하는 학문이다. 이러한 수치적 근사해와 이론적 해석해와 비교해보면, 근본적인 차이점은 후자가 전영역의 유동을 단일함수로 근사하는 것에 비하여 전자는 국소적으로 각각 다른 함수로 근사하게 된다. 따라서 낮은 차수의 다항식을 사용하여 높은 정확도를 얻을 수 있다는 장점을 갖게 된다. 비록 근사해가 오차를 갖는다는 단점을 갖지만 적당한 해석기법 및 이산화 기법, 격자생성기법을 사용하여 충분한 정확도를 얻을 수 있게 된다. 또한 실험적 방법과 비교하면, 수치해석의 경우가 일반적으로 개발에 소요되는 개발기간이 짧고 경비도 적게 든다. 한편, 신뢰성에 있어서는 실험 쪽이 높다고 생각될 수 있으나, 실험은 대개의 경우가 모델 실험으로 실제유동으로의 재현 및 실물 크기에서의 환산에 문제가 따르며, 또 데이터를 수집하는 과정에서의 계측오차와 비정상 3차원 유동에서의 그 전모를 충분히 파악해낼 수 없다는 난점이 있다. 그러나 수치해석기법은 실험이 어려운 다양한 해석대상에 대하여 적용할 수 있다는 장점을 갖게 된다.

유동의 수치해석 기법은 다양하지만 보통 다음과 같이 3가지로 구분한다.

- ① 유한 차분법 (Finite Difference Method, FDM)
- ② 유한 요소법 (Finite Element Method, FEM)
- ③ 경계 적분법 (Boundary Integral Method, BIM)

각각의 기법은 근본적으로 해법의 구조적인 면에서 차이를 보일 뿐만 아니라 격자생성법도 상이하다. 다시 말하면 FDM과 FEM은 경계면에서는 해가 정확하고 영역 내에서는 오차가 존재한다고 가정하는 반면 BIM에서는 이와 반대로 가정한다. 또한 격자생성법에 있어서 FDM의 경우, 복잡한 유로에 대해서는 경계고정좌표에서의 격자를 생성해야 하기 때문에 격자생성이 어려운 반면 FEM이나 BIM의 경우 격자생성이 쉽다는 장점이 있다. 그러나 난류유동등과 같이 보다 정확한 해를 얻기 위하여 작은 격자가 필요한 경우 FDM보다 큰 격자를 사용하는 FEM, BIM은 해의 정확성에서 불리하다. 따라서 최근 경계고정좌표계에서의 격자생성기법이 발달함에 따라 복잡한 유동에서도 유한차분법이 널리 사용되고 있다. 일반적으로 특성곡선 기법이나 유한체적법, MOL 기법등은 유한차분법의 일종 내지는 변형으로 볼 수 있다.

2) 해의 정확도에 영향을 미치는 인자

일반적으로 전산해석의 정확도에 가장 큰 영향을 주는 인자로는

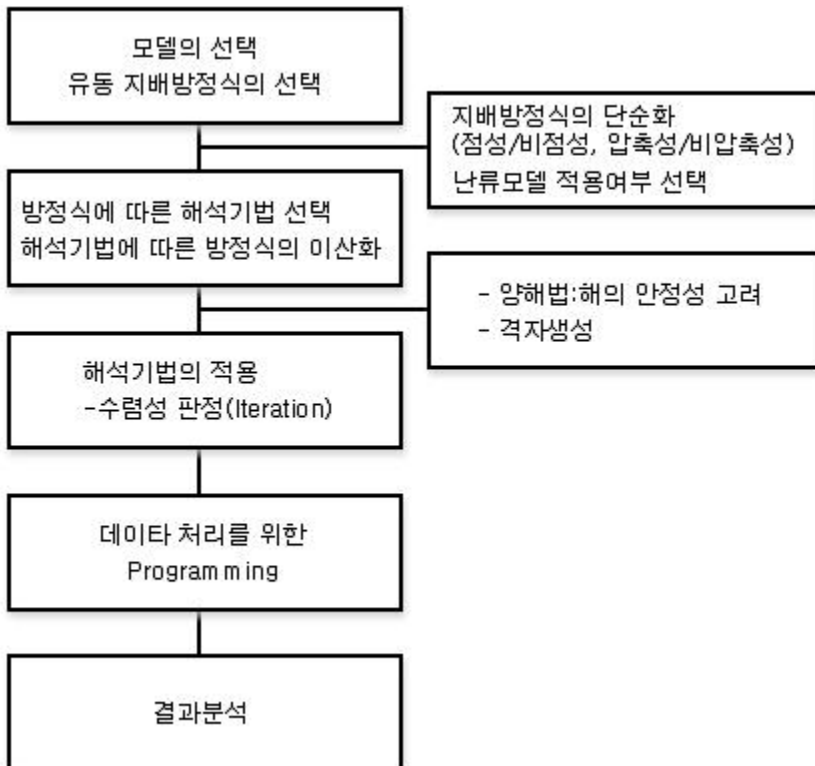
- ① 난류모델
- ② 대류항 처리법
- ③ 벽면처리법

이중 난류모델은 해의 정확도에 가장 큰 영향을 미치는 요소로서 다양한 난류모델들이 연구되고 있다. 최근 연구결과에 따르면 2방정식 모델은 복잡한 3차원 유동의 경우 정확도가 떨어져 적용의 어려움이 있으며 2차 모멘트 모델이 더 정확하게 실제유동을 예측할 수 있음이 밝혀졌다. 또한 대류항 처리법도 해의 정확도에 크게 영향을 미치는데 방정식을 이산화 할 때 대류항을 잘못처리하면 오차의 확산이 크게 일어나 해의 정확도를 떨어뜨리게 된다. UPWIND기법이나 HYBRID기법, POWER LAW기법등은 오류확산을 막을 수 없으며 QUICK모델이나 2차 UPWIND기법 등이 오류확산을 잘 방지할 수 있다고 알려져 있다. 그러나 이 모델들은 식이 복잡하여 연산시간이 길며 수렴성이 나쁘다는 단점을 갖고 있다. 따라서 보다 효과적인 대류항 처리법의 개발이 필요하다.

해의 정확도에 영향을 미치는 다른 요소로서 벽면처리법이 있다. 과거에는 연산시간등을 고려해 벽함수를 사용하여 유동을 해석해왔지만, 컴퓨터의 성능 발달에 따라 현재에는 보다 해의 정확도를 높이기 위하여 미세 격자법에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. (참고문헌 7, 9)

3) 유동 시뮬레이션 과정

유동현상에 대하여 수치해석(FDM 중심으로)을 적용하는 일반적인 과정은 다음과 같다.



2. 편미분 방정식(Partial Differential Equation)

유동현상은 편미분 방정식의 형태로 표시될 수 있으며 이러한 편미분 방정식의 해를 구하는 절차는 편미분 방정식의 형태에 따라 달라지기 때문에 이러한 편미분 방정식을 구분하는 방법을 알아두는 것이 필요하다.

1) 선형(linear)과 비선형(nonlinear)

우선 편미분 방정식은 크게 선형(Linear)과 비선형(non-Linear)으로 구분한다. 미분방정식의 각항이 종속변수 또는 그의 도함수에 관하여 1차식이면 선형, 그렇지 않은 경우 비선형이라 한다.

2) 판별식에 따른 PDE의 구분

편미분 방정식을 구분하는 다른 방법은 판별식을 이용하는 것이다. 유체유동을 지배하는 일반적인 방정식은 다음과 같은 형태의 2차 편미분 방정식으로 표현할 수 있다.

$$A \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + B \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \partial y} + D \frac{\partial \Phi}{\partial x} + E \frac{\partial \Phi}{\partial y} + F\Phi + G = 0$$

$$\Rightarrow A \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + B \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \partial y} + C \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = H \dots\dots\dots (1)$$

where, $H = - (D \frac{\partial \Phi}{\partial x}) + E \frac{\partial \Phi}{\partial y} + F\Phi + G$

여기서, A, B, C, D, E, F는 종속변수 f 에 대한 독립변수 x, y의 계수이다. 위의 식으로부터,

$$d\Phi_x = \frac{\partial \Phi_x}{\partial x} dx + \frac{\partial \Phi_x}{\partial y} dy = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} dx + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \partial y} dy \dots\dots\dots (2)$$

$$d\Phi_y = \frac{\partial \Phi_y}{\partial x} dx + \frac{\partial \Phi_y}{\partial y} dy = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \partial y} dx + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} dy \dots\dots\dots (3)$$

(2), (3)식을 (1)식에 대입하고 Cramer's rule을 적용하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \partial y} = \frac{\begin{vmatrix} A & H & C \\ dx & d\Phi_x & 0 \\ 0 & d\Phi_y & dy \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} A & B & C \\ dx & dy & 0 \\ 0 & dx & dy \end{vmatrix}}$$

특성방정식을 구하기 위하여 분모를 0으로 놓으면 (분자/분모는 행렬식을 의미함)

$$A\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 - B\left(\frac{dy}{dx}\right) + C = 0$$

$$\Rightarrow \left(\frac{dy}{dx}\right) = \frac{B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

따라서, 편미분 방정식의 판별식을 $B^2 - 4AC$ 로 정의하면 판별식에 따라 편미분 방정식은 다음과 같이 구분된다.

$B^2 - 4AC < 0$	타원형 (elliptic)	타원형에서는 종속역이 Domain내 특정점을 모두 둘러싼 곡선이 된다. 즉 모든 경계점이 종속역이 되며 모든 정의역이 영향역이 된다.
$B^2 - 4AC = 0$	포물선형 (parabolic)	포물선형에서는 종속역이 경계의 일부로 주어지며 영향력은 주어진 점의 한쪽방향으로 나타난다.
$B^2 - 4AC > 0$	쌍곡선형 (hyperbolic)	쌍곡선 형은 포물선형과 유사하나 특성선이 2개라는 것 때문에 완전히 다른 특성을 갖는다. 특히 포물선형인 경우 주어진 점에서 특성선의 모양이 자명하지면 쌍곡선형인 경우 특성선의 모양을 해의 일부로 함께 결정해야 된다.

이렇게 편미분 방정식을 분류하는 것은 유일한 해를 결정하기 위하여 편미분 방정식과 함께 제공되어야만 하는 초기/경계조건의 종류를 이해하는 데 중요하다. 즉, 각각의 편미분 방정식의 종류에 따라 근사 해를 구하기 위한 해법이 차이가 있음을 나타낸다.

3) 편미분 방정식 계(System of PDE)

고려해야 할 지배방정식이 2개 이상인 경우에 대하여 PDE를 구분하는 방법을 살펴보았다.

(1) 고유값(Eigenvalue)에 의한 구분

다음과 같은 2개의 PDE를 고려하면

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + a_1 \frac{\partial u}{\partial x} + a_2 \frac{\partial v}{\partial x} + a_3 \frac{\partial u}{\partial y} + a_4 \frac{\partial v}{\partial y} + \Psi_1 &= 0 \\ \frac{\partial u}{\partial t} + b_1 \frac{\partial u}{\partial x} + b_2 \frac{\partial v}{\partial x} + b_3 \frac{\partial u}{\partial y} + b_4 \frac{\partial v}{\partial y} + \Psi_2 &= 0 \end{aligned}$$

위의 두 식을 행렬형태로 표시하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + [A] \frac{\partial \Phi}{\partial x} + [B] \frac{\partial \Phi}{\partial y} + \Psi = 0 \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

여기서,

$$\Phi = \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}, [A] = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{bmatrix}, [B] = \begin{bmatrix} a_3 & a_4 \\ b_3 & b_4 \end{bmatrix}, \Psi = \begin{bmatrix} \Psi_1 \\ \Psi_2 \end{bmatrix}$$

만일 [A] 또는 [B]의 고유값이 실수(real)이면 방정식 계는 x와 t에 대하여 쌍곡선 형이고 복소수(complex)이면 타원형이다.

(2) Characteristic Normal에 의한 구분

다시 식① 을 고려하자.

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + [A] \frac{\partial \Phi}{\partial x} + [B] \frac{\partial \Phi}{\partial y} + \Psi = 0 \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

특성면(characteristic surface)을 S라 정의하고 이에 수직인 벡터를 다음과 같이 정의한다.

$$\vec{n} = n_x \xi + n_y \eta$$

①식이 특성방향으로 wave-like solution을 갖기 위해서는 다음의 조건을 만족해야 한다.

$$|T| = 0 \quad \text{where, } [A]n_x + [B]n_y$$

따라서,

$$|T| = (a_3b_4 - b_3a_4)n_x^2 + (a_1b_4 + a_2b_2 - a_2b_3 - b_1a_4)n_xn_y = 0$$

$$\Rightarrow Q \begin{pmatrix} n_y \\ n_x \end{pmatrix}^2 + R \begin{pmatrix} n_y \\ n_x \end{pmatrix} + P = 0$$

$$\text{where, } Q = |B|, P = |A|, R = \begin{vmatrix} a_1 & a_4 \\ b_1 & b_4 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_3 & a_2 \\ b_3 & b_2 \end{vmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} n_y \\ n_x \end{pmatrix} = \frac{-R \pm \sqrt{R^2 - 4PQ}}{2Q} = \frac{-R \pm \sqrt{H}}{2Q}$$

그러므로, $H > 0$: hyperbolic

$H < 0$: elliptic

$H = 0$: parabolic

4) 초기 조건과 경계조건(Initial & Boundary Conditions)

편미분 방정식의 고유해를 구하기 위해서는 방정식을 풀기 위한 충분한 조건이 주어져야 하며, 이러한 조건은 크게 초기조건과 경계조건으로 구분한다.

- 초기조건 : 독립변수가 어떤 초기상태에서 결정되어야 하는 요구조건.
- 경계조건 : 독립변수 또는 그의 미분이 PDE의 domain의 경계에서 만족되어야 하는 요구조건

이중 경계조건은 다음과 같이 구분한다.

① The Dirichlet boundary condition

- 경계를 따라 독립변수들의 값이 주어진다.

② Neumann boundary condition

- 경계를 따라 독립변수의 수직구배값(normal gradient)이 주어진다.

③ Robin boundary condition

- 제한된 경계조건이 선형적으로 Dirichlet boundary condition이나 Neumann boundary condition의 형태로 조합된다.

④ Mixed boundary condition

- 경계조건이 어떤 위치에서는 Dirichlet boundary condition으로 주어지고 다른 위치에선 Neumann boundary condition으로 주어진다.

3. 해석 결과 분석

Max Points를 400으로 하여 Streamline을 나타낸 모습이다. Streamline(유선)은 운동하는 유체에 서 각 점의 접선 방향이 유체의 운동 방향과 일치하도록 그어지는 곡선을 말한다.

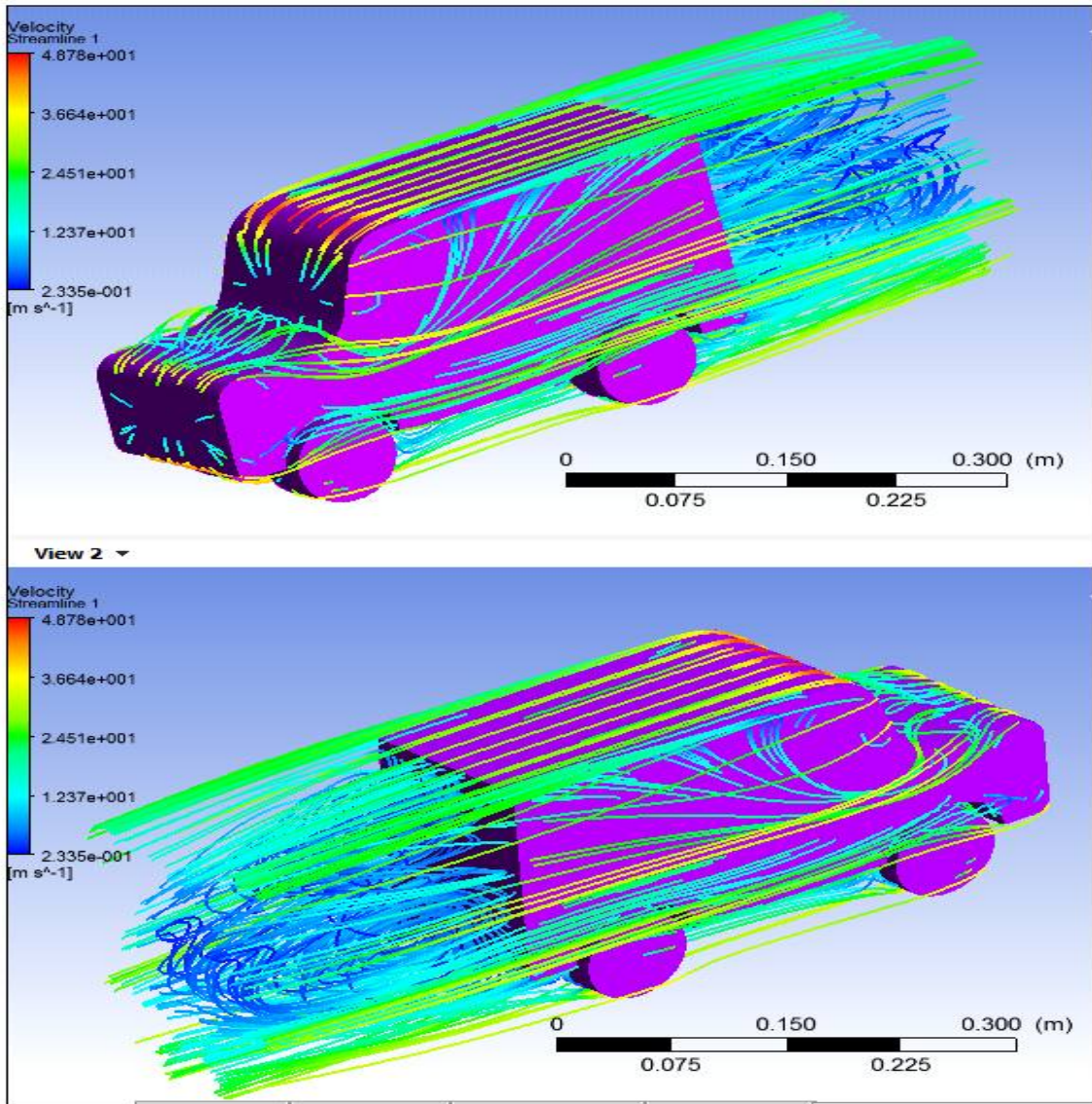


그림 4.14 먼지 차단 스포일러 미착용 차량의 CFD해석

그림 4.14 에서 보는 것처럼 공기의 흐름이 루프를 타고 흐르다가 그 공기의 흐름이 이어지지 못하고 차량의 뒤쪽에서 와류가 발생되어서 뒷유리 쪽에 소용돌이를 일으키는 형상이 된다. 실제 차량의 형태에 따라 시뮬레이션 한 모델링이 다를 수 있지만, 뒷부분이 유선형이 아닌 해치백이나 RV, 승합차들은 해석 결과처럼 뒤쪽에 심한 와류와 진공상태가 만들어 진다. 때문에 비가 올 때 물방울이 공기의 흐름을 타고 떨어져 나가는 게 아니라 와류 및 진공상태 때문에 차량 뒷부분에 표류하는 현상이 생기고, 도로 바닥에 있던 각종 먼지가 날라서 차의 뒤쪽에 붙게 된다. 그렇기 때문에 후면의 시야를 확보하기 어려워지게 된다.

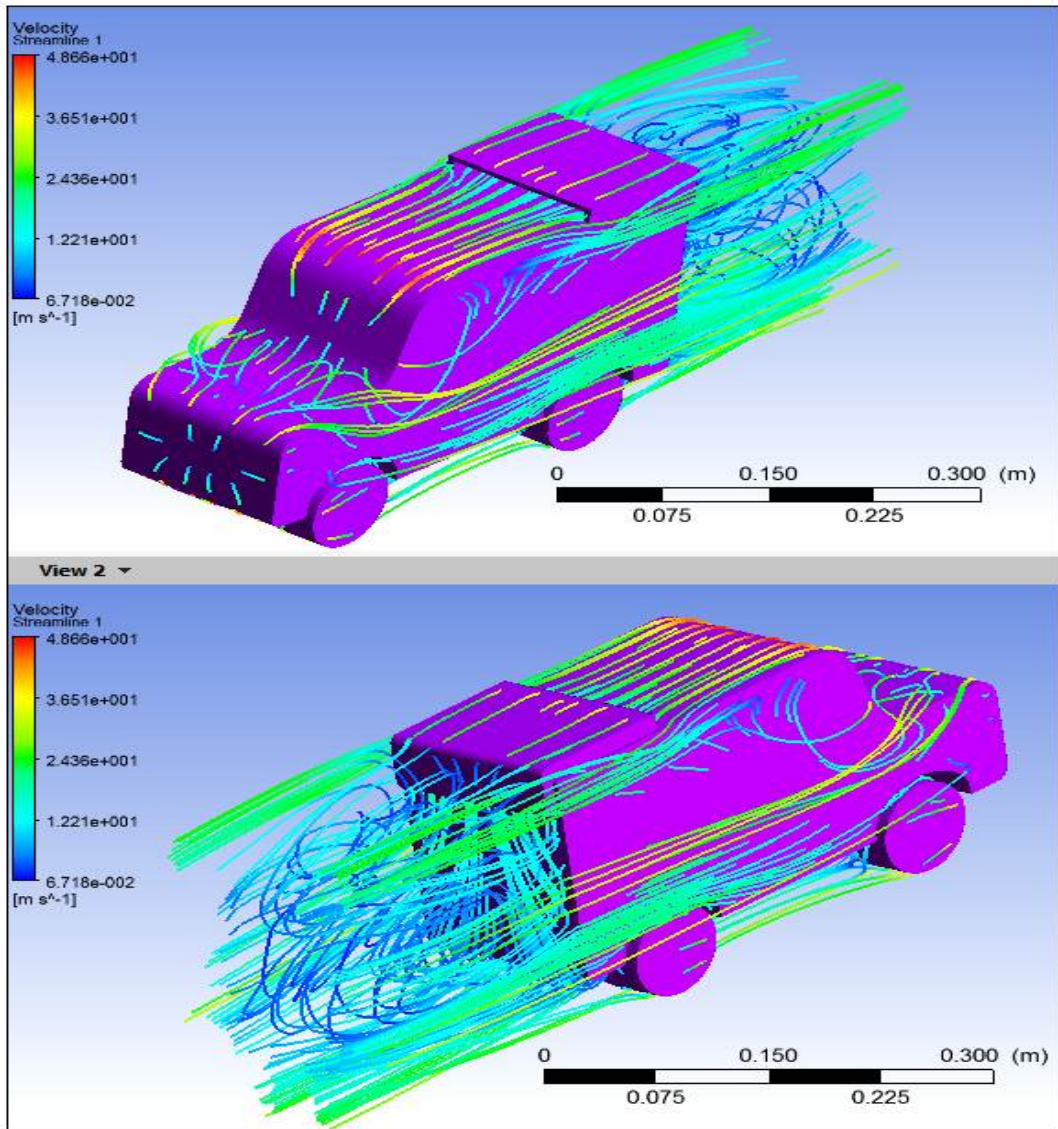


그림 4.15 먼지 차단 스포일러 착용한 차량의 CFD 해석

그림 4.15는 그림4.14와 같이 차량의 뒤쪽에서 와류가 발생되어서 박리 현상이 생기게 된다. 하지만 먼지 차단 스포일러를 장착하게 되면 차량의 주행 중에 흡입되는 공기로 공기막을 형성하게 된다. 그림4.15를 보면 공기막이 와류보다 유속이 빠른 걸 알 수 있고 따라서 와류로 인한 먼지나 이물질 등이 뒷유리에 부착되는 것을 차단 할 수 있게 된다.

제4절 실제모형 제작 및 시험

실제 차량에 장착하여 실현가능성을 확인하고자 이 시험을 실시하게 되었다. 실제 주행 시 차량 뒷 유리에 먼지나 이물질 등의 부착을 차단 할 수 있는지를 시험한다.

1. 실제모형 제작

실제 모형 제작에 들어갈 재료로는 아크릴을 사용한다. 아크릴의 두께는 3mm로 가로·세로의 길이는 850mm × 850mm 이다.

1) 제작 준비

시험에서 나온 결과 값을 기준으로 최적의 설계로 선택된 그림 2.12의 설계를 바탕으로 아크릴을 치수에 맞게 제단 하였다.

(1)아크릴의 치수

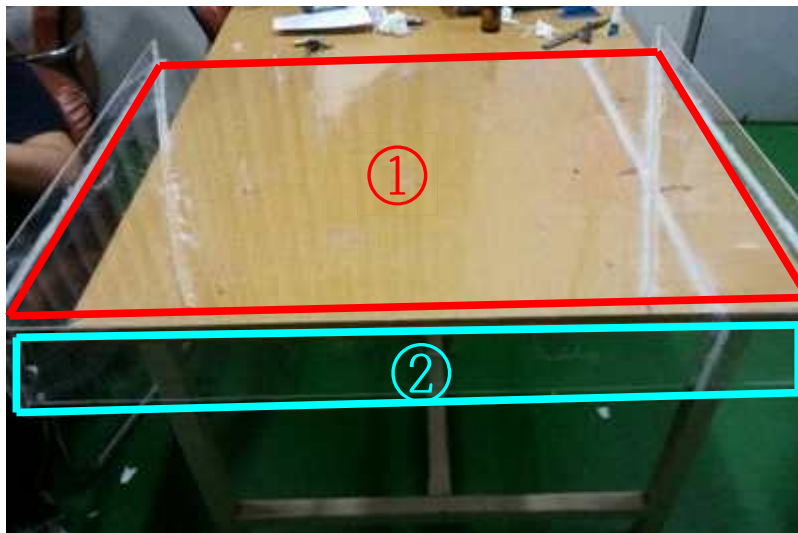


그림 4.16 실제크기로 제작한 스포일러

① 공기 유입구와 공기 통로가 될 부분

$1000mm \times 850mm \times 50mm$

② 공기 배출구가 될 부분

$1000mm \times 50mm \times 30mm$

2) 문제점 및 보완점

아크릴을 이용하여 실제크기로 제작을 하였을 때 그림 4.16의 ①부분의 위쪽 아크릴이 하중을 견디지 못하고 처지는 현상이 있었다. 이를 보완하기 위해 ①부분에 지지대를 설치한다.

2. 수정 및 제작

1) CATIA 도면 수정

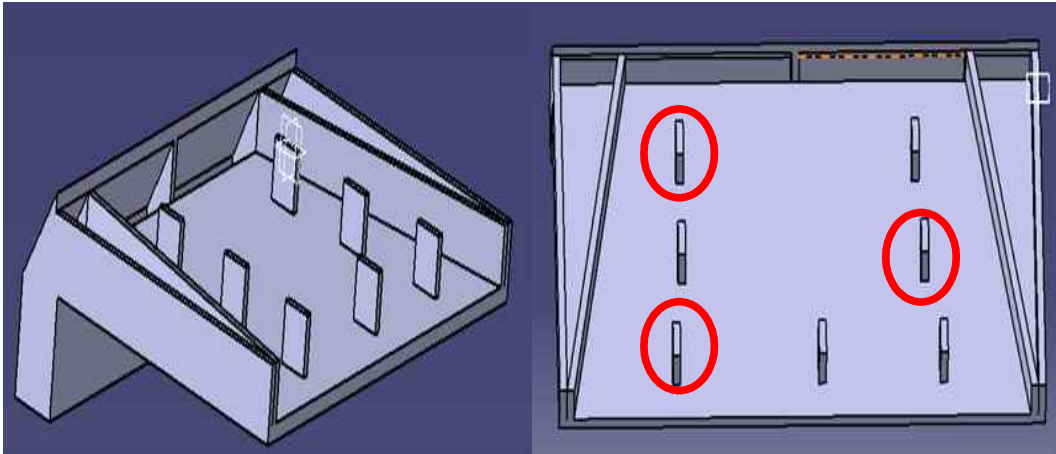


그림 4.17 기존의 설계도면을 수정한 도면

그림 4.17은 그림 4.16에서 발견된 문제점을 보완하여 도면으로 제작한 것이며 이를 바탕으로 실제크기 제품을 다시 제작하였다.

2) 건조 과정



그림 4.18 수정된 제품 건조

그림 4.18은 수정된 그림 4.17을 아크릴로 제품을 제작한 것으로 아크릴용 접착제로는 접착력이 떨어져 실리콘을 이용하여 접합부를 이음으로서 접합력을 증가시켰다. 실리콘이 완전히 굳는데 시간이 걸려 건조를 하는 과정이다.

3. 차량 시험

완성된 제품을 실제차량에 장착하여 원하는 결과가 나오는지 확인한다.

1) 시험조건

- ① 대구대학교 공과대학 운동장을 이용한다.
- ② 운동장 10바퀴를 도는 공통 조건을 준다.
- ③ 제작한 제품을 장착 전과 정착 후 뒷유리에 부착된 먼지 량을 측정 한다.
- ④ 차량 뒷유리를 같은 투명도로 닦는다.

2) 시험 과정 및 결과

(1) 시험 과정



그림 4.19 시험을 위해 청소한 뒷유리



그림 4.20 운동장 10바퀴 주행

그림 4.19와 그림 4.20은 시험을 하기 위해 실시해야 되는 기본 과정이다.
위 2가지 조건을 충족한 후 제품을 미장착 시험과 장착 후 시험을 비교 하여 본다.

(2) 시험 결과

① 제품 미장착



그림 4.21 제품 미장착 후 주행 결과

그림 4.21은 제품을 미장착한 후 그림4.20과 같이 운동장을 10바퀴 주행 하였을 때 차량의 뒷유리에 부착된 먼지 및 이물질의 양 이다.

② 제품 장착



그림 4.22 제품 장착 후 주행 결과

그림 4.22는 제품을 차량에 장착한 후 주행 하였을 때 차량 뒷유리에 부착된 먼지 및 이물질의 양 이다.

4. 시험 비교

동일 조건으로 시험을 하였을 때 그림 4.21과 그림.22 와 같은 결과가 나왔다. 주행 전 뒷유리에 테이핑을 하여 먼지 및 모래의 밀도를 측정 비교 시험을 하였다. 여기서 동일 조건으로 뒷유리의 같은 부분에 테이핑을 실시한다.

(1) 적용되는 이론 및 공식

- 밀도 = 질량/부피
- 밀도 : 물질의 단위 부피에 대한 질량의 값
- 질량 : 물체가 가진 고유한 양
- 부피 : 물체가 점유하는 공간 부분의 크기

(2) 시험 방법

- ① 뒷유리에 일정부분에 테이핑을 한다.
- ② 주행 시 테이핑한 부분에 붙은 먼지 및 모래를 윗접시 저울의 한쪽 접시에 담는다.
- ③ 반대편 접시에 분동을 놓으며 저울이 평형을 이루게 한다.
- ④ 저울이 평형을 이룰 때 분동(먼지 및 모래양)의 질량을 구한다.
- ⑤ 밀도의 식에 의하여 밀도를 구한다.

(3) 시험 결과

① 차량에 미장착 시

차량에 테이핑 한 부분의 면적이 $150mm^3$ 이고 주행 시 부착된 먼지 및 모래의 질량이 $0.585g$ 이다. 여기서 밀도를 구하는 식을 이용하면 미장착 시 테이핑에 부착된 먼지 및 모래의 밀도가 $3.91333333 \times 10^{-3}g/mm^3$ 으로 나왔다.

② 차량에 장착 시

차량에 모형 스포일러를 장착한 후 차량을 주행한 결과 차량의 테이핑 한부분의 면적은 $150mm^3$ 으로 같았고 주행 시 테이핑에 붙은 먼지 및 모래의 질량은 $0.218g$ 이다. 밀도를 구하는 식을 이용하면 테이핑에 붙은 먼지 및 모래의 밀도는 $1.4 \times 10^{-3}g/mm$ 로 나왔다.

위의 결과로 개발한 먼지 차단 스포일러의 효과가 약 2.8배 정도 감소하는 것을 알 수 있었다.

제5장 결론

제1절 결론

설계 프로젝트는 자동차 후방 시야 확보를 위한 먼지 차단 스포일러로 스포일러의 한 종류이다. 이 프로젝트는 현재의 자동차 스포일러는 차량 뒤쪽에 일어나는 공기의 와류현상을 조절하여 자동차의 속도와 연비를 높이기 위해 설계되어있는 것을 우리는 일반적으로 사용되는 스포일러의 역할과 다른 새로운 관점에서 보았다. 바로 차량의 뒤에 생기는 와류로 인해 차량의 뒷유리에 이물질이 붙는 경우를 생각하여 스포일러의 다운포스 능력을 활용하여 차량 뒷유리 면에 다운포스를 최대한 스쳐 지나가게 하여 설계하는 것에 중점을 두었다.

첫 번째, 스포일러에 관련 자료들을 주제에 맞게 시장조사를 시작하는 것이다.

두 번째, 계획서 작성을 시작하였고, 자동차 후방 시야 확보를 위한 먼지 차단 스포일러에 관련해 도서관의 전문서적 및 각종 논문자료 인터넷 등을 통하여 적절한 공식 및 기초적인 지식을 쌓으며 교수님의 조언을 바탕으로 여러 가지 이론적인 문제들을 해결해 나갈 수 있었다.

셋 번째, 자동차 후방 시야 확보를 위한 먼지 차단 스포일러의 여러 형태의 모델들을 이용하여 직·간접적 해석을 통해 저항이 최소화하며 높은 효율을 낼 수 있는 모델을 선정하기 위해 수치적으로 나타 낼 수 있는 해석 프로그램이 필요하였다.

네 번째, 여러 가지 모델들의 입출구의 압력실험 및 드라이아이스 실험 등을 통하여 공기의 압력과 흐름을 측정 분석함으로써 대처하였으며 이로 인한 최종 모델을 실차 실험을 통하여 결과물이 어느 정도의 효과를 갖는지 측정 및 분석 후 데이터화를 하였다.

요즘 같은 시대에서는 한국 사람들이 차량을 고르는 상위권에 드는 것이 유류비가 비싼 만큼 사람들은 더 연비가 좋은 차량, 자신의 개성을 돋보여주는 차량, 한국 사람들은 다른 나라 사람들에 비해 유독 소음에 민감하다.

그래서 우리들은 특정 차량이나 특정 지역을 말하는 것이다. 모든 주행에서는 사용하기 힘들지 모르지만 요즘은 오프로드를 즐기는 사람들이 많아졌고 그런 사람들이 모여 오프로드를 즐기고 모이는 사람들에게 자동차 후방 시야 확보를 위한 먼지 차단 스포일러는 필수가 될 수도 있지 않을까 한다.

제2절 제언

1년 동안의 설계 프로젝트를 통해 여러 가지를 배울 수 있었다. 먼저 팀원들 간의 좁혀지지 않던 의견들을 토론을 통해서 문제점을 제시하고 서로가 생각지 못한 부분을 지적함으로써 팀원들 간의 의견을 통합해 나가면서 최고의 방향성을 창출 할 수 있었다. 또한 부족한 지식에 필요한 정보를 찾고 그것을 습득하는 과정, 조원들 간의 화합 등을 이번 프로젝트를 통해서 얻을 수 있었다.

자동차공학을 전공분야로 해서 배운 역학들 중에서 유체역학을 이번 설계프로젝트의 중심으로 해서 유체역학이 실제 공학적인 측면에서 어떤 성질과 특성, 그리고 변수들을 가지고 있는지, 그리고 여러 시험을 통해서 학문적으로만 익힌 전공지식을 실무에 적용시켜 봄으로써 4년동안 배운 공학에 대해서 얼마나 익혔고, 또 어떻게 흡수했는지를 알 수 있었다.

끝으로 이번 프로젝트를 진행하면서 유체역학 부분에서 도움을 주신 윤정환 교수님과 이번 설계프로젝트를 이끌어주신 임학규 교수님께 감사의 말씀을 드립니다.

[참고문헌]

1. 논문 및 서적

- ① 이상욱, 해치백 차량에서 리어 스포일러의 공력성능에 대한 연구, 한국자동차공학회 학술대회 및 전시회, Vol.2010 No.11 [2010] <http://www.riss.kr/link?id=A60076469>
- ② 백승진 외3명, 리어 스포일러 장착에 의한 자동차 후류의 변화 연구, 대한기계학회 춘추학술대회, Vol.2004 No.4 [2004], <http://www.riss.kr/link?id=A76278719>
- ③ 조국현, 대형상용버스의 공기저항 저감을 위한 수치해석 연구, 학위논문(석사), 서울산업대학교 (자동차공학) 2009. 8, <http://www.riss.kr/link?id=T11853493>
- ④ 이강덕, 풍동을 이용한 자동차 공력 및 공력소음 개발 동향, 기계저널, Vol.51 No.6 [2011] <http://www.riss.kr/link?id=A82595871>
- ⑤ 조강래 외2명, 유체역학 (FLUID MECHANICS) 6th, 교보문고, 2009.12.20

2. 블로그 및 카페

- ① 리어스포일러의특성 <http://blog.naver.com/aeroforce86?Redirect=Log&logNo=110145676359>
- ② 스포일러종류 및 장단점 <http://autolac.kr/130078983357>
- ③ 스포일러의 소재 <http://cafe.naver.com/vehicle7080/3531>
- ④ 월별 자동차 판매량 <http://blog.daum.net/nclon61>
- ⑤ 자동차 디자인과 공기저항 <http://cafe.naver.com/ceramiste/437>
- ⑥ 플라스틱 용도 : <http://starletzzang.blog.me/120159892675>

http://kin.naver.com/qna/detail.nhn?d1id=11&dirId=1115&docId=55684831&qb=7JWE7YGs66a0IQwleuPhA=&enc=utf8§ion=kin&rank=4&search_sort=0&spq=0&pid=RbyKZF5Y7vRssuTyKBVssc-275014&sid=UGyMAfJSbFAAADwIEIE

- ⑦ 나사표기법 : <http://starletzzang.blog.me/120169020631>
<http://blog.naver.com/zzabn?Redirect=Log&logNo=80103873571>

[부 록]

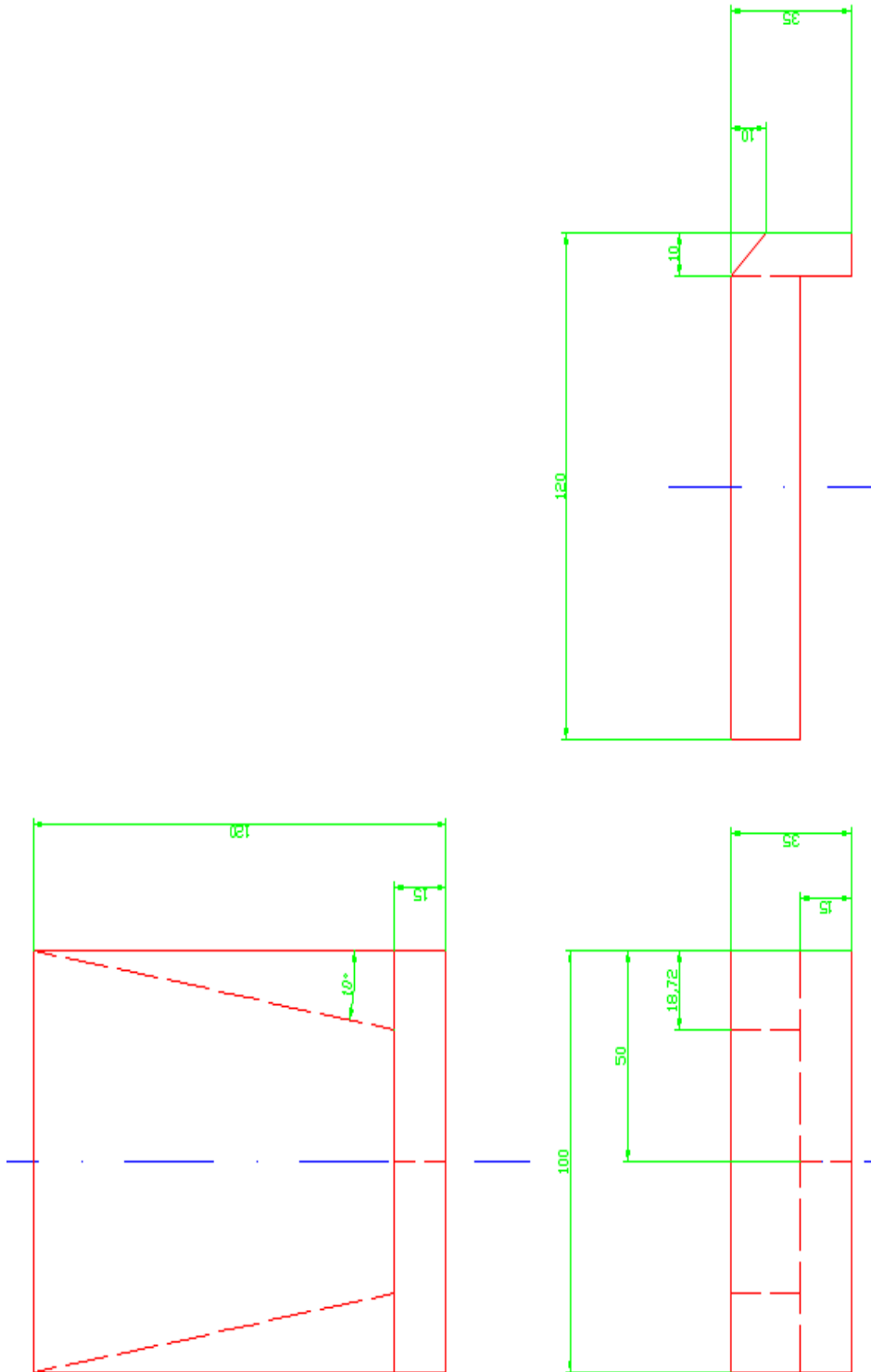


그림 1 CAD 도면 (초안)

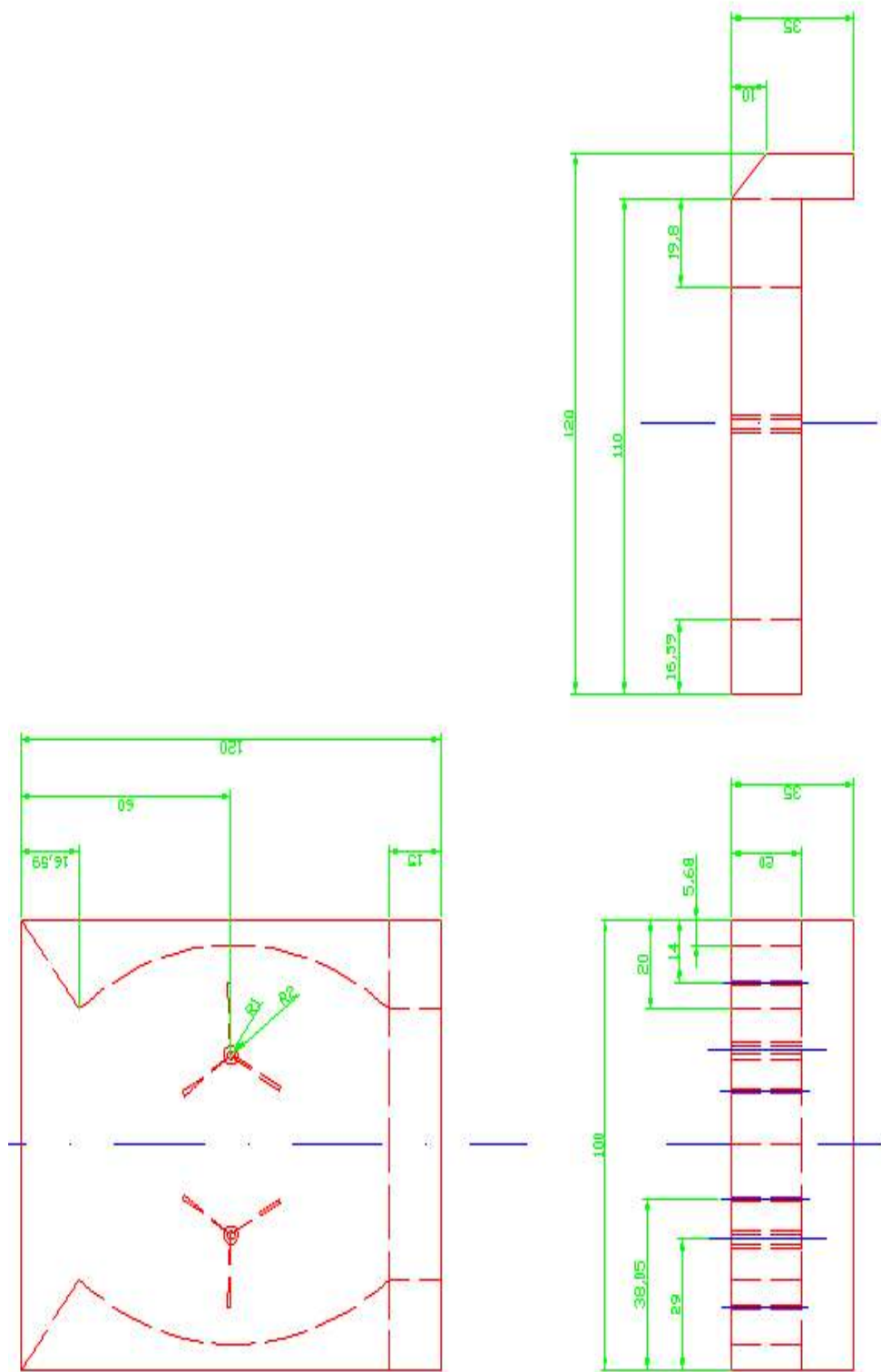


그림 2 CAD 도면 (프로펠러 1)

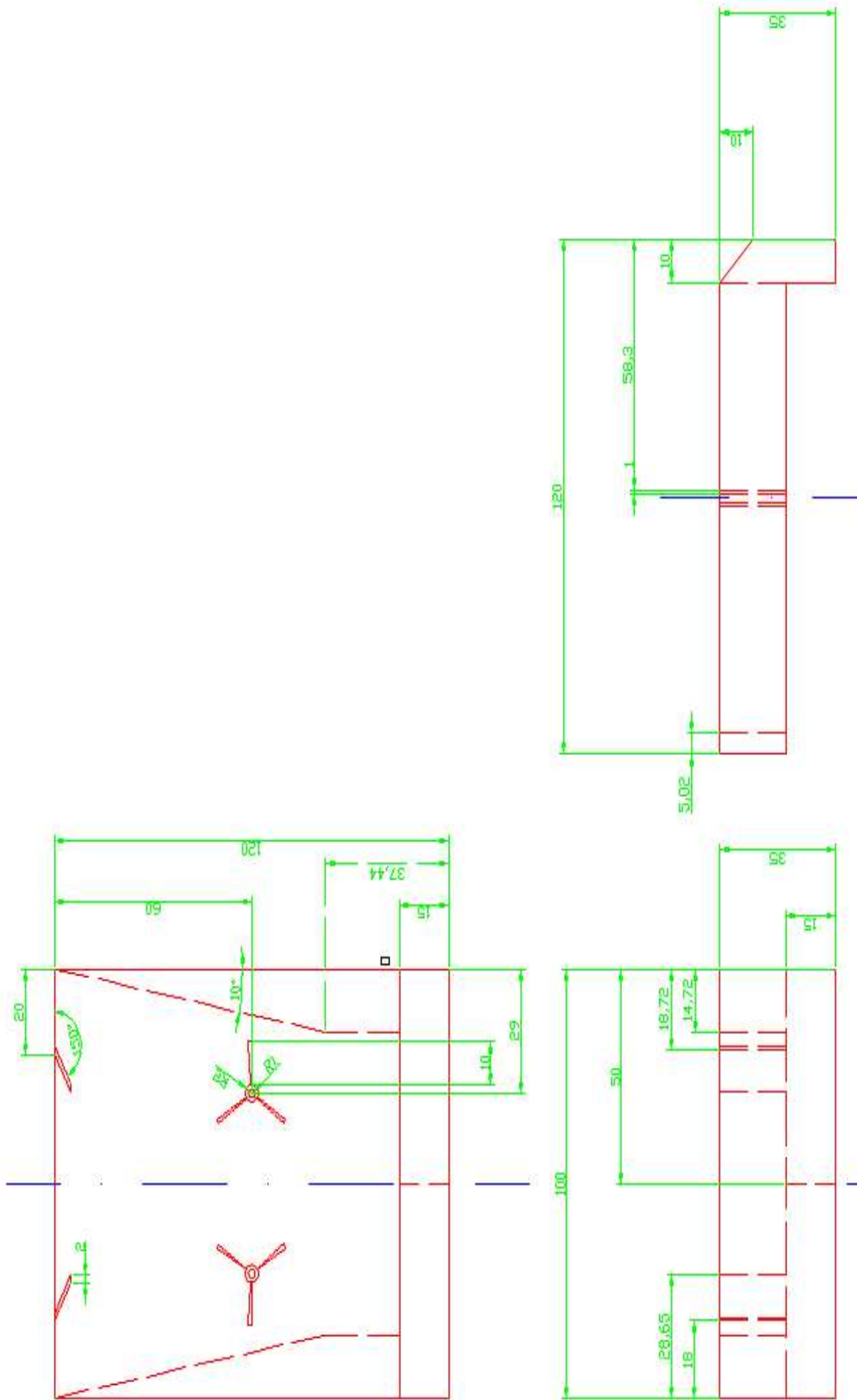


그림 3 CAD 도면 (프로펠러 2)

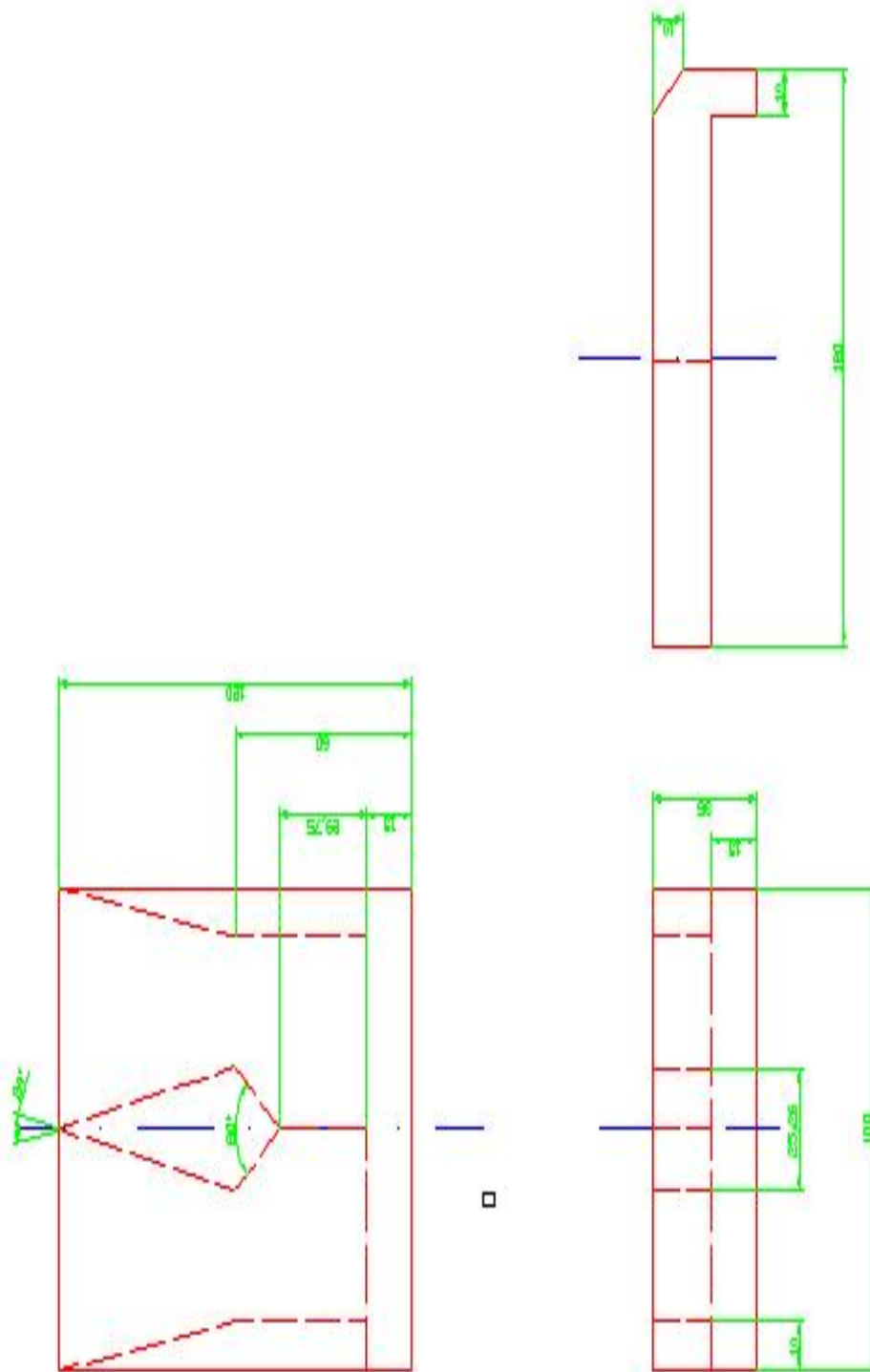


그림 4 CAD 도면 (마름모 구조)

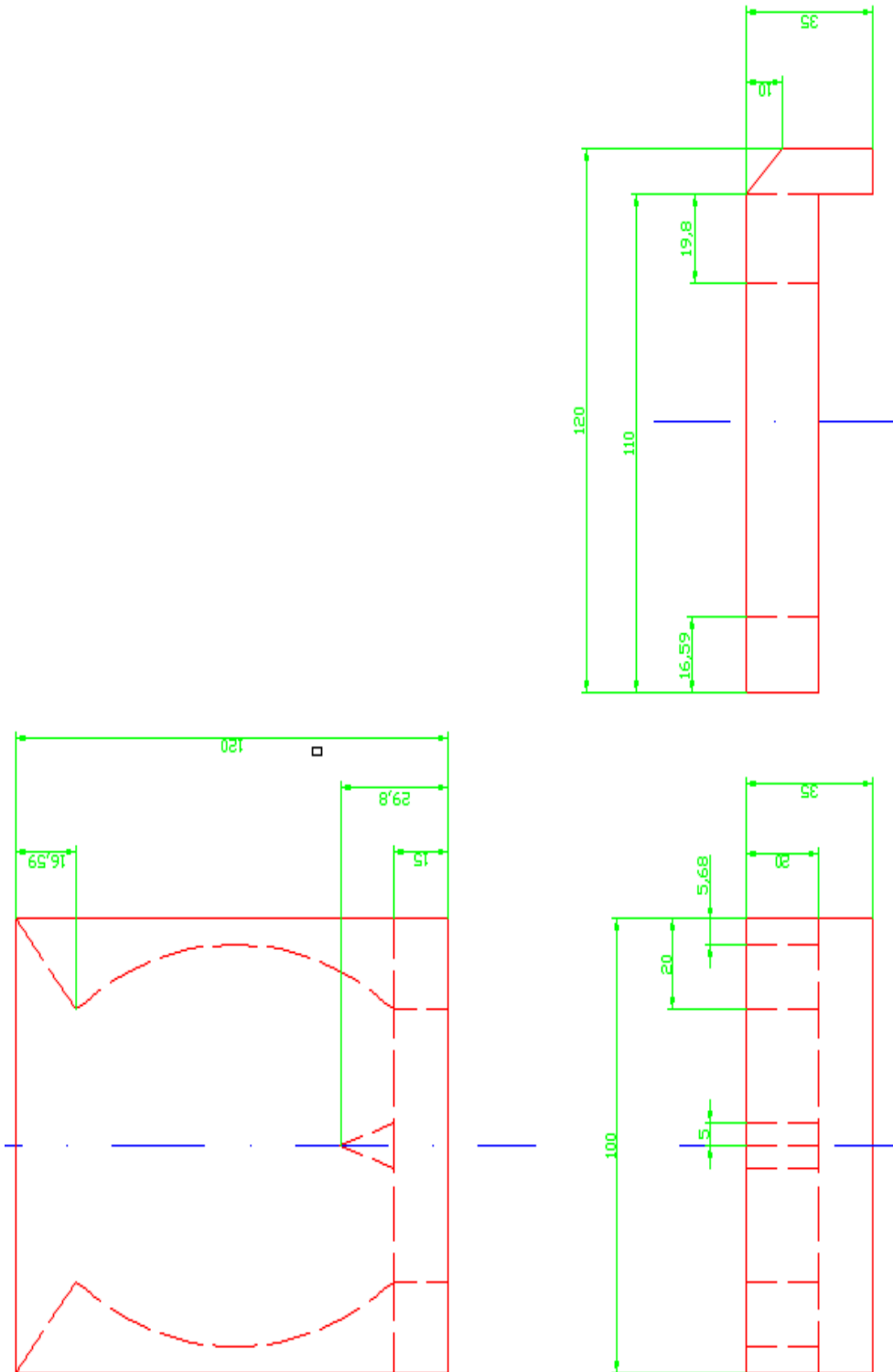


그림 5 CAD 도면 (반구형 구조)