

# 자동차 설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : 스포일러를 통한 급제동력 능력 확보

( Ability to secure the spoiler sudden braking)

(2012. 03. 08 ~ 2012. 12 )

팀명: 신 선 들 풍

자동차 설계프로젝트 최종보고서를 붙임과 같이 제출합니다.

2012. 12

대구대학교 기계자동차공학부

# 제 출 문

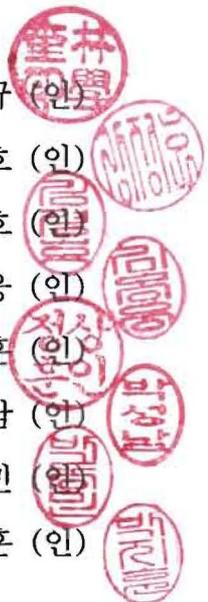
대구대학교 기계자동차공학부 학부장 귀하.

본 보고서를 대구대학교 기계자동차공학부 설계프로젝트 과제 ‘스포일러의 급제동 능력 확보’의 결과보고서로 제출합니다.

( 과제기간 : 2012년 03월 08일 ~ 2012년 12월 )

2012. 12

지도교수 : 임 학규 (인)  
대표학생 : 강 정호 (인)  
참여학생 : 김 경호 (인)  
김 동웅 (인)  
정 상훈 (인)  
박 성남 (인)  
박 동민 (인)  
박 지훈 (인)



# 목 차

## 최종보고 요약문

<b>제1장 과제내용 및 목표</b> .....	1
제1절 목적 및 필요성 .....	1
제2절 특허 및 제품 관련성분석 .....	2
제3절 이론적 분석 및 해석상의 목표 .....	5
제4절 기대효과 및 활용방안 .....	8
<b>제2장 개념설계 및 상세설계</b> .....	9
제1절 개념설계 .....	9
제2절 상세 설계 .....	14
<b>제3장 시제품제작</b> .....	17
제1절 제작과정 .....	17
제2절 문제점 및 결과 .....	24
<b>제4장 운용 및 시험</b> .....	25
제1절 운용 및 시험 요구조건 .....	25
제2절 운용 및 시험결과 .....	27
<b>제5장 CFD 분석 및 결과</b> .....	38
제1절 차량 주변의 공기유동 분석 .....	38
제2절 CFD 해석 과정.....	43
제3절 결과 분석 .....	51
<b>제6장 결론</b>	
제1절 문제점 분석 및 처리결과 .....	56
제2절 총평 .....	58
<b>[참고문헌]</b>	59

# 최종보고 요약문

과제명	제동력 스포일러
팀명	신선돌풍
팀원	강정호, 박동민, 김경호, 김동웅, 정상훈, 박성남, 박지훈
과제기간	2012 년 3 월 8 일 ~ 2012 년 12 월

## 1. 개발내용 및 목표

자동차 제동력은 브레이크를 이용하여 차량이 정지하게 된다. 하지만 가속 시 차량의 브레이크만으로는 한계가 있기에 차량 상단에 스포일러 4개를 장착하여, 브레이크 제동과 동시에 스포일러를 일정 각도로 움직임에 따라 제동력을 증대 시키는 목적이 있다.

## 2. 개념설계 및 상세설계

스포일러의 형상에 따른 제동력 증대를 고려한 기본 모형을 스케치 하여 토의하고 그로 인하여 발생할 문제점에 대하여 토론 후 해결해 나감으로 기본 형상을 설정하고 CATIA 와 CAD를 통해 스포일러의 자세한 형상을 잡고 구성 품들이 간섭현상이 일어나는지 살펴보는 것으로 개념 설계의 중점을 두었다.

## 3. 제작

실험 시 필요한 물품을 구입하고 축소 모형 스포일러를 아크릴을 통해 제작 하고 풍동 실험을 위해 암실로된 공간을 상자 형으로 하여 제작 하였다.  
또한 시제품을 만들기 위해 시제품의 구성 품이 갖추어야할 필요한 특성 치를 고려하여 선정 하고 CAD 및 CATIA 로 설계된 도면으로 제작을 시행 하였다. 또한 스포일러의 구동에 필요한 장치를 고려하여 선정하고 그 재료에서 발생한 문제점을 토론 과정을 통해 해결하였다.

## 4. 운용 및 시험

스포일러의 형상과 각도에 따른 영향을 살펴보기 위하여 축소 모형을 구입하고 그 모형을 토대로 실험방식을 구상하고 풍동 실험 및 주행 실험 등을 실시하였다. 또한 이 과정에서 발생한 이론적인 배경과 실제 실험 간의 차이를 비교하고 처음 설계 시 목표했던 부분이 얼마만큼 이루어 졌는지 살펴보았다. 또한 CFD 해석을 이용하여 차량의 공기저항에 대하여 분석 해봄으로써 제동력 증대에 관하여 상세하게 분석 해보았다.

## 5. 세부 연구개발 내용 및 실적

제동형 스포일러를 개발함에 따라 차량의 고속 주행 시 제동력에 대한 한계 및 문제점을 스포일러를 통해 보완 할 수 있도록 함에 있고 차후 제동력 개발에 대한 추가적인 도움이 되고자 아이디어를 선정 하였다. 또한 자동차 공학도로써 차량과 관련된 제품을 설계 및 시험함으로써 전공지식을 활용하고 습득하는데 많은 도움과 제동력 스포일러 연구에 따른 공학적 측면을 실질적으로 볼 수 있었다.

# 제 1장 과제내용 및 목표

## 제1절 목적 및 필요성

### 1. 과제개발의 목적

자동차의 제동시스템은 브레이크이다. 하지만 브레이크의 제동능력이 한계가 있기에 이러한 이유로 제동력 증대를 위한 다양한 방법을 모색하던 중 스포일러 형태에 의한 제동력 증대 아이디어를 고안해 보았다. 구체적으로 고속 주행 시 급브레이크의 압력차에 따라 차량의 상측 부분에 장착된 각기 다른 크기를 가진 4개의 스포일러가 상, 하로 움직여 공기저항을 줄임으로 차량의 급제동시 충돌 방지를 위한 목적으로 설치한다. 이러한 구동방식을 선택한 이유는 브레이크로 인한 급제동이 한계가 있기에 더 효율적이고 심미적으로 큰 지장을 주지 않는 스포일러를 선택하게 되었다. 또한 고속 주행 시 발생하는 정면충돌 등 다양한 교통사고를 줄이고자 하는 목적이 있다.

### 2. 과제개발의 필요성

보통 가구 당 차량의 수는 2.3대로 현대인들의 삶에서 차량은 빼놓을 수 없는 중요한 요소가 되고 있다. 하지만 그림 1-1 그래프같이 우리나라는 OECD 국가 중에서 운전자 10만 명을 대상으로 한 교통사고 발생건수가 가장 높은 444건으로 나타나 있다. 이는 2010년 기준 평균 354.3건을 웃도는 매우 높은 수치이다. 이러한

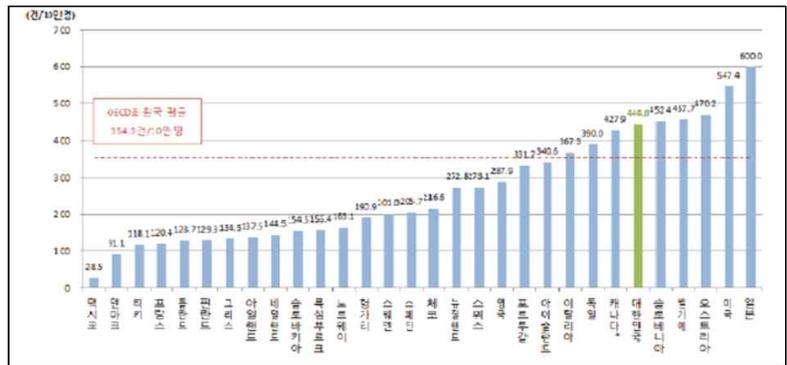


그림 1-1 2010년 OECD 국가의 교통사고율

원인으로는 현대인들의 생활습관에서 나타나는 차이도 있지만 현대의 자동차 주 제동시스템이 브레이크뿐 이고 브레이크 또한 제동능력이 한계가 있기에 이러한 이유로 제동력 증대를 위한 다양한 방법을 모색하던 중 스포일러 형태에 의한 제동력 증대 아이디어를 고안해 보았다. 교통사고에

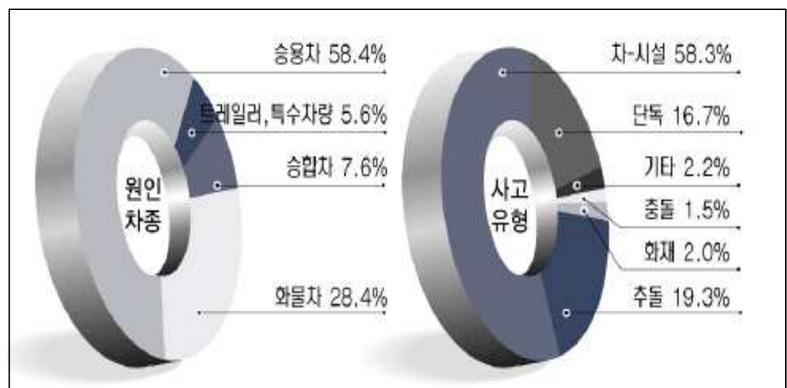


그림 1-2 2011년 교통사고 유형 및 원인

대한 현대인들의 불감증이 커져가는 만큼 자동차 안전 장치에 대한 수요가 늘어나는 지금의 시대상에 맞추어 교통사고를 줄이고, 사고 시 충격을 줄여 부상을 최소화 할 수 있을 것이다. 그림1-2는 승용차의 경우 사고가 가장 많이 일어난다는 것을 보여준 그래프 이다.

## 제2절 특허 및 제품 관련성분석

개발기술명		제동력 증대 스포일러
IPC코드		B62D35/00(2006.01)
검색키워드		스포일러
검색건수		14건
유효특허건수		특허거절(일반)
핵심특허 및 관련성	특허명	속도 감응형 자동차용 스포일러
	보유국	대한민국
	등록년도	1996.09.06
	관련성	스포일러 제동력
	유사점	속도 감응형
	차이점	구동방식
	대표도면	

### ● 관련성

특허기록에서 보는 바와 같이 고속 주행 시 자체 주위의 흐르는 기류를 이용하여 스포일러 경사각에 따라 주행의 안정성을 높이려는 것으로써 이러한 방법을 이용하여 브레이크 작동과 동시에 스포일러의 경사각을 움직이게 급제동시 속도 제어가 될 수 있도록 하는 목적이 다. 이로써 전방사고의 위험을 줄이고자 하는 목적이 있으며, 스포일러의 경사각에 따라 차체를 다운시킴으로써 제동력을 증대할 수 있도록 하려고 한다.

개발기술명		제동력 증대 스포일러
IPC코드		B62D35/00(2006.01)
검색키워드		스프라켓, 스포일러
검색건수		9건
유효특허건수		취하(심사 미청구)
핵심특허 및 관련성	특허명	차량용 스포일러 설치구조
	보유국	대한민국
	등록년도	N
	관련성	스포일러 구동방식
	유사점	스프라켓에 의한 구동
	차이점	체인을 이용하는 것이 차이점
	대표도면	

● 관련성

스포일러 구동방식에 있어서 스프라켓과 체인을 이용한 구동방식을 사용함으로써 위의 특허 기록과 유사한 구동방식에 의해 작동이 된다. 스프라켓에 DC모터를 장착하여 일정한 각도에 움직일 수 있도록 함에 있다.

개발기술명		제동력 증대 스포일러
IPC코드		B62M 9/02(2006.01)
검색키워드		체인, 스프라켓,
검색건수		21건
유효특허건수		등록결정(일반)
핵심특허 및 관련성	특허명	페달의 전후구동방식 자전거
	보유국	대한민국
	등록년도	Y(2001.12.12)
	관련성	구동원리
	유사점	스프라켓과 체인에 의한 구동
	차이점	모터에 의한 구동방식
	대표도면	

● 관련성

스포일러 구동에 있어서 대표도면에서 보는바와 같이 50,30번의 2개의 스프라켓을 이용하여 체인과 연결되어 구동하는 방법으로, 스포일러를 구동할 때 이 방법을 이용하여 구동 된다. 하지만 스프라켓의 종류의 차이점 및 페달을 이용하여 구동되는 방식과는 다르다.

### 제3절 이론적 분석 및 해석상의 목표

#### 1. 이론적 분석



그림 1-3 공기 유동방향

자동차의 공기저항에 대한 연구를 살펴보면 wiedemann 은 자동차의 축소모델을 풍동 실험에서 레이놀즈수의 변화에 따른 항력 및 압력을 측정하여 레이놀즈수가  $1.7 \times 10^6$ 에서  $5.2 \times 10^6$ 으로 증가함에 따라 항력계수는 0.4에서 0.28까지 감소하여 구에서의 경향과 유사함을 알 수 있다. 그림 1-3, 1-4와 같이 차량 뒷부분이나 SUV 차량의 루프 부분에 스포일러를 부착하게 되면 와류가 생성되는 저 압력 지역의 위치가 하단 뒤 쪽으로 이동하여 항력이 감소함을 알 수 있다. 또한 스포일러가 부착되는 루프 끝단에서의 압력이 증가되어 양력 값이(-)방향으로 증대되어 주행 안정성을 높이는 효과를 가질 수도 있다. 스포일러 부착에 의해서 이러한 효과를 가지게 되는 것은 스포일러의 끝단에서의 박리가 달라지기 때문이다. 이러한 스포일러의 주행안정성을 역으로 생각하여 제동력을 증대시키려는 목적이 있다.

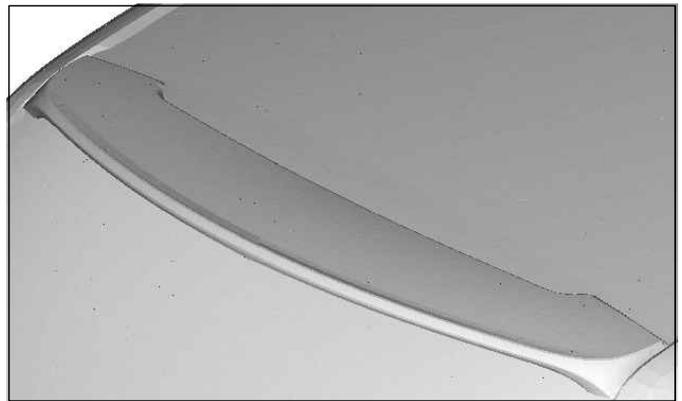


그림 1-4 Spoiler model

## 2. 해석상의 목표

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 요소로 부각되고 있다. 따라서 디자인 모델의 성능 예측 및 시험용차가 확보되지 않은 시점에서의 성능 개선에 이용되고 있는 전산 해석의 방법의 필요성은 더욱 더 커지고 있다. 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.

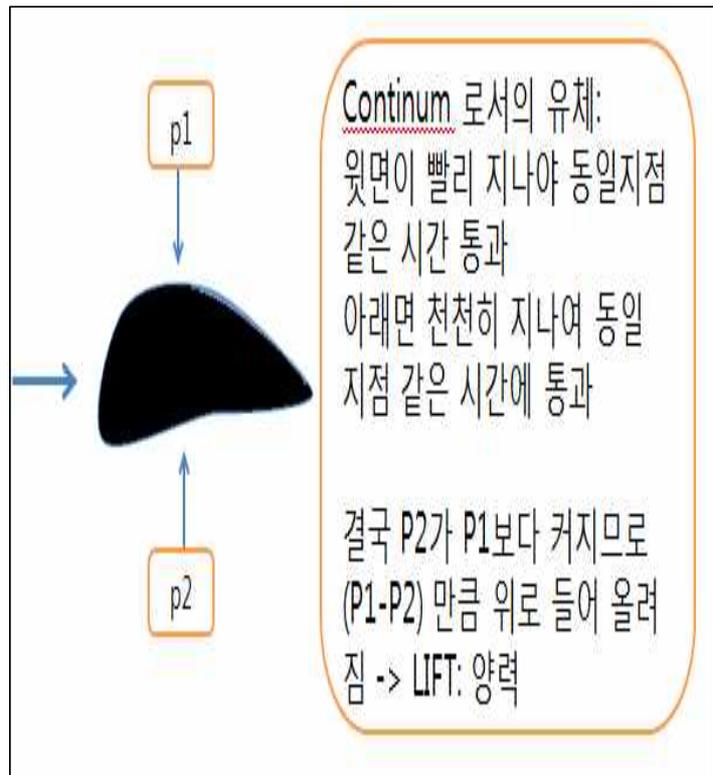


그림 1-5 스포일러 유동방향

차량이 주행하기 시작하면 공기는 차체 앞부분과 차체 아래로 분리되어 흐르게 되고 차는 완전한 유선형이 아니므로 공기는 차량 끝부분에 이르기 전에 경계층 박리가 일어나게 된다. 경계층 박리가 일어나면 공기가 흐르는 최초의 부분인 앞 범퍼 부위는 압력이 높고, 뒷부분의 박리영역은 압력 회복이 완전히 되지 않으므로 압력이 저하되어 항력이 발생하며 박리된 경계층은 와류를 형성하고 재순환영역이나 재부착이 발생하여 유리창 뒷부분이나 트렁크 뒷부분에 먼지나 빗물이 묻어나는 현상이 나타나게 된다. 스포일러는 차량의 경계층 박리 점을 옮겨서 유체의 흐름을 원활히 하여 항력을 저감시키고 더 나아가서, 스포일러 자체의 위아래의 공기흐름을 유발하여 고속주행 중에 차량 뒷부분이 상승하는 것을 반대로 눌러주는 역할을 하여 주행성과 안정성을 향상시킨다. 이러한 이론적 배경을 통하여 스포일러의 주행안정성을 역으로 생각하여 제동력증대에 효과를 얻기 위해서 차량의 상측에 스포일러를 제작하여 실험을 해보았다.

일반적으로 스포일러의 구조는 비행기 날개를 뒤집어 놓음으로써 밑으로 양력이 발생하게 된다. 대부분의 스포일러는 지면을 향하는 아래쪽 부분과 위쪽이 평면을 지니고 있으며 받음각은 유체를 받는 앞쪽이 지면을 향하게 설치하여 자동차의 양력을 상쇄시키는 역 양력 즉 down force를 발생시키기 쉬운 구조로 되어 있다.

가. 이론적 증명

<p style="text-align: center;">비행기 날개</p> <p>Leading edge</p> <p>받음각 (<math>\alpha</math>)</p> <p>L</p> <p>D</p> <p>b(Span)</p> <p style="text-align: center;">그림 1-6 비행기 날개 유동방향</p>	<p><b>Deflect = <math>C_d</math>(저항계수 감소)</b></p> <p>공기유동 유선화</p> <p>노이즈 감소</p> <p><b>차에 미치는 힘</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 피칭: y축을 중심으로 회전운동</li> <li>2. 롤링: x축을 중심으로 회전운동</li> <li>3. 요잉: z축을 중심으로 회전운동</li> <li>4. 바운싱: 차체가 상하 진동</li> </ol>
---	--

- 압력 항력(Pressure Drag): 유동박리로 인한 압력 강하로 유동방향으로 전후방 압력차에 의한 항력 즉 물체의 형상에 의해 생기는 항력을 말한다.
- 마찰 항력(Friction Drag): 유체의 점성으로 인해 표면에 작용하는 항력 즉 유선형으로 설계하여 박리점이 후방으로 이동함에 따라 항력 값이 낮아진다.

<p>L (Lift force): 양력</p> <p>V</p> <p>D (Drag force): 항력</p> <p>S (Side force): 횡력</p> <p style="text-align: center;">그림 1-7 양력, 항력, 횡력 방향</p>	<p>이에 관련된 식으로는 양력: <math>C_L A \frac{\rho V^2}{2}</math></p> <p>이고 이 식에서 <math>C_L</math>는 양력계수(Lift Coefficient)를 의미하며, 항력: <math>C_d A \frac{\rho V^2}{2}</math></p> <p>에서 <math>C_d</math>는 저항계수(Drag Coefficient)를 의미 한다. 하지만 저항계수는 실험에 의해 결정해야 하므로 다양한 실험 변수가 요구 된다</p>
--	--

## 제4절 기대효과 및 활용방안

본 프로젝트는 자동차의 고속 주행 안전장치 및 그 제어방법으로 고속으로 도로를 주행할 때 브레이크 제동 시 한계가 있기 때문에 상단에 스포일러를 장착하여 제동력의 효과를 극대화 하는데 목적이 있다. 이로써 정면충돌에 대한 사고를 미연에 방지할 수 있으며, 차량의 심미성에도 좋은 영향을 줄 수 있을 것으로 기대 된다. 또한 이러한 기능을 차량에 추가적인 옵션으로 하여 소비자들이 선택할 수 있도록 하는 것이 적절 하다. 이에 스포일러 장착에 대한 설문 조사를 실시하였고 그에 대한 결과를 나타내어 보았다.

차량 스포일러 장착에 대한 설문조사			
설문대상	대구대학교 학생 30명	날짜	2012. 08. 17
연령대	20~27세		
설문내용			
1. 차량의 심미적 효과에 대하여 긍정적으로 생각되는가?		상(16)	중(9) 하(5)
2. 차량 옵션 선택 사항으로 한다면 선택하겠는가?		상(14)	중(10) 하(6)
3. 제동력 증대에 효과가 있다고 생각되는가?		상(13)	중(12) 하(5)
4. 미래에 실현 가능한 제품이 될 것 같은가?		상(17)	중(7) 하(6)
5. 공학적 측면에서 좋은 아이디어인 것 같은가?		상(20)	중(6) 하(4)
합 계		상(80)	중(44) 하(25)

표 1-1 설문지 결과

위의 표 1-1의 설문내용을 토대로 조사 한 결과 만족도 및 개발 목적에 대해 적합하다는 결론을 내렸다. 상>중>하> 순으로 대학생들이 아이디어 및 공학적 측면에서 좋은 반응이 나타나, 이에 아이디어에 대한 조사 및 시험 계획을 준비하였다.

## 제2장 개념 설계 및 상세설계

### 제1절 개념설계

항공분야에서 사용되던 스포일러는 비행기의 날개 상면·상하 양면 또는 날개 안에 장치되어 있는 항공 역학적인 돌출부분으로 되어있다. 이것은 날개면의 흐르게 되는 기류를 차단 및 흐르게 하는 기능으로 양력발생과 항력인 즉, 제동효과를 주는 역할이다. 즉, 유체의 흐름을 바꾸어 가면서 비행을 수월하게 수행하는 것이다.

이것을 차량에 접목시켜 사용된 것이 리어스포일러[ rear spoiler ]인 것이다. 차량에 흐르게 되는 기류를 지붕과 트렁크 상단부에 장착된 리어스포일러는 테일 스포일러[ tail spoiler ], 리어 윙[ rear wing ]이라고도 한다. 차량이 주행 시 공기를 가르며 달리기 때문에 밀린 공기가 뒤쪽으로 흐르면서 원래의 위치로 돌아가려는 복원력이 발생한다. 그러나 되돌아가는 시간이 걸리게 되며, 그 시간으로 인해 차량 뒷부분에는 진공상태가 이루어지게 된다.

이렇게 형성된 진공은 차량의 주행을 방해하는 공기의 저항인 즉, 와류현상으로 이루어지고 이러한 와류 와류현상은 차량의 운동성능에 영향을 가할 수 있다고 추측 한다. 차량에 접목되어 있는 리어스포일러를 차량의 지붕에 장착하여 제동 시의 흐르게 되는 기류가 와류현상을 일으켜 차량의 제동효과를 상승시켜 줄 수 있다는 것이다. 또한, 차량의 지붕에 장착되어 있는 차량의 스포일러는 역 양력 [down force]를 발생시켜, 차량제동에 중대한 역할을 담당하는 타이어와 지면의 접착력을 증대시켜 제동효과를 볼 수도 있다.

## 2. 차량 스포일러 디자인 스케치

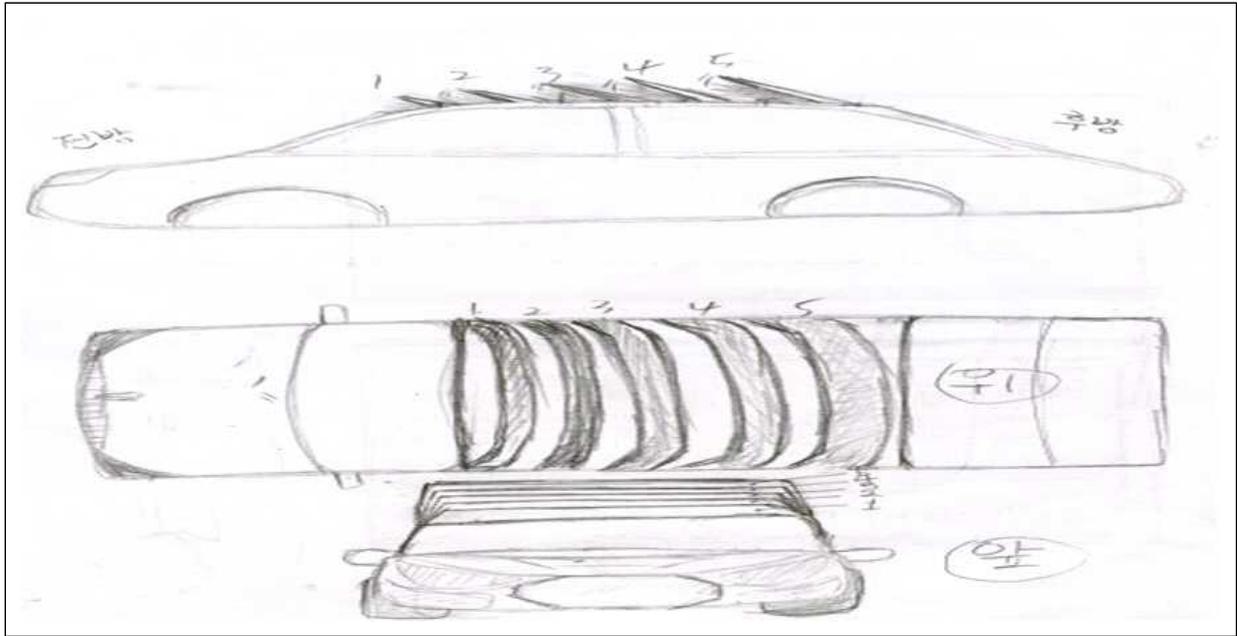


그림 2-1 차량 지붕에 장착되는 스포일러 디자인 (1)

초기 설계 시, 직접 스케치한 차량 스포일러의 형상이다. 주행 시의 흐르는 유체의 흐름을 최대한 부딪칠 수 있는 면적을 고려한 라운딩과 순차적인 높이 차이를 주었다. 무엇보다 차량 기존의 디자인을 고려한 것으로서 미사용 시, 닫힐 수 있는 구조로 되어있는 것 또한 특징이다. 그림 2-1에서는 현재 차량의 외부 형상만 고려한 디자인이다.

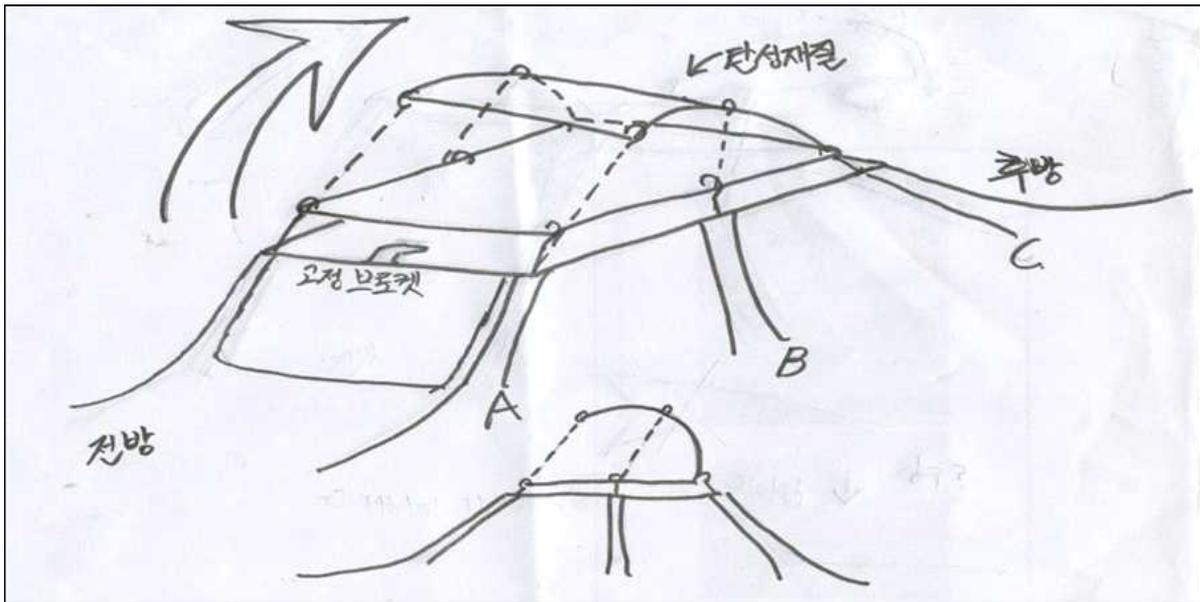


그림 2-3 차량 지붕에 장착되는 스포일러 디자인(3)

그림 2-3은 차량의 스포일러가 하나의 모습으로 낙하산과 같이 탄성재질로 각 모서리 부분에 연결고리와 고정 브로켓으로 고정되며 작동 시, 전단부의 연결고리가 밀어주며 스포일러가 개방되는 방식의 디자인이다.

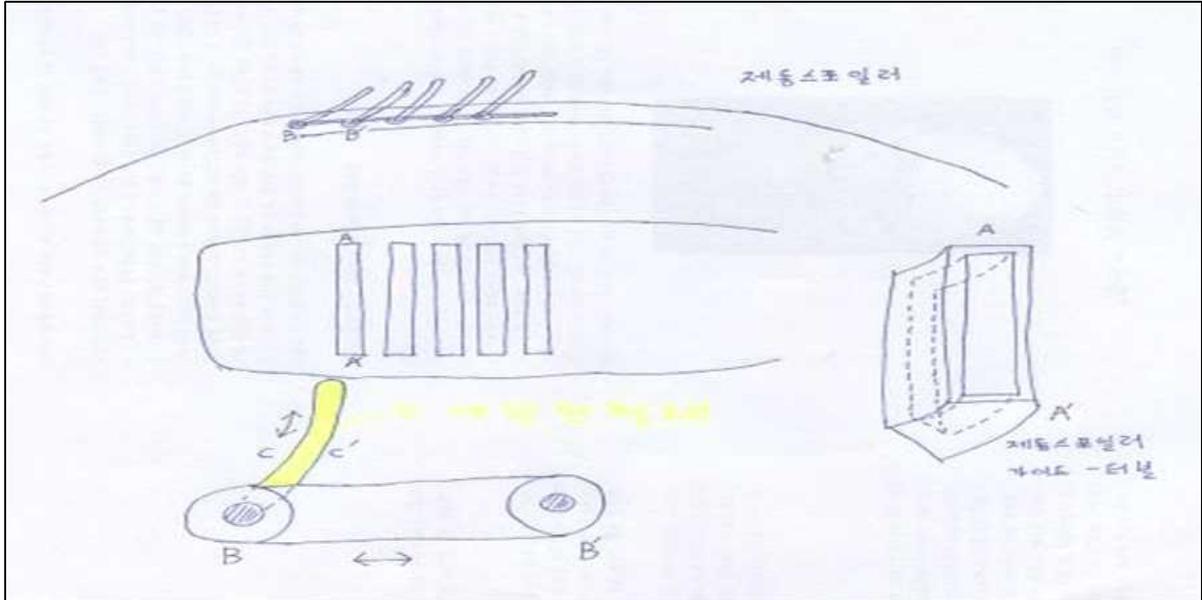


그림 2-2 차량 지붕에 장착되는 스포일러 디자인(2)

그림 2-2는 차량에 장착된 스포일러의 구동 방식에 대한 스케치된 모습이다. 곡선형태의 가이드 터널을 통하여 스포일러를 움직이며, 힌지(B)의 연결 고리를 통하여 직선의 방향을 상하로 제어하게 된다.

미작동 시, 각 스포일러가 당겨져 들어가며 모습을 감추게 되는 디자인이다.

### 3. 열린 스포일러 CATIA 디자인

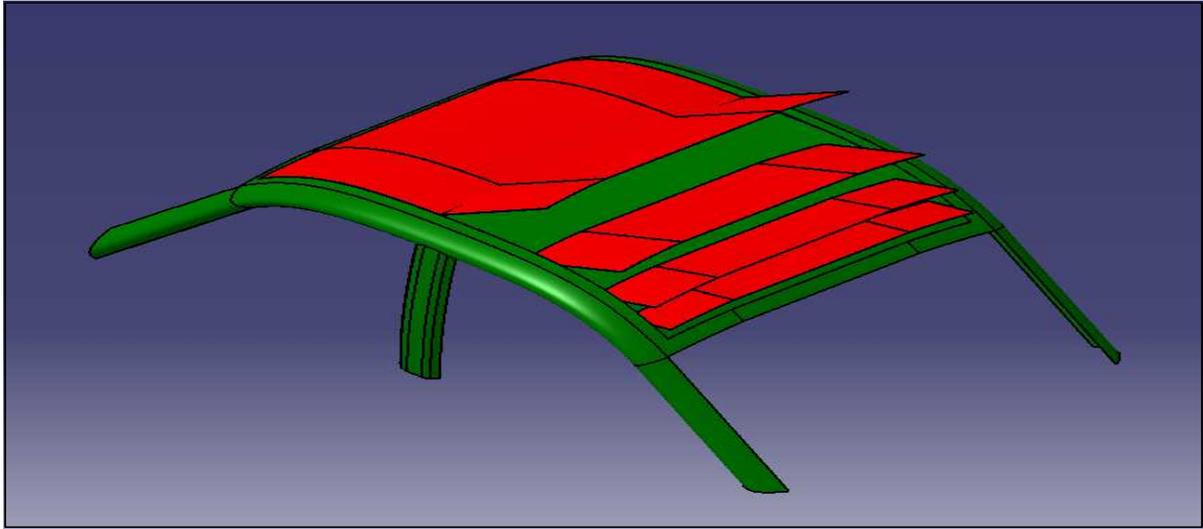


그림 2-4 차량에 장착된 열린 제동 스포일러

그림 2-4는 차량에 장착된 스포일러가 제동 시에 개폐장치에 의한 열림에 따른 형상이다. 차량 전방부분에서 시작된 제동 스포일러는 각기 순차적인 높이차이로 설계되었으며, 제동 시에 영향을 받게 될 유체의 흐름에 의한 마찰을 최대한 증가시키는 목적으로 구성하였다.

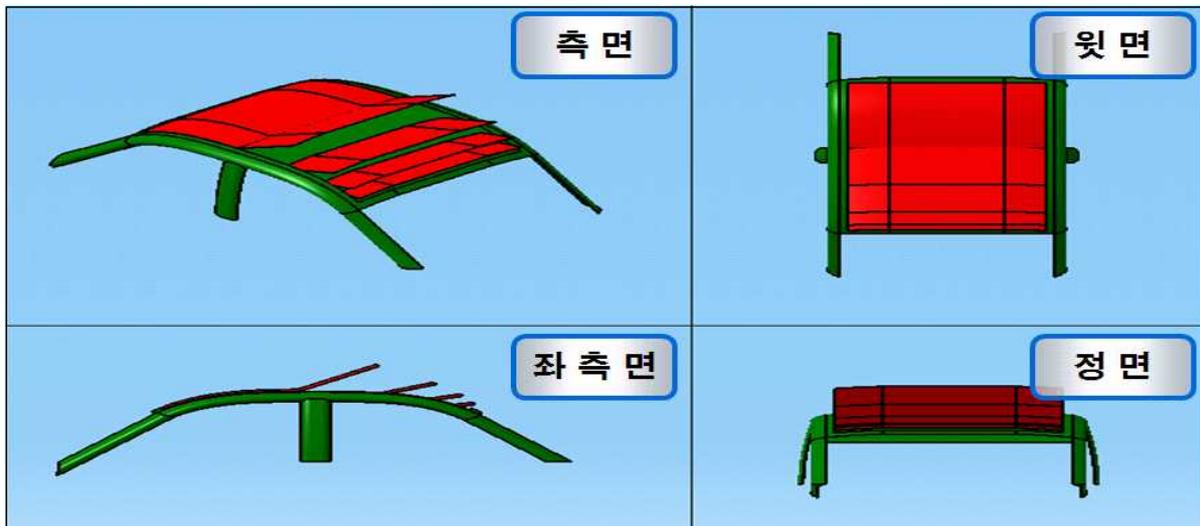


그림 2-5 열린 제동 스포일러의 시각별 형상

그림 2-5는 차량에 장착된 열린 스포일러 형상이다. 그림에서 볼 수 있듯이 4개의 스포일러만이 열린 모습을 띄고 있다. 후면부에 처리된 닫힌 부분은 스포일러의 구동방식으로 인한 부분으로 닫힌 모습을 구현하고 있는 모습이다.

#### 4. 닫힌 스포일러 CATIA 디자인

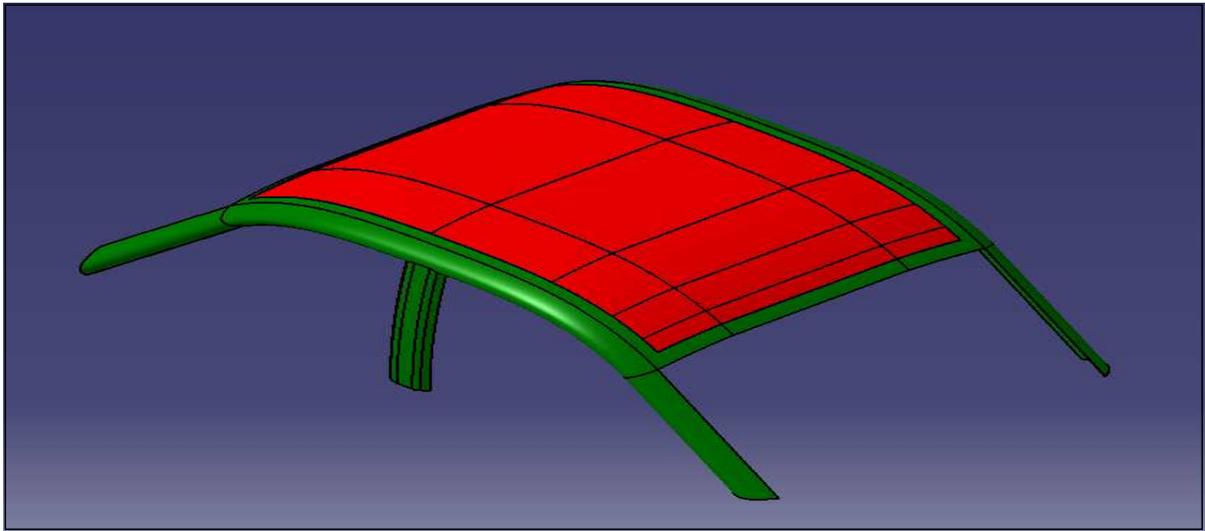


그림 2-6 차량에 장착된 닫힌 스포일러

그림2-6과 같이 차량의 외부 디자인에 밀접한 형상으로 제작되었으며, 주행 시에 영향을 주지 않을 곡선처리가 되어져 있다. 총 4부분의 스포일러로 구성이 되었으며, 기존의 외부 라운딩 형상으로 스포일러의 개폐 시, 유동의 흐름을 더욱이 방지하는 역할을 수행할 수 있다.

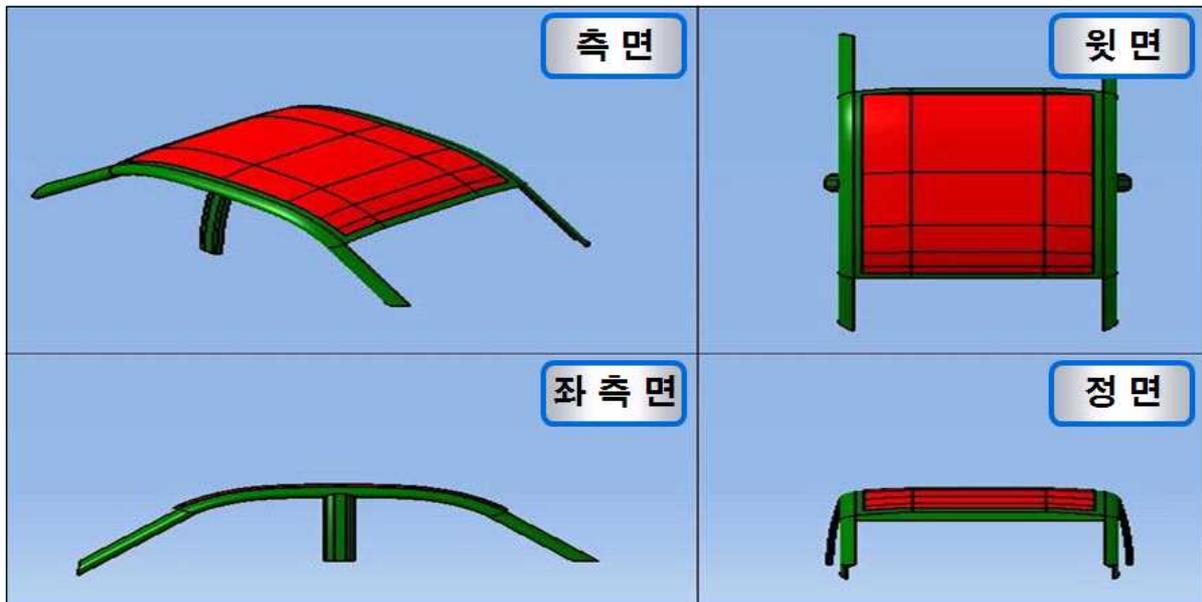


그림 2-7 닫힌 제동 스포일러의 시각별 형상

그림2-7은 차량 새시 디자인에 미관적으로 전혀 영향 없는 형상을 나타내고 있다. 이렇듯 4개의 제동 스포일러가 개폐 시의 구동 부품으로 차량디자인에 아무런 영향 없이 운행 할 수 있으며 심미적으로도 깔끔할 수 있도록 구상 하였다.

## 제2절 상세설계

제동 스포일러 설계에서 차량에 접목시키기 위한 것으로 3차원 설계가 필요로 하였다. 앞서 형상 모델링을 스케치하였고, 그것을 본보기 삼아 직접 차량 지붕을 디자인하였다.

CATIA V5 프로그램을 사용하여 GSD (Generative Shape Design)에서 초기 디자인을 한 다음에 Part Design에서 작업하였다.

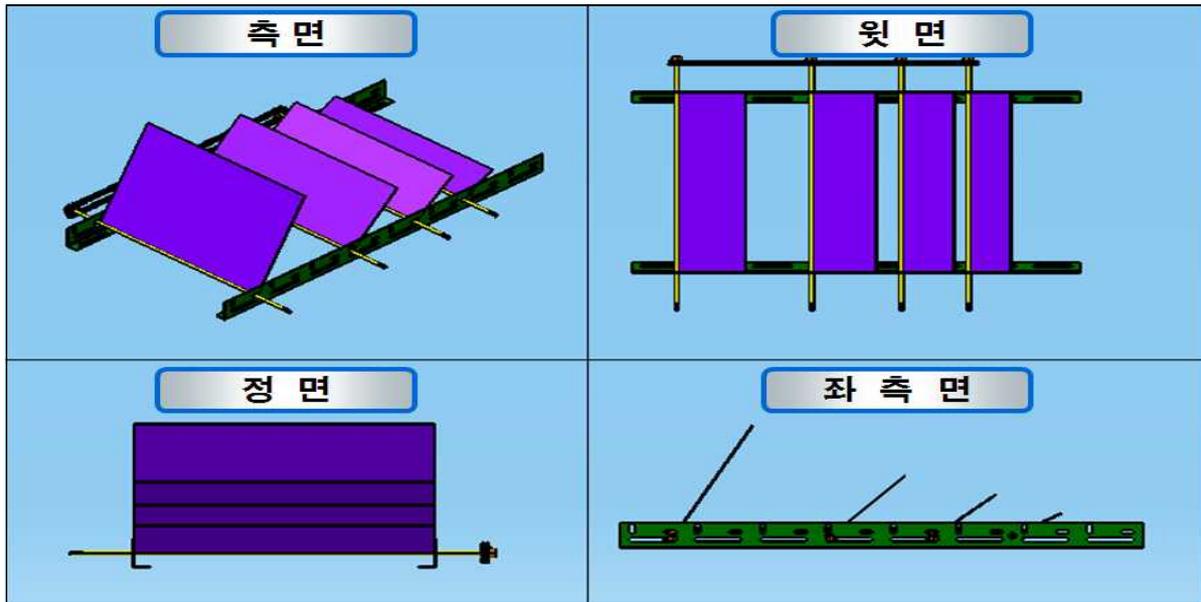


그림 2-8 제동 스포일러의 제작 형상

그림 2-8은 시제품으로 구상하여 설계한 모습이다. 제작에 앞서 형상을 구현하기 위하여 CATIA 설계프로그램을 이용하여 각 부분별로 모습을 나타내었다.

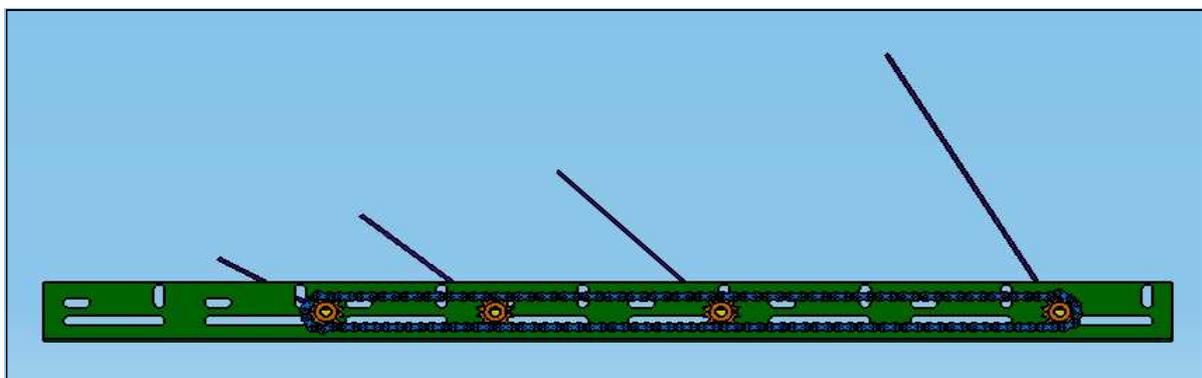


그림 2-9 제동 스포일러의 제작 형상

그림 2-9은 스포일러의 구동방식에 스프라켓과 연결된 체인의 모습이다. 총 4개의 스프라켓, 체인, 샤프트로 체결되도록 설계 하였다.

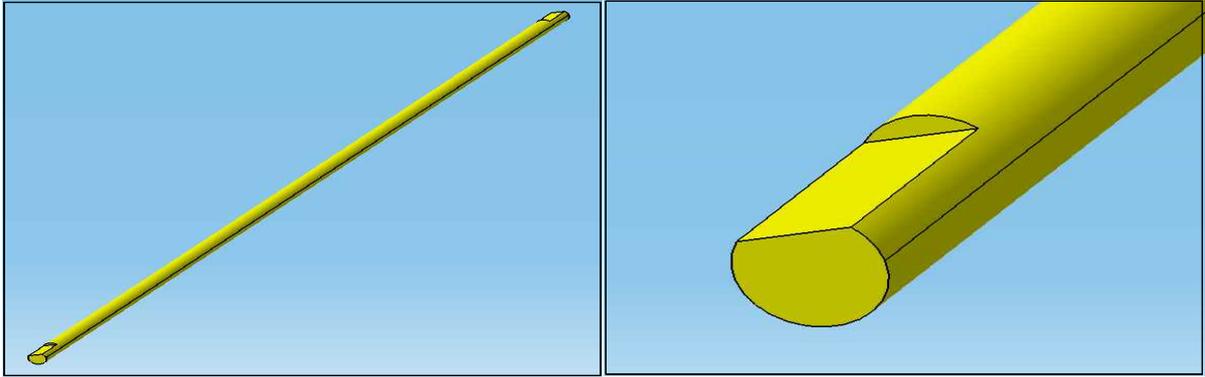


그림 2-10 제동스포일러와 용접될 샤프트 형상

그림2-10은 제동스포일러에 용접으로 접합하여 구동될 샤프트의 모습이다. 샤프트의 사양의 길이 700mm, 직경은 10mm으로 설정하고 양끝단에 키홈을 설계하여 스프라켓이 헛도는 것을 방지하고자 하였다.



그림 2-11 제동 스포일러 형상

그림2-11은 스포일러의 사양 (가로mm x 세로mm )은 500mm(고정) x 100, 150, 200, 300mm로 설정하였다.

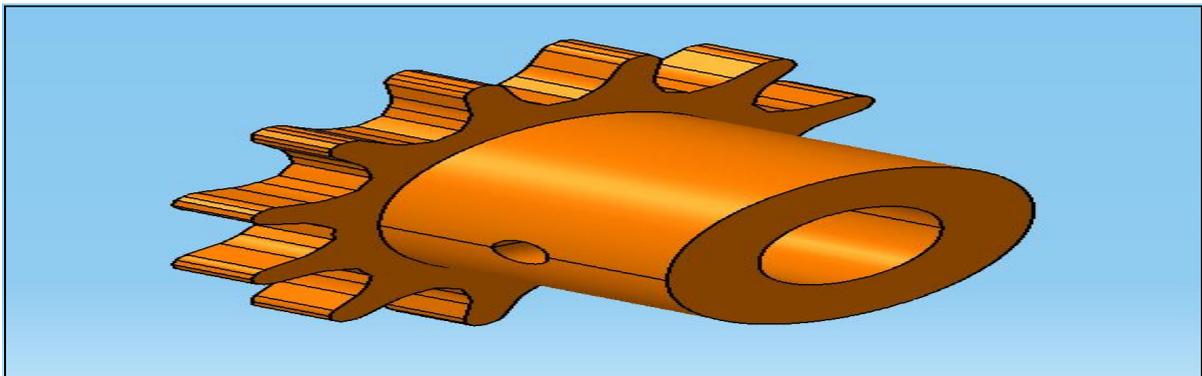


그림 2-12 샤프트와 체결될 스프라켓 형상

그림 2-12의 스프라켓은 사용될 체인과 함께 체결되기 때문에 KS규격의 제품으로 한쪽 부분으로 톱니바퀴로 형성된 체인기어 B형 싱글이다.



그림 2-13 스포일러와 샤프트 및 스프라켓의 체결 형상

그림 2-13는 스포일러와 샤프트의 용접하고, 스프라켓까지 체결된 형상이다.

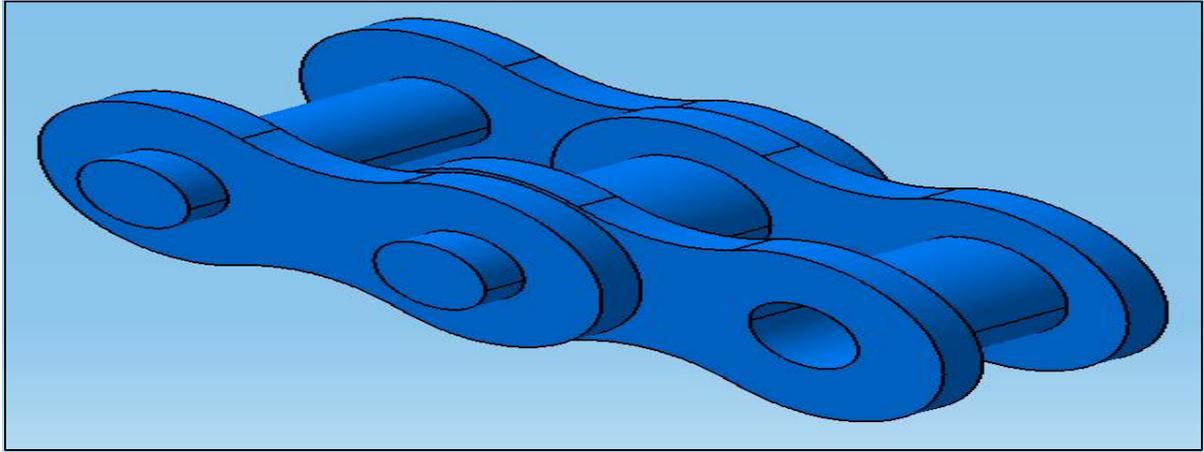


그림 2-14 체인기어와 맞물릴 체인 모형

그림 2-14은 스프라켓과 체결될 체인의 형상이다.  
구동 시, 가장 중요시 되는 점으로 스프라켓과 체결되어 동력을 전달하는 중요한 부품이다.

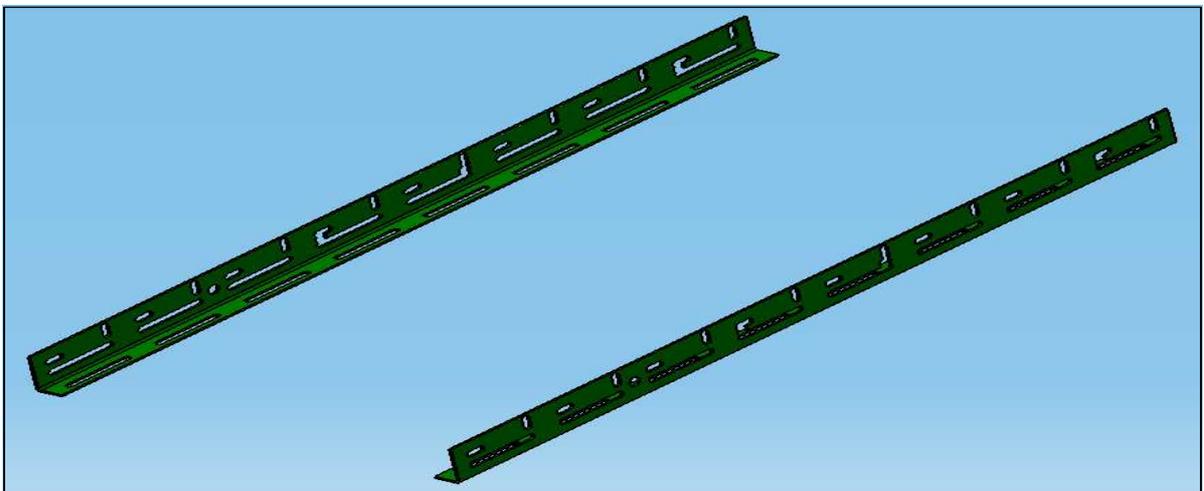


그림 2-15 샤프트를 고정시킬 앵글 형상

그림 2-15는 샤프트의 고정될 지지대로서 시중에 널리 사용되는 앵글이다. 다양하게 쓰일 수 있어서 선정하였다.

차량의 루프 및 각 필러를 구현될 부분에 사용되어 총 8개로 1000mm X 2EA, 500mm x 4EA, 200mm x 4EA 로 구성된다.

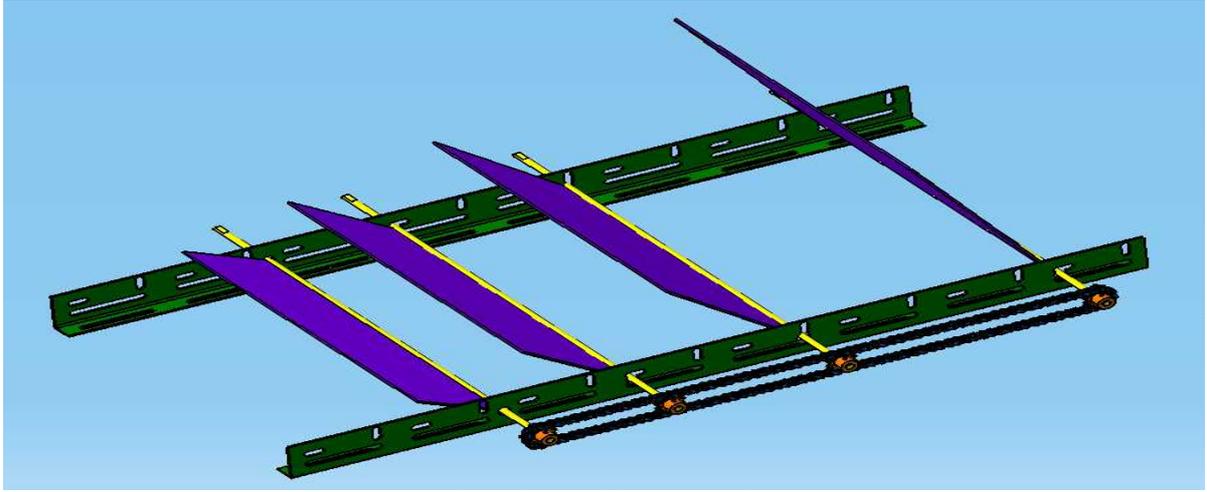


그림 2-16 최종 구현될 부품 체결 형상

그림 2-16은 최종적으로 구현될 제품의 형상이다. 한쪽으로만 스프라켓과 체인이 구성되어 있고 동력원과 연결하여 각 스포일러는 일정한 스프라켓의 잇수로 인해 같은 속도로 움직임이 가능하도록 설계하였다.

## 제 3장 시제품 제작

### 제1절 제작과정

#### 1. 구입 목록

표 3-1과 3-2는 시제품을 제작하기 전 사용 할 각 부품종류를 조사하였고 그 중 제작에 적합한 재료를 구입하여, 시제품을 제작을 준비 하였다. 우선 재료 구입에 대한 조건을 만족시키기 위해 팀원과 함께 브레인 스토밍을 통해 구입 조건을 작성 하였고, 각 부품에 대한 조사를 실시하였다.

구입 조건	점검사항
비용	제품구입에 가장 중요한 점으로 가격이 저렴하고 제품의 특성이 우수한 제품을 선정 하여야 한다.
실용성	구입한 제품에 대한 실용성이 타당한지 점검해보고 추가적인 비용이 사용되지 않아야 하는지 점검한다.
합리성	제품을 구입할 때 한가지의 용도가 아닌 여러 용도로 쓸 수 있는지에 대한 점검이 필요하다.
용도	시제품에 필요한 제품에 대한 필수적인 용도로 쓰이는지 점검한다.

표 3-1 구입조건사항

#### 가. 부품 종류 조사

품목	사양
주석도금강판 [tin plate]	500mm x 100mm 500mm x 150mm 500mm x 200mm 500mm x 300mm
앵글[angle-rack]	1000mm - 9 EA
샤프트 [shaft]	700mm - 4 EA
모터	단수직형 220V~60Hz
체인	300mm - 1EA
스프라켓	4EA

표 3-2 스포일러 제조 품목

나. 모터 (단수직형 220V~60Hz)



Lifting cap(허용중량)	200/100kg	Input power(흡수마력)	450W
Voltage(전압)	220V~60Hz	Lifting speed(중량속도)	5/10m/min

표3-3 모터 사항

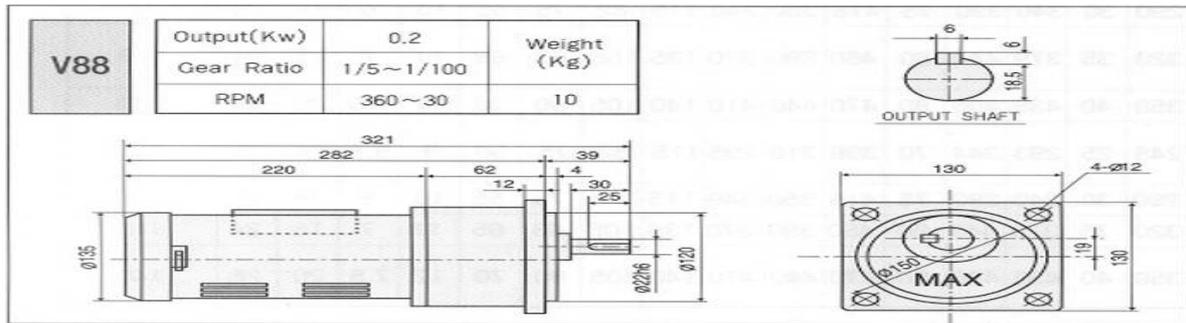


그림 2-6 DC모터 도면

다. 주석도금강판



가격	15,000원
길이	400×500
두께	1.6mm

표 3-4 주석도금 철판 구입조건

그림 3-2 주석도금 철판 두께

연속주조법이나 강괴법에 의해서 제철된 강철편을 사용하여 냉간압연에 의해서 제조한 원판에 주석도금을 한 강판을 말한다. 연속주조법에 의한 주석도금 철판판은 품질이 균일하고 경제적이기 때문에 널리 사용되고 있다.

주석 도금판을 black plate라고 하며, 재질은 가공에 견딜 수 있도록 엄선하여 압연시에도 주의를 요한다. 소재는 틴 바라고 한다. 일반적으로 염기성 평로강의 림드형 또는 킬드형 강괴를 사용한다. 성분의 일예를 들면 0.08~0.11% C, 0.3~0.5% Mn, 0.06%>Si, 0.07~0.90% P, 0.04% S, 0.20%>Cu이다. 박판의 압연은 8매를 겹쳐서 롤링하며 전단 박리하여 흑산세, 흑플림하여 그 후에 교정 물에 넣어서 백플림을 한다.

라. 표준형 로울러 체인

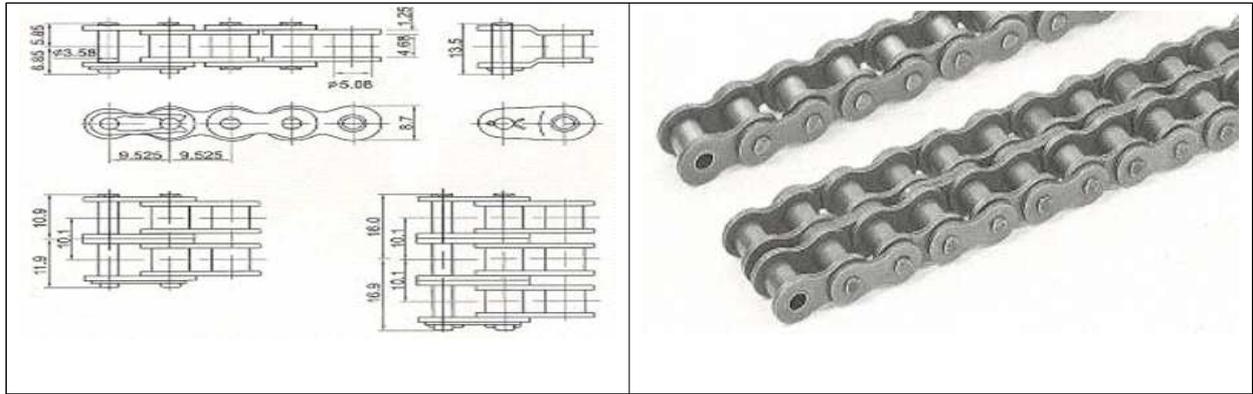


그림 3-3 체인도면

그림 3-4 표준형 로울러 체인

체인번호	열수	과단하중 (kgf)	평균과단하중 (kgf)	최대하용하중 (kgf)	개략중량 (kg/m)	단위당 링크수
MS35-1	1	800	1,150	220	0.33	320
MS35-2	2	1,600	2,300	370	0.69	
MS35-3	3	2,400	3,400	550	1.05	

표 3-5 MS 35 표준형 볼러체인 규격

그림 3-4는 동력전달용 로울러 체인의 표준형으로써 저속에서 고속영역까지 광범위하게 사용되며, 체인의 정식 규격인 KS 인증을 획득한 제품을 사용 하였다. 구입 시 그림3-3의 CAD파일을 참조하여 구입하였고, 각 사용 용도에 따라 과단강도와 피로한도를 향상시킨 강력형(H) 및 다양한 재질을 파악하여 선정 하였다.

마. 로울러 체인 스프라켓

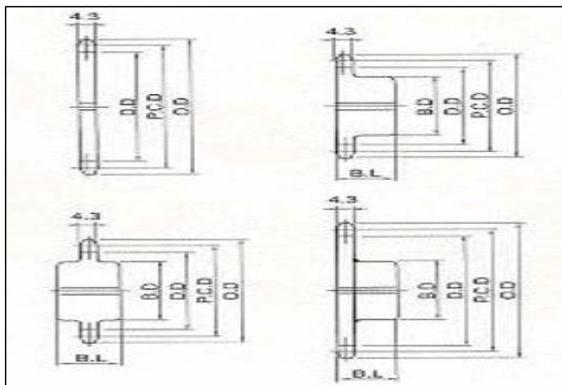


그림 3-5 스프라켓 도면



그림 3-6 로울러 체인 스프라켓

그림 3-6은 체인기어 B형싱글 SS224 제품으로써 그림3-5의 CAD 도면을 참고하여 전문가의 상의를 통해 최소 1마력이상의 힘을 견딜 수 있는 제품으로 선정하였고, 가격에서도 가장 합리적인 제품을 선정하였다.

바. 앵글

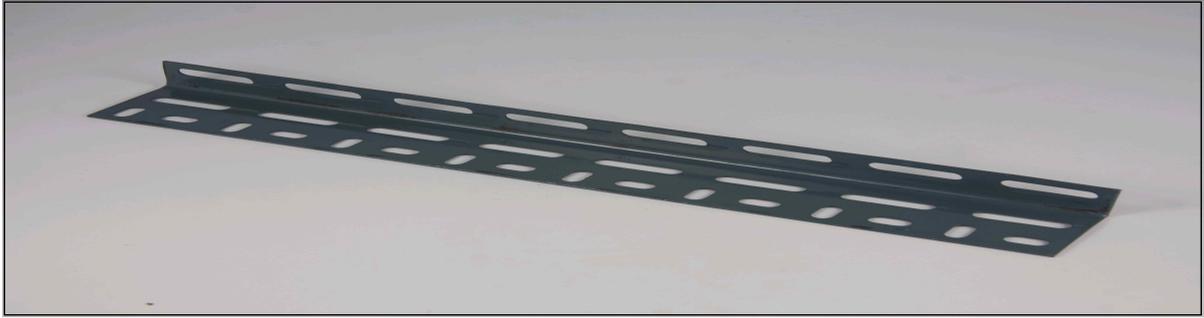


그림 3-7 623앵글

그림 3-7은 앵글을 이용하여 자체 필터부분을 담당하는 역할을 위해 구입 하였으며 볼트와 너트 체결 및 가격 조건에 부합하여 선정 하였다.

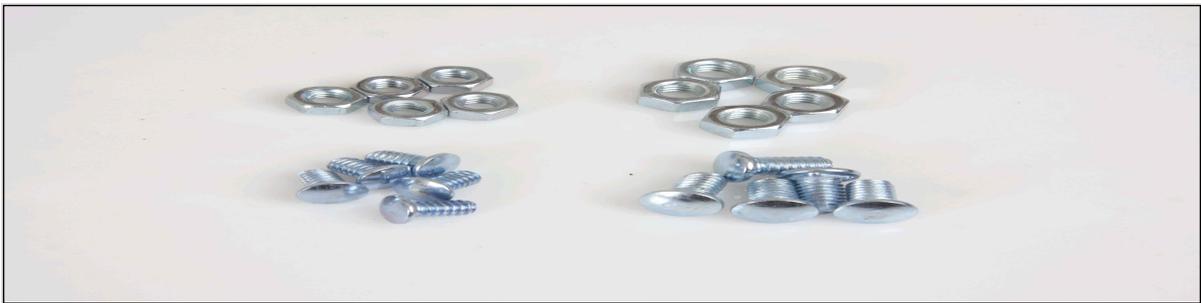


그림 3-8 623앵글전용 볼트와 너트

그림 3-8은 앵글 고정 시 필요한 너트와 볼트를 치수에 맞게 구입하였다.



그림 3-9 623앵글전용 삼각대

그림 3-9는 앵글 각도 조절을 위해 삼각대를 별도로 구입하여 흔들림 방지 및 지지대 역할을 하기위해 구입하였다.

## 2. 스포일러 제작과정



그림 3-10 스포일러 형상

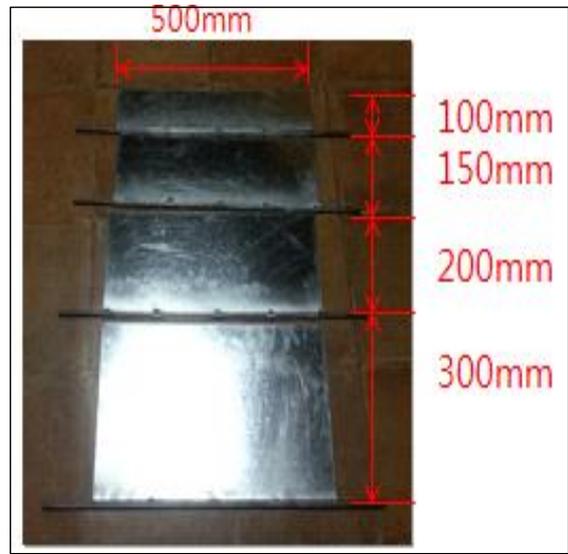


그림 3-11 스포일러

그림 3-10, 3-11은 그림과 같이 주석도금 철판을 이용하여 4개의 스포일러를 각기 다른 사이즈로 제작하여 9.5mm의 막대철봉에 용접한 그림이다.

## 3. 스프라켓 제작과정



그림 3-12 체인기어 b싱글



그림 3-13 막대철봉 채결

그림 3-12, 3-13은 체인기어 b싱글 ss244 와 스텐다드 롤러체인 35×10ft 을 이용하여 채결하여 막대철봉에 채결한 사진이다.

#### 4. 앵글 제작과정

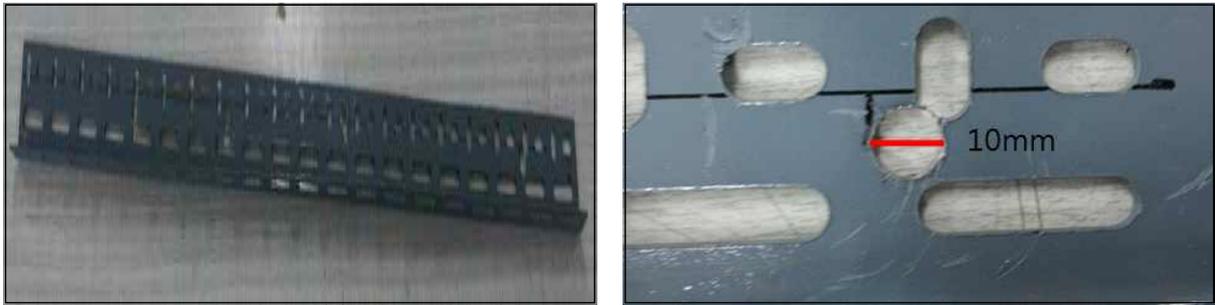


그림 3-14 앵글 제작

그림 3-14는 1m 앵글 2개를 제작하여, 전동드릴을 이용해 10mm의 구멍을 뚫은 사진으로, 막대철봉을 결합 시켜 차량의 상단모양을 만들기 위한 과정이다.

#### 5. 앵글과 스포일러 체결과정

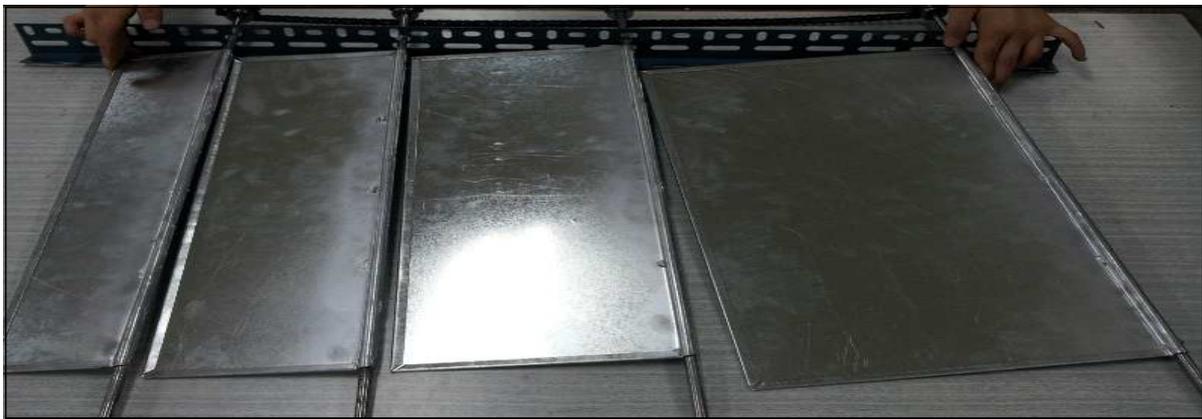


그림 3-15 앵글 및 스포일러 체결

그림 3-15는 1m사이즈로 제작된 앵글과 용접된 스포일러를 결합한 사진이다.

## 6. 앵글 및 스포일러 체결 완성

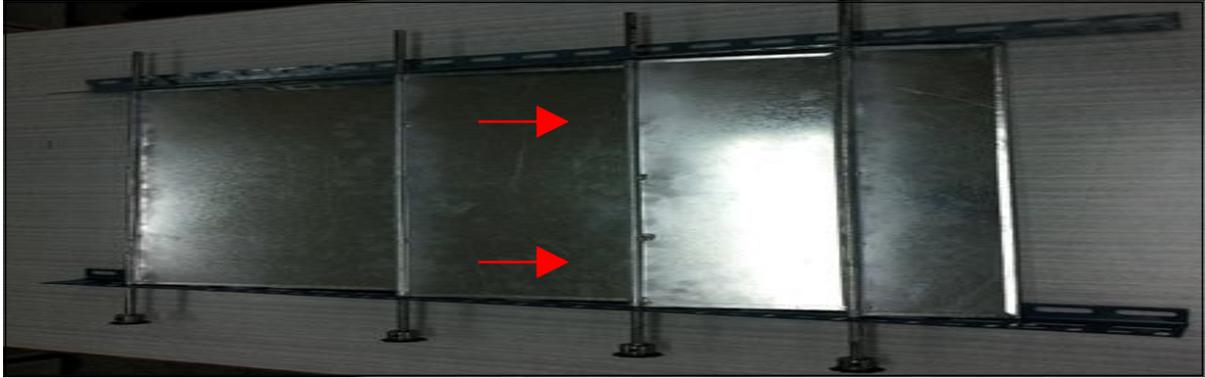


그림 3-16 스포일러 체결완성

그림 3-16은 차량 상단부분을 축소 비율로 제작한 사진이다.  
2개의 앵글 사이에 스포일러를 체결하여 제작한 과정이다.

## 7. 스프라켓에 체인 분리 과정

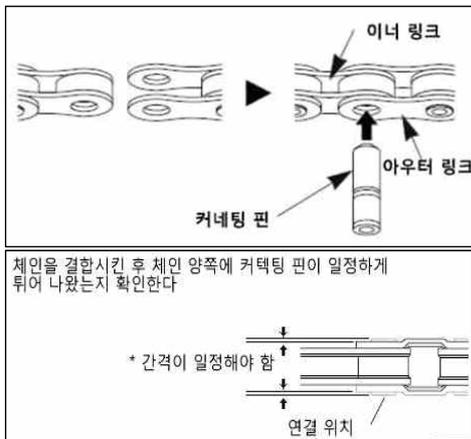


그림 3-17 커네팅핀 분리과정



그림 3-18 체인 분리

그림 3-17, 3-18은 체인 커터기를 이용하여 커네팅핀을 분리시키는 과정으로, 스프라켓에 연결하기 위해 분리하는 과정이다.

## 8. 스프라켓 및 체인 결합과정



그림 3-19 체인결합

그림 3-19는 스포일러 금속막대에 장착된 스프라켓에 체인을 감아 결합한 과정이다. 이 과정에서 장력 및 결합의 문제점이 생겨 작동의 문제점을 보안하려고 한다.

## 제2절 문제점 및 결과

### 1. 앵글의 문제점

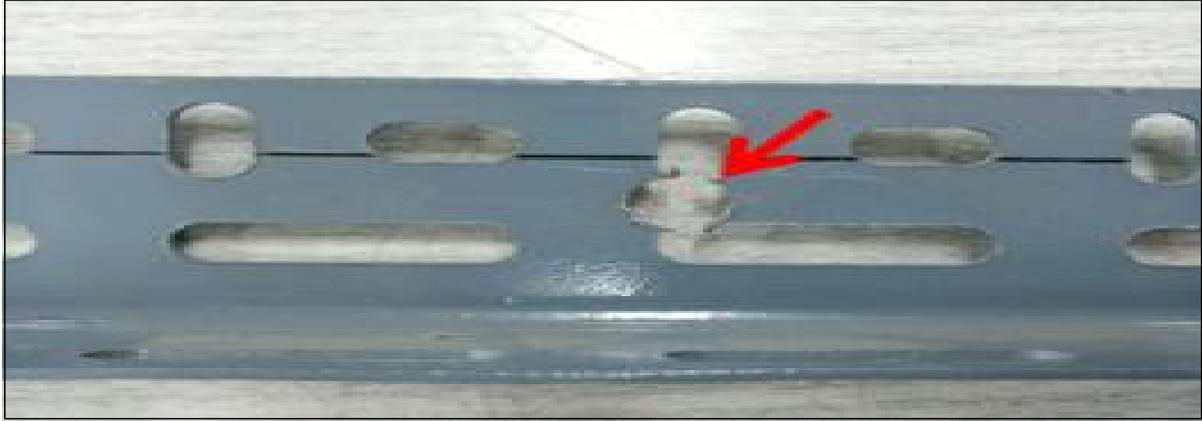


그림 3-20 앵글

그림 3-20은 드릴을 이용하여 직경 10mm의 구멍을 뚫었으나 윗부분과 마찰되어 샤프트 체결 시 흔들리는 문제점이 나타났다. 이를 보완하기 위해 드릴을 사용 시 세밀하게 조작하여 마찰되는 부분을 제거 하도록 하였다.

### 2. 체인의 장력에 의한 문제점

#### 가. 강구대책(1)



그림 3-21 체인결합 문제점1

그림 3-21은 체인의 장력에 의한 문제로 2번, 3번을 스포일러 반대쪽에 스프라켓을 체결하여 맞물리도록 하여 문제점을 보완 하고자 하였다.

#### 나. 강구대책(2)

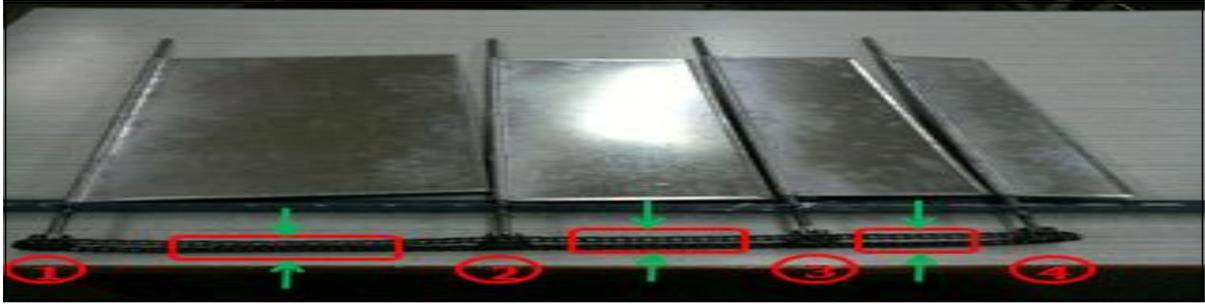


그림 3-22 체인결합 문제점2

그림 3-22는 1번~2번, 2번~3번, 3번~4번 사이에 장력을 끌어올리기 위해 각 체인 사이에 고무파이프 및 호수 등을 이용하여 장력의 문제점을 극복하고자 하였다.

## 제4장 운용 및 시험

### 제1절 운용 및 시험 요구조건

#### 1. 실험 방법

프로젝트 진행시 필요한 실험은 차량 주변의 공기의 유동을 살펴봄과 동시에 공기 유동에 따른 미치는 영향을 살펴보는 것을 목적으로 하고 있다.

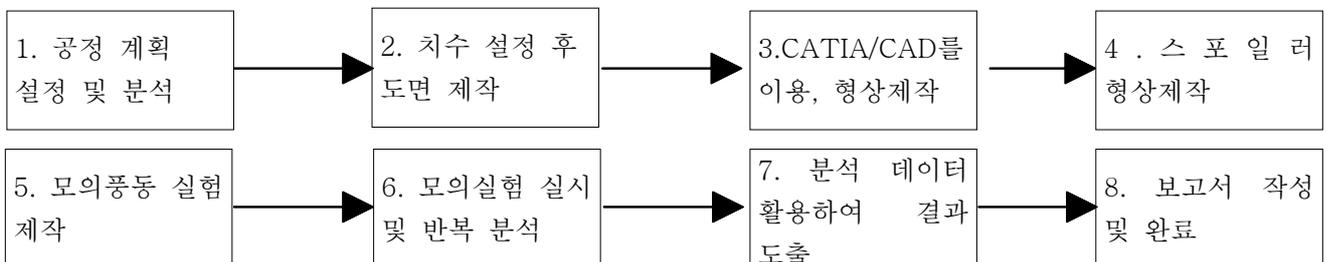
그로인해 먼저 풍동실험을 통한 공기흐름 분석 파악하고 차량의 공기 역학적 특성을 이용해 다운 포스(차량을 아래로 내리누르는 힘)를 발생시키는지 확인한다. 이러한 다운 포스는 공기와의 마찰로 인해 손실되는 출력을 보상하여 연비 향상에도 기여 하게 된다. 이 과정에서 전 면부 투영면적에 따른 수치를  $C_D$  값 이라 하여 공기 저항 계수라고 하며 이 수치가 높으면 높을수록 차량에 가해지는 힘(마찰)은 크게 되며 동시에 큰 저항이 생겨 앞으로 나아가는 자동차는 더욱 많은 힘을 필요로 하게 된다. 이 과정을 통해 제동력 증대를 위한 설계를 실시하여 모형제작 및 모형풍동을 제작하여 공기 저항의 계수를 구하고 어떤 영향이 나타나는지 실험 하고 CFD를 통한 해석 값과의 비교를 실시한다.

#### 가. 실험장치

실험 장치로 6호관 공대 1층에 있는 자동차 실험실에서 실시 또한 풍동실험은 유체역학으로 접근해야 함으로 전공 교수님께 자문을 요청하여 제작 및 실험을 실시하였다.

#### 나. 시작품설계 및 제작

시중에 나와있는 자동차를 정확하게 치수를 매겨 CATIA를 이용하여 형상을 만든 다음 가장 중요한 스포일러를 차량에 적합하게 CATIA로 형상을 만들어 제작 한다. 또한 풍동제작은 전공 교수님과 협조하여 제작방법에 대해 논의 드리고 제작을 실시하였다.



#### 다. 실험절차

시 험 내 용	조건변수1	조건변수2	측정
각도 조절에 따른 모형 자동차의 속도	각도의 변화	각도 외 조건 동일	각도에 따른 속도 측정
각도 조절에 따른 모형 자동차의 스트림 라인	각도의 변화	각도 외 조건 동일	각도에 따른 스트림 라인 형성
각도에 따른 모형 자동차의 밀립	각도의 변화	각도 외 조건 동일	각도에 따른 밀리는 량 측정

표 4-1

표 4-1은 실험 절차를 토의를 통해 구성해본 표로 각각의 스포일러 조절에 따른 나타날 영향을 고려하여 구성해 보았다.

## 제2절 시험 및 결과분석

### 1. 스포일러 각도에 따른 모형 자동차의 속도 측정

#### 가. 실험 방법

아크릴로 제작한 스포일러(30, 45, 60)를 모형 차량의 윗부분을 오려내 장착을 하고 기존의 차량과의 속도의 차이를 알아보려고 하여 대구대학교 서문에 위치한 인라인 스케이트장에서 실험을 진행 하였다. 측정 방법은 일정한 거리(50m)를 두고 모형 자동차의 케이스를 바꿔 가며 차이나는 속도를 측정하는 방식으로 진행 하였다.

이 실험의 목적으로는 상부에 각도에 따른 전면 부 면적을 늘여줌으로 인하여  $C_D$ 값이 증가하게 되고 차량의 주행 시 받는 공기 저항이 올라가고 이에 따른 모형 차량은 속도가 감소 할 것이라고 가정 하고 진행 하였다.

#### 나. 실험 차량 사진



그림 4-1 스포일러를 장착하지 않은 차량

그림4-1은 HONDA ACCORD 차량의 1/10스케일 모델로 실제 차량의  $C_D$ 값은 0.3정도 이다.



그림 4-2 30°의 스포일러를 모형 자동차에 설치한 모습

그림 4.2는 스포일러를 장착한 사진으로 각도30°의 스포일러 장착 모형 이다. 이렇듯 각도를 올려  $C_D$ 값을 올려 공기 저항을 최대한 받고자 설계하였다.



그림 4-3 45°의 스포일러를 모형 자동차에 설치한 모습

그림 4-3은 45°의 스포일러를 설치한 모형으로 30°의 모형보다 면적이 증가 하므로 더 큰 공기저항 계수를 받을 수 있게 설계 하였다.



그림 4-4 60°의 스포일러를 모형 자동차에 설치한 모습

그림 4-4는 60°스�포일러 장착 사진으로 최대 많은 저항력을 가질 것 이라고 예상하고 설계 하였다.

측정 횟수	조건변수 (스포일러 각도°)	측정 값(s)	속도(m/s)	비고
1	미장착	5.6s	8.9m/s	
2	미장착	6.2s	8.1m/s	
3	미장착	5.5s	9.1m/s	최고속도
4	30°	7.4s	6.8m/s	
5	30°	6.8s	7.4m/s	
6	30°	7.2s	6.9m/s	
7	45°	8.7s	5.7m/s	
8	45°	8.3s	6.0m/s	
9	45°	8.4s	5.9m/s	
10	60°	9.7s	5.2m/s	
11	60°	9.8s	5.1m/s	
12	60°	10.2s	4.9m/s	최저속도

표4-2 스포일러 각도에 따른 속도 차이

#### 다. 결과 분석 및 문제점

표4-2 는 스포일러 각도에 따른 모형 자동차의 속도 차이를 측정 한 결과로 각도에 따라 3 번 실시하여 오차를 줄이고자 하였다.

실험은 처음 조건을 토대로 하여 진행 하였고 다른 변수로 인해 변할 수 있는 모든 것을 제한 하고자 하였다. 그리고 줄자로 사전 거리를 측정하고 10m마다 표식을 해두고 그 값을 측정 하고자 하였다. 하지만 실험을 해본 결과 구간이 짧고 그 속도가 매우 빨라 50m의 구간을 동영상을 찍고 동영상을 토대로 속도를 측정 하였다.

위 실험의 결과는 처음 생각하였던 가설처럼 미장착 차량이 가장 빠르다는 것을 알 수 있었고 60° 일 때 가장 낮은 속도가 나온다는 것을 알 수 있었다. 하지만 결과 값 표4-2 에서와 같이 모형 자동차의 속도는 차이가 있음을 알 수 있었지만 그 조종을 사람이 함으로 인하여 정확한 속도 조절이 불가피 하였다. 이로 인한 차이가 약간은 있었으나 그 오차를 줄이기 위해서 3번씩 실험 하게 되었고 실험을 통해 얻어낸 속도로 인해 차이가 있음을 알 수는 있지만 그 저항력이 어느 정도인지는 정확히 알 수 없으므로 2차 실험을 통해 이 차이가 어느 정도인지를 알아보려고 하였다.

## 2. 스포일러 각도에 따른 모형 자동차의 밀림 측정

### 가. 실험방법

모형 차량 전반부에서 인위적인 바람을 쏘아서 스포일러 각도에 따른 자동차가 얼마나 밀리는지 실험하는 방법으로 이 실험을 위해 브레이크가 없는 바퀴를 사용한 차량 바디를 만들고 그 윗부분에 실험용 모형 자동차 케이스만을 올려 실험을 실시하였다.

이 실험에서는 차량의 속도로 인한 공기의 저항은 앞쪽에서 불어오는 바람의 풍속과 같다는 가설을 두고 실험을 실시하였으며 또한 바퀴저항은 동일한 위치에 동일하게 미친다고 가정 하였다.

### 나. 실험 사진



그림 4-5 실험 차량 제작 모형

그림 4-5의 모형은 아크릴 판을 이용 하여 실험 부분을 받쳐 줄 수 있는 판을 만들고 판과 모형을 고정 하기 위해 판 부분과 모형 차량의 일부분을 구멍을 내어 고정 하였다.



그림 4-6 실험 전 풍속 측정 모습

그림 4-6은 시험 전 일정한 풍속 (80~90km/h: 차량의 속도) 을 가하기 위해 일정한 거리를 두어 바람을 쏘아 주며 풍속을 측정 하였다.



그림 4-7 측정하기 전 준비 모습

그림 4-7의 모습은 실험의 조건을 같게 하기 위하여 바람을 쏘아 주는 거리와 모형 자동차의 출발 거리를 동일하게 해 주는 모습이다.

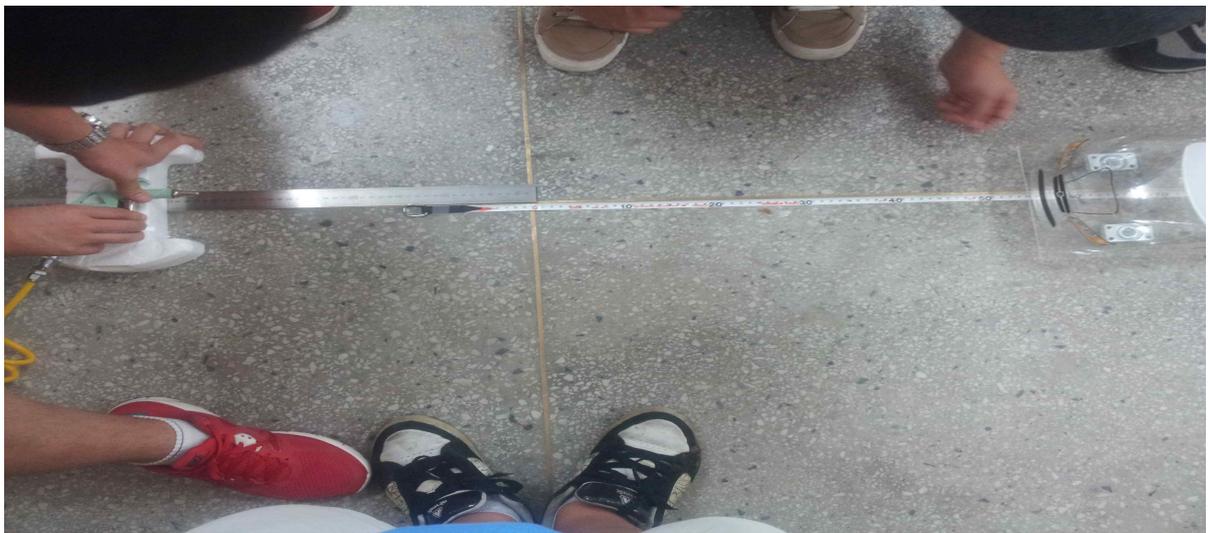


그림 4-8 실험을 통해 모형이 밀리는 모습

그림 4-8은 실험을 통해 밀리는 모습으로 미리 설치해둔 줄자를 통해 유체의 힘에 의해 얼마나 밀리는지 알 수 있었다.

실험 횟수	미장착 일 때 밀림 량(cm) 풍속 91km/h	스포일러 각도 30일 때 밀림 량(cm) 풍속 85.5km/h	스포일러 각도 45일 때 밀림 량 (cm) 풍속 83km/h	스포일러 각도 60일 때 밀림 량 (cm) 풍속 83km/h
1	26.2	62	65.3	80
2	38.2	58	66	67
3	47	60	65	66
4	47.2	61	63.3	67
5	47.3	52.5	62	71
6	47.4	55.4	63.1	69
평균	34.35	58.15	64.12	70

표4-3 스포일러 각도에 따른 속도 차이

#### 다. 결과 분석 및 문제점

위 표4-3은 각도에 따른 밀려난 량으로 각 실험의 조건을 동등한 조건으로 하여 실험 하고 각각 6번씩 진행 하였으며 실험실에 구비된 에어건의 풍속을 쏘아서 실험 하였다.

풍속계를 통한 제어를 하였지만 초기 값의 약간의 오차가 발생하여 그 제어를 위해 여러 번의 실험을 실시하고 그에 따른 평균의 값을 통해 밀림 량을 측정 하였다. 그 결과 미 장착의 경우 34.35cm정도 뒤로 밀리는데 비해 각도가 올라감에 따라 58.15cm, 64.12cm, 70cm 정도로 처음에 비해 약 1.6배, 1.87배, 2.04배 정도가 증가함을 알 수 있었다.

이 실험의 문제점으로는 풍속의 제어가 약간 문제가 있었지만 다수의 실험을 실시하여 그 값의 평균을 측정하는 방식을 통해 어느 정도 오차를 잡을 수는 있었고 더 좋은 실험값을 위해 더 많은 실험을 하지 못했다는 점에서 아쉬움이 있었다. 또한 실험 후 교수님의 조언을 통해 피드백을 해본 결과 비슷한 실험으로 연구소에서 실험을 실시 하지만 우리의 실험 방식과 약간의 차이가 있음을 알 수 있었다. 그 차이는 실험차량 및 부분에 다이내모 테스트와 같이 무한적으로 돌아가는 노면이 필요하고 그 결과 값을 보기 위해서는 스포일러 쪽으로 스트레인 게이지설치를 통한 정확한 힘을 측정하여야 한다는 것을 알 수 있었다. 그리하여 CFD를 통한 전반부에 풍향으로 인해 미치는 정도를 알고자 하였다.

### 3. 간의풍동 실험

#### 가. 시험예비 조사

풍동 실험 [ wind tunnel test , 風洞實驗 ] 이란 터널 모양의 구멍 안에서 인공적으로 기류를 발생시켜 하는 실험을 말한다. 풍동 내에 지형이나 건물, 연돌 등의 모형틀을 설치하고 연돌에서 트레이서를 흘려 확산 상태를 계측하며 풍향이나 풍속의 변동, 지형, 다운 드래프트, 다운 워싱 등의 영향을 조사하는 방식이다.

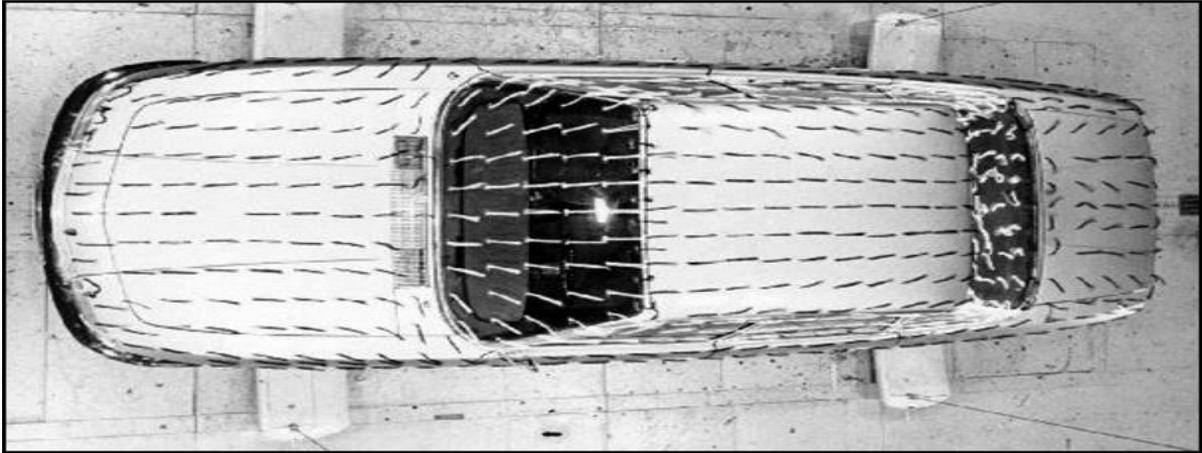


그림 4-9 테이핑 시험 모형

그림4-9는 테이핑을 통해 실시하는 풍동 실험 으로서 실험실에 설치 된 풍동기를 통하여 항력을 생성, 연기를 테이핑으로 대체하여 기체의 흐름을 가시화 하는 그림이다.

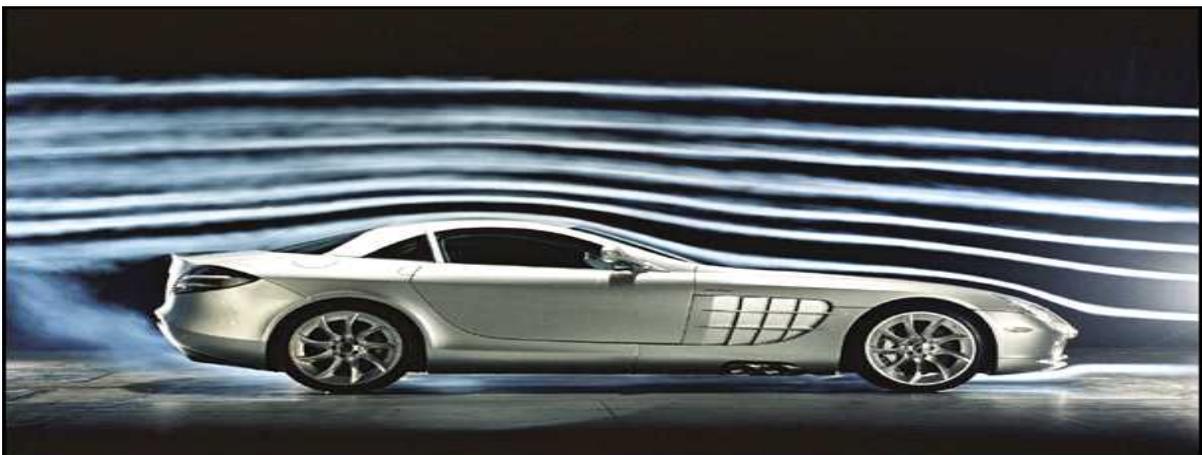


그림 4-10 유선형 모형 가시화

그림 4-10 는 실험실에서 풍동기를 통하여 차량에 항력을 생성하는 것으로 그림4-10은 풍동실험에서는 연기를 이용하여 기체의 흐름을 가시화 한 그림이다.

시험 요구 조건으로는 먼저 풍동기(크기와 방향이 일정하게 항력을 공급할 수 있는 기기)가 필요하고 테이프, 연기 등의 실험실 내의 유체의 흐름을 가시화 할 수 있는 것이 필요 하였다. 또한 풍동기로서 공급되는 항력 외의 다른 요소를 차단할 필요가 있었으며 일반 차량과 스포일러 장착 차량의 비교 실험이므로 동일한 차량을 준비하여 실시하였다.



그림 4-11 시험 모형

그림 4-11은 시험을 위해 사용한 모형으로서 HONDA ACCORD 차량이며 시험 목적으로는 드라이아이스의 연기 또는 차량위의 테이핑을 통해 스포일러 장착 차량과 미장착 차량의 차량 표면을 따라 흘러가는 유체의 모습을 가시화 하고자 하였다.

#### 4. 1차 풍동 시험



그림 4-12 테이핑실험 모형

그림 4-12는 여러 부분의 유동을 알아보려고 간격을 3mm정도로 조밀 하게하여 테이핑한 모형이다.

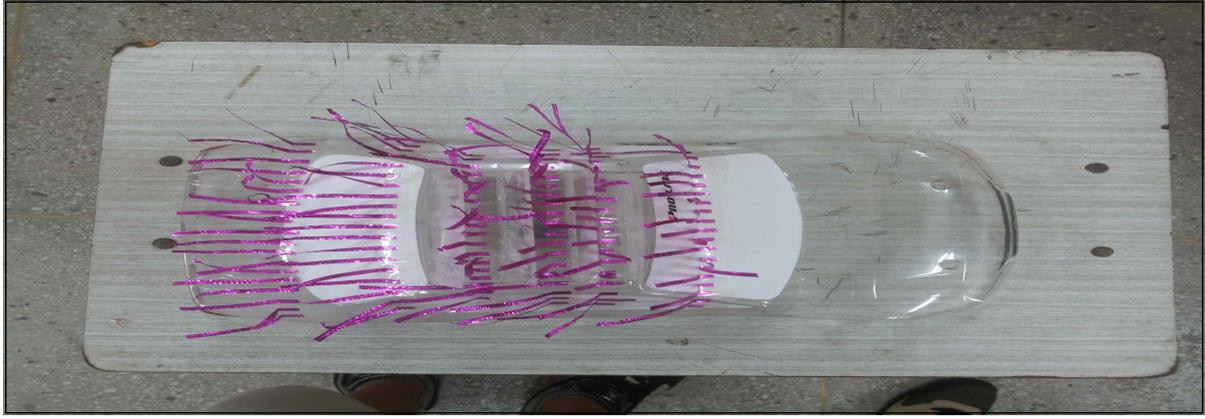


그림 4-13 테이핑실험 모형

그림 4-13은 실험 중 모습으로 유체의 유동에 의해 테이핑이 뒤쪽으로 쏠리는 것을 볼 수 있으나 정확한 구분이 가지 않는다.

#### 가. 결과 및 문제점

시험은 동일한 두 대의 모형 차량을 준비, 한 대의 차량은 제동스포일러를 장착, 한 대의 차량은 제동 스포일러를 미장착 했으며, 테이핑을 통하여 유체의 흐름을 가시화 하고자 하였다. 하지만 모형 시험의 경우 모형 차량의 크기가 기존의 차량의 1/10로 작아 테이핑이 꼬이는 듯 한 문제가 발생하여 정확한 유체의 흐름을 확인하지 못하였다. 또한 테이핑 재료의 선정에 있어 어려움을 많이 겪어 다양한 재료를 선정 하여 반복 실험을 해 보았지만 테이핑 재료가 너무 약할 경우 그 모습이 유지되지 않음으로 인해 2차 실험을 준비하게 되었다.

## 4. 2차 간의풍동 시험

### 가. 시험방법

암실 테스트란 외로부터 빛이 들어오지 못하도록 꾸며 놓은 방에서 하는 실험을 말하며 주로 물리, 화학, 생물학의 실험 등에 사용된다. 이 실험을 하게 된 이유는 명암 대비를 통하여 기체의 유동을 보다 효과적으로 확인하고자 하였기 때문이다.

시험 계획으로는 암실 전면부 아크릴판을 설치함으로써 유동을 확인 또한 촬영 가능하도록 설계 하였고 측면 부에 기체 유동이 가능하도록 통로를 설치하여 기체가 내부에서 순환하여 발생할 수 있는 변수를 차단하고자 하였다. 그리고 각 모서리 부분의 테이핑을 통하여 빛의 차단 및 내부와 외부의 기체의 이동을 최소화 하였다.



그림 4-14 암실 테스트 아크릴 설치 모습

그림 4-14처럼 벽면을 검게 만들고 전면을 아크릴 설치 그리고 지붕에 조명을 장착하여 모형 위쪽으로 유동하는 유체의 흐름을 가시화 하고자 하였다.



그림 4-15 드라이아이스

그림 4-15는 드라이아이스 사진으로 물의 고체 상태를 얼음이라 하듯이 이산화탄소를 높은 압력, 낮은 온도의 조건을 맞춰 고체로 변화시킨 물질을 가리킨다. 특징으로는 고체에서 기체로 변화하는 승화성을 갖고 또한 승화된 기체의 경우 CO<sub>2</sub>의 비중이 커 및 부분으로 가라앉는 성질이 있다.

나. 2차 풍동 시험 결과 및 사진

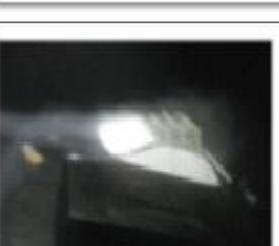
		<p>미장착 모습으로 차량의 모형에 따라 흘러감을 알 수 있다.</p>
		<p>30° 제동스포일러 장착하여 시험 한 모습으로 미장착과 달리 약간의 와류현상이 발생함을 알 수 있다.</p>
		<p>45° 제동스포일러 장착하여 실험한 모습으로 앞에 실시한 시험과는 달리 많은 와류현상이 발생함을 알 수 있었다.</p>
		<p>60° 제동스포일러 장착모습으로 가장 큰 와류현상이 일어남을 관찰 할 수 있었다.</p>

그림4-16 드라이아이스를 이용한 실험 결과

표4-16의 실험은 드라이아이스를 이용하여 기체의 유동을 가시화한 시험으로 드라이아이스를 통하여 풍동 시험에 사용되는 고가의 기체를 대체 할 수 있었으며, 암실을 구현하여 보다 확연히 스트립 라인을 볼 수 있었다.

미장착과 30°, 45°, 60°의 스트립 라인에서 60°의 제동 스포일러 장착 모형이 차량 뒤쪽의 와류 현상이 커짐을 확인 할 수 있었으며, 제동 스포일러에 집중되는 기체의 양은 60°의 제동 스포일러 장착 모형에서 가장 크게 나타남에 따라 제동력이 가장 크게 나타날 것 이라는 가정을 세울 수 있었다. 하지만 그 형상만으로 힘을 측정하기 힘들기 때문에 정확함을 위해 CFD를 통해 정확한 값을 구해 보기로 한다.

## 제5장 CFD 분석 및 결과

### 제1절 차량 주변의 공기유동 분석

#### 1. CFD해석

##### 가. 전산유체역학 ( CFD, Computational fluid dynamics )

전산유체역학 (CFD, Computational fluid dynamics)은 유체 현상을 기술한 비선형 편미분 방정식인 나비에-스토크스 방정식(Navier-Stokes Equations)을 이산화 하여 대수 방정식으로 변환하여 유체 유동 문제를 풀고 해석하는 것이다. 컴퓨터를 사용하여 공학문제에서 유체, 기체의 상호작용을 시뮬레이션 한다. 그러나 식을 여러 가정을 통해 간단히 하여도 대부분 근사해만을 얻을 수 있다. 적용된 모델이 실제에 더욱 가까울수록 복잡한 현상의 시뮬레이션이 보다 정교해진다. 코드의 검증은 실험을 수행하여 얻은 정량적 정성적 데이터와 그 오차를 비교하여 이루어진다. CFD는 단상 유동(single- and multi-phase flow), 연소 (combustion) 및 화학 반응(chemical reaction) 등 다양한 문제들을 해석할 수 있도록 개발되고 있다.

단상 유동(single phase flow)에 대해, 모든 유체 역학 문제의 지배적인 방정식은 나비에-스토크스 방정식이다. 나비에-스토크스 방정식은 이제까지 발견된 방정식 중 가장 어려운 방정식 중 하나로 평가되고 있으며, 아직까지 이에 대한 해석적인 해는 없는 것으로 밝혀져 있다. 전산 유체 역학은 이런 나비에-스토크스 방정식을 공간 및 시간에 대한 이산화와 수치 해석적인 기법을 통해 풀기 위하여 개발되었다. 따라서 전산 유체 역학을 나비에-스토크스 방정식을 직접 푸는 것으로 오해하면 안 된다. 어디까지나 근사적인 수치 해를 구하는 것이기 때문이다.

##### 나. 나비에-스토크스 방정식 ( Navier-Stokes Equations )

Newton 유체에 대한 점성응력은 유체요소의 변형률과 점성계수에 비례한다. 비압축성 유동에 대하여 3차원의 점성유동으로 일반화한 것이 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\tau_{xx} &= 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} & \tau_{yy} &= 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} & \tau_{zz} &= 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} \\ \tau_{xy} = \tau_{yx} &= \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) & \tau_{xz} = \tau_{zx} &= \mu \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \\ \tau_{yz} = \tau_{zy} &= \mu \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)\end{aligned}$$

여기서  $\mu$ 는 점성계수이다. 위 식을 이용하여 일정한 밀도와 일정한 점성계수를 갖는 Newton 유체에 대한 미분형 운동량식이 얻어진다.

$$\begin{aligned}\text{식.1} \quad \rho g_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) &= \rho \frac{du}{dt} \\ \rho g_y - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) &= \rho \frac{dv}{dt} \\ \rho g_z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) &= \rho \frac{dw}{dt}\end{aligned}$$

이 식들이 비압축성 유동 Navier-Stokes Equations 이며, 이 식들의 유도에 공로가 인정되는

C. L. M. H. Navier(1785-1836)와 Sir George G. Stokes(1819-1903)의 이름을 딴 것이다.

이들 식은 2계의 비선형 편미분 방정식이며, 해를 구하기가 대단히 어렵다. 그러나 여러 흥미 있는 점성유동문제에 대한 해를 구해지고 있다.

식 1. 에서는 4개의 미지수  $p, u, v$  및  $w$  가 포함되어 있다. 그래서 4개의 미지수에 대한 4개의 식을 얻기 위해 비압축성 연속식과 함께 연립되어야 한다.

Navier-Stokes 방정식에서는 단지 제한된 수의 알려진 해석해가 있을 뿐이지만 이들 식은 조밀한 격자의 컴퓨터 모델링으로 풀 수 있다. 전산유체역학(CFD) 분야가 빠르게 발전하면서, 많은 사용 소프트웨어 툴들이 이용가능하다. 현재 다양하고 복잡한 2차원과 3차원 점성 유동에 대해 근사치이기는 하지만 실제적인 CFD 결과가 얻어질 수 있다.

#### 다. ANSYS-CFX

CFD 해석을 위해 사용한 소프트웨어 ANSYS-CFX(14.0)는 CFX-4와 CFX-TASCFlow를 기반으로 발전한 CFD(computational Fluid Dynamics)해석 코드이다. CFX의 앞선 해석기법과 ANSYS의 편리한 workbench 환경이 결합하여 GUI환경에서 작업하기 편하며, 빠르고 정확한 해석결과를 제공하는 강력한 CFD tool로 새롭게 개발되었다.

CFX는 ANSYS의 Workbench환경에서 CAD부터 Post까지의 모든 해석과정이 이루어진다. ANSYS DesignModeler를 이용하여 CAD software에서 작성된 형상을 import하거나, 직접 형상을 구현할 수 있으며, Workbench Meshing Application을 이용하여 간편하게 격자를 생성할 수 있다. 완벽한 GUI환경과 physics setup guide를 제공하는 CFX-Pre, robust하고 빠른 해석결과를 제공하는 AMG pressure-based coupled solver, 데이터 추출 및 그래픽 처리뿐만 아니라 동영상 생성과 3-D 그래픽이미지를 제공하는 CFX-Post를 이용하여 처음 사용하는 유저도 정확한 해석결과를 손쉽게 얻을 수 있다.

#### 라. 상사 ( Simidarify )

상사는 유체 유동 연구 시간, 제작비 등 실제 실험대상의 크기가 너무 크거나 방대해서 실험이 불가능한 경우 비슷한 모형실험을 통해 하는 경우이며, 모형(Model)과 원형(Prototype) 사이에 상사조건을 만족시켜야 한다.

##### ①기하학적 상사

원형과 모형은 동일모양 대응 되는 치수의 비가 같아야 한다. ( 좌표축의 세 방향에 대해 모든 길이의 축정이 같아야 한다. (선형 축척비)

$$\frac{(L_x)_m}{(L_x)_p} = \frac{(L_y)_m}{(L_y)_p} = \frac{(L_z)_m}{(L_z)_p} = \lambda$$

기하학적 상사는 길이의 차원 {L}에 관한 것이다. 어떤 실제적인 모형실험을 수행하고자 할 때 반드시 보장되어 있어야 하는 것이며 공식적인 정의는 모형과 원형은 이들 사이에서 물체의 모든 크기가 좌표축의 세 방향에 대해 모두 같은 선형 축척비를 가질 때에 한하여 기하학적으로 상사하다.

여기서 주목해야 할 것은 길이의 모든 축척이 같아야 한다는 점이다. 이것은 마치 원형사진

을 찍고 모형의 크기에 맞을 때까지 축소 또는 확대시키는 것과 같다. 모형을 만을 원형의 1/10로 하려면 그것의 길이, 폭 및 높이는 각각 1/10의 크기로 되어 있어야 한다. 이것은 공학적으로는 같은 상대적 위치의 점을 의미하는 상동점이라는 말로 표현된다. 예로 원형의 코는 그 모형의 코와 상동이다. 원형에서 좌측의 익말단은 모형의 좌측의 익말단과 상동이다.

따라서 기하학적 상사가 되기 위해서는 상동한 모든 점들이 같은 선형 축척비를 가져야 한다. 이것은 모형의 형태에 대해서는 물론 유체의 유동형태에 대해서도 적용된다.

기하학적으로 상사한 경우 모든 각은 보존되어 있고, 유동의 방향도 모두 보존되어 있다. 따라서 모형과 원형이 그 주변에 대해 갖는 방향은 같아야 한다.

예로 구는 기하학적으로 완전히 상사되면 Reynolds 수, Froude 수 등이 맞추어질 수 있다면 이것에 대한 실험은 성공적으로 수행될 수 있을 것이다.

## ② 운동학적 상사

원형과 모형의 각각 대응 되는 점에서 속도방향은 같아야 하고, 크기의 비가 일정하다. 길이의 축척비가 같고 시간의 축척비도 같다. (Reynolds 수, Mach 수가 같아야 한다.)

더 설명하면 2개의 시스템에 있어서 상동한 입자가 상동한 시간에 상동한 위치에 와 있을 때 이들의 운동은 운동학적으로 상사하다. 길이의 축척이 같다는 것은 단순히 기하학적으로 상사하다는 것을 의미하지만 시간의 축척이 같다는 것에는 Reynolds 수나 Mach 수와 같은 것이 같아야 한다는 역학적인 배려가 추가로 필요하다.

예를 들어 Froude 수를 통해 보면 자유표면을 갖는 무마찰 유동의 경우 다음 식과 같이 그들의 Froude 수가 같을 때 운동학적 상사가 된다. 즉,

$$Fr_m = \frac{V_m^2}{gL_m} = \frac{V_p^2}{gL_p} = Fr_p$$

여기서 Froude 수에는 길이와 시간의 차원만이 포함되어 있으므로, 이것은 길이와 시간 사이에 관계를 결정하는 순수한 운동학적 파라미터라는 것이다. 위의 식을 길이의 축척이 다음과 같이 표현된다면

$$L_m = \alpha L_p$$

여기서  $\alpha$ 는 무차원비이다. 그러면 속도축척은 다음과 같고

$$\frac{V_m}{V_p} = \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{1/2} = \sqrt{\alpha}$$

그리고 시간축척은 다음과 같다.

$$\frac{T_m}{T_p} = \frac{L_m/V_m}{L_p/V_p} = \sqrt{\alpha}$$

만일 파동의 길이 축척이라고 하면 파동의 주기와 그 전파 속도 그리고 유체입자의 속도는  $\sqrt{\alpha}$ 배로 된다. 만일 점성이나 표면장력 또는 압축성이 중요하다면 이때의 운동학적 상사는 다음의 역학적 상사를 만족시킴으로써 이루어지게 된다.

## ③ 역학적 상사

원형과 모형의 각각의 대응점에서 힘의 방향은 같아야 하고 크기의 비가 일정해야 한다. 먼저 기하학적 상사, 운동학적 상사가 유지되어야 역학적 상사가 유지 된다. 길이 축척비 + 시간 축척비 + 힘 축척비가 각각 같을 때 성립한다. (Froude number, 또는 Reynolds number가 같아야 한다.)

다음과 같은 경우에 일어난다.

압축성 유동 - 모형과 원형의 Reynolds 수, Mash 수 및 비열비가 각각 같은 경우

비압축성 유동 - 자유표면이 없는 경우 : 모형과 원형의 Reynolds 수가 같은 경우

자유표면이 있는 경우 : 모형과 원형의 Reynolds 수, Mash 수 및 (필요하다면)

Weber 수와 캐비테이션 수가 각각 같은 경우, 수학적으로 표현하면 이의의 유체입자에 작용하는 압력에 의한 힘, 중력 및 마찰에 의한 힘의 합은 Newton의 법칙에 의해 가속도의 항, 즉 관성력과 같아야 한다.

$$F = ma = F_P + F_G + F_V + F_S + F_E \dots \quad \text{유체 유동 시 유체 입자에 작용하는 힘들}$$

$$\text{여기서, } \div ma = \frac{F_P}{ma} + \frac{F_G}{ma} + \frac{F_V}{ma} + \frac{F_S}{ma} + \frac{F_X}{ma} = 1$$

두 유동체가 역학적 상사를 이룬다면 서로 대응되는 점에서 힘의 비가 같다.

$$\left(\frac{F_P}{ma}\right)_P = \left(\frac{F_P}{ma}\right)_M, \quad \left(\frac{F_G}{ma}\right)_P = \left(\frac{F_G}{ma}\right)_M, \quad \left(\frac{F_V}{ma}\right)_P = \left(\frac{F_V}{ma}\right)_M, \quad \left(\frac{F_S}{ma}\right)_P = \left(\frac{F_S}{ma}\right)_M,$$

$$\left(\frac{F_E}{ma}\right)_P = \left(\frac{F_E}{ma}\right)_M$$

위에 기술된 역학적 상사법칙에 의하면 모형과 원형에 작용하는 각각의 힘은 같은 비율과 같은 방향을 가질 것이 보장된다.

### 마. 유동 박리현상

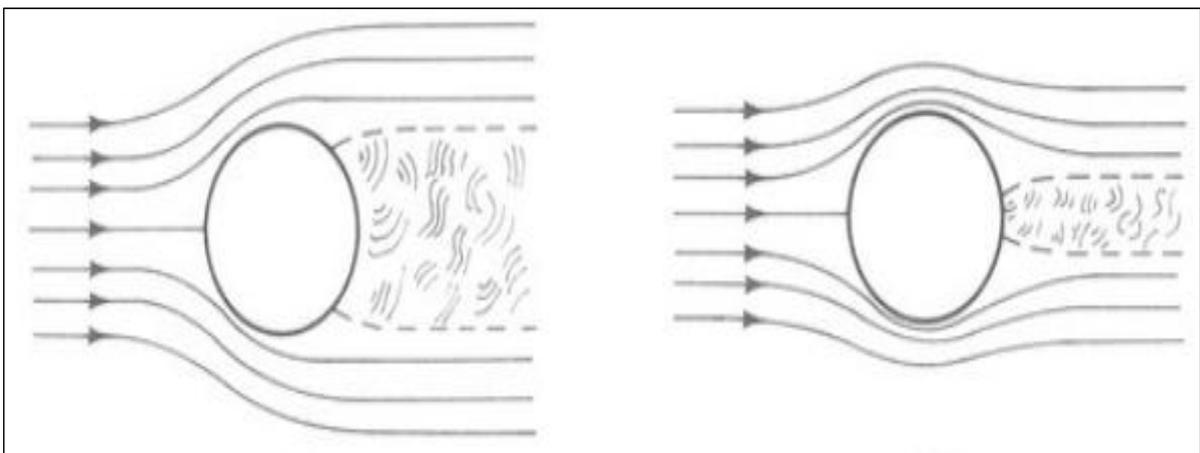


그림 5-1 박리현상의 위치에 따른 영향

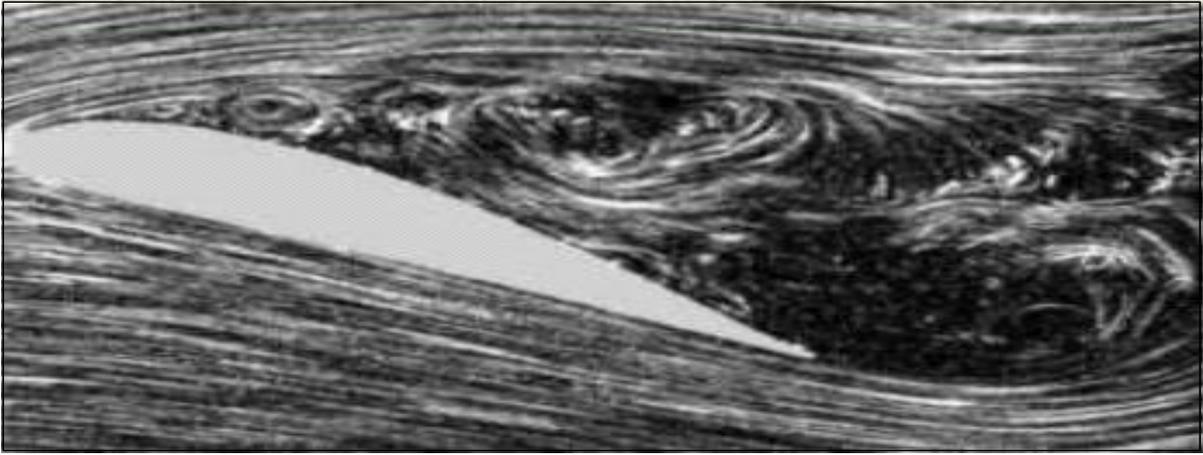


그림 5-2 윈드 터널 실험 사진

그림 5-1, 5-2 박리 현상의 영향은 항력에만 늘어나는 것이 아니라 양력 역시 상당히 부분 감소를 시켜버린다. 따라서 심하고 지속 되게 되면, 회복이 불가능하여 비행기의 경우 비행 사고로 이어지는 경우도 있다.

이론적으로 살펴보게 되면 adverse pressure gradient ( $dp/dx > 0$ ) 에 대해서 알아 봐야 한다. 정상 흐름일 경우에 우리는  $dp/dx$  가 - 값을 가지는 것을 선호한다고 하지만, 뒤 쪽으로 갈수록 압력이 높아지므로,  $dp/dx > 0$  커지게 된다. 이런 현상을 그림 화 시켜 보면 다음과 같이 나타난다.

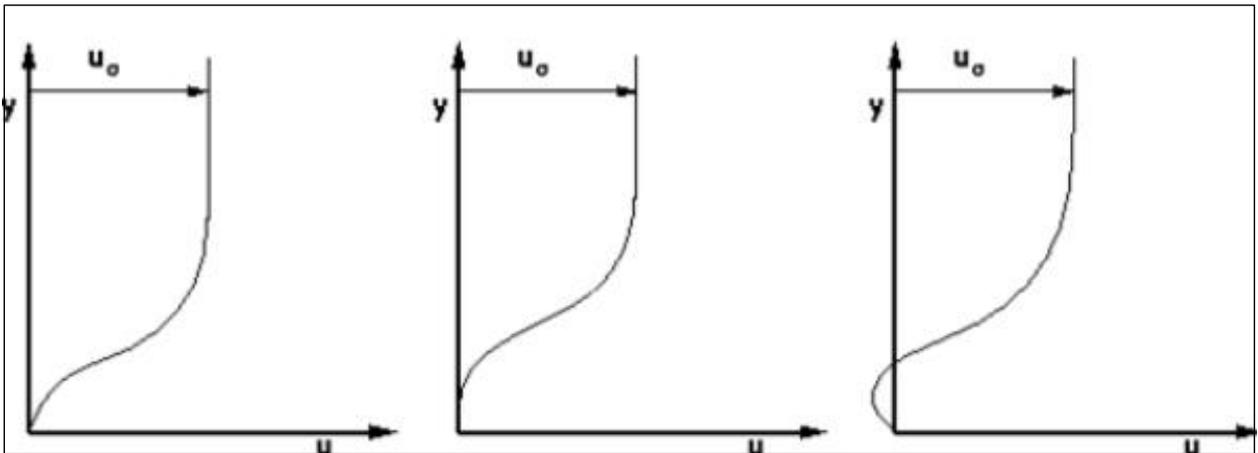


그림 5-3 adverse pressure gradient 발생 과정

$dp/dx < 0$  에서  $dp/dx = 0$  된다. 더 견디지 못하고,  $dp/dx > 0$  되게 되는 것이다.  $dp/dx = 0$  이 될 때가 박리현상이 일어나게 되는 시작점이 되는 것이며, 후류(wake)가 발생한다. 이런 박리현상이 주요하게 적용되는 곳을 보면, 로켓발사 및 공기역학, 파이프 디자인 및 수로 설계, 자동차 뒤쪽 부분설계와 유리창, 등등 여러 군에 적용된다. 자동차를 예로 보면 일반 승용차는 이런 현상을 잘 못 느끼거나 보이지만, SUV 나 Jeep 형 스타일의 뒷부분이 거의 90도 가까이 각이 진 자동차들은 고속 주행 시 뒤 쪽 흐름이 역류해서 다시 올라 오는 것을 볼 수 있다. 그래서 뒤쪽 창문을 되도록 열어두지 말 것을 권장한다.

## 제2절 CFD 해석 과정

ANSYS 14버전을 사용하였으며 교내에서 있는 컴퓨터를 이용, 해석하였고 비상업용 버전과 CATIA 모델링을 실제 차량의 형태와 완벽하지 않게 때문에 해석해가 실제와 다를 수 있다. 원하는 해석은 차량의 윗부분에 스포일러의 유무에 따른 공기유동의 차이로서 때문에 차량의 사이드미러 등의 부분은 생략하였고, 보고서 설명 중 스포일러 무, 유에 따른 모델링을 각각 모델링 1, 모델링 2라고 하겠다.

### 1. Geometry

아래 그림 5-4, 5-5는 CATIA를 이용하여 모델링을 그린 것을 Geometry에서 불러와 유동해석을 위해 직육면체 크기를 가로 1883mm, 세로 9000mm, 높이 3500mm 로 만들어 CATIA 모델을 반으로 나눈 모양을 뺀 모습이다. Symmetry를 이용하여 해석을 한 후 차량 전체 모델을 해석할 계획이다.

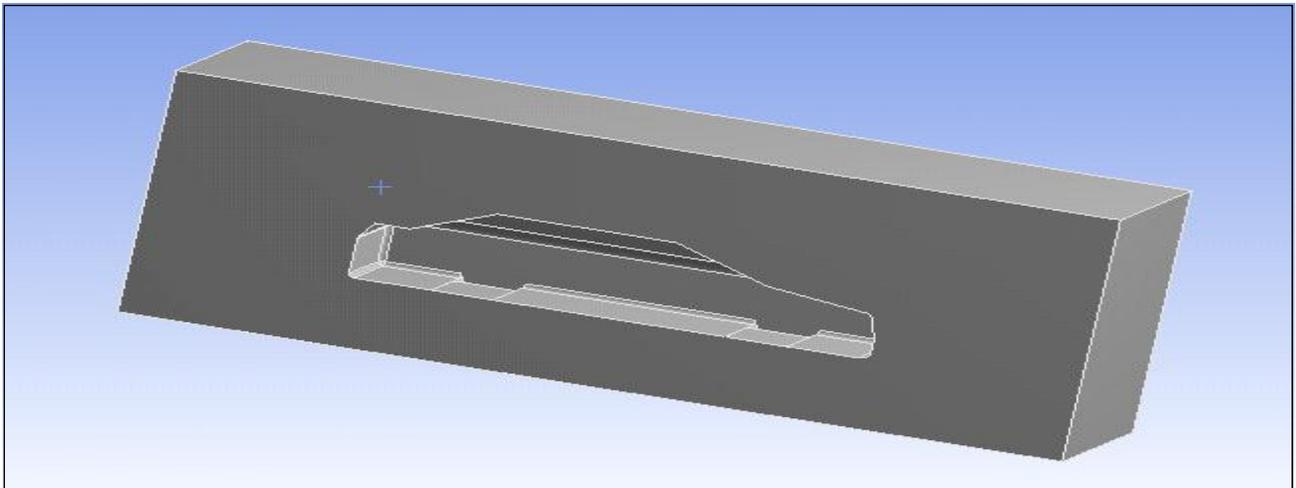


그림 5-4 모델링1 Geometry

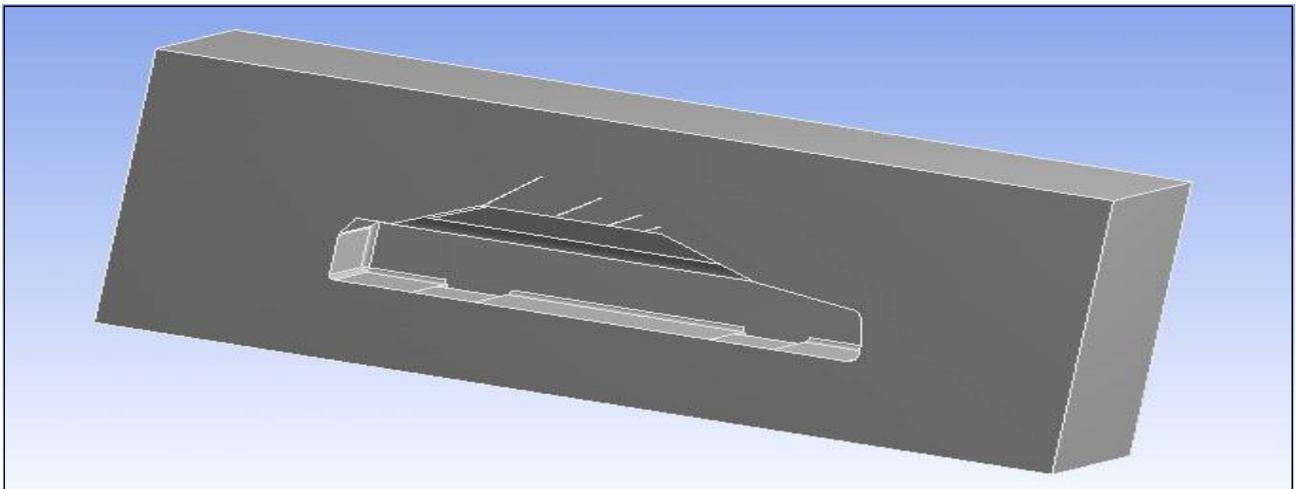


그림 5-5 모델링2 Geometry

## 2. Mesh

Ansys 버전이 비상업용 버전이기 때문에 원하는 만큼의 Mesh를 나누어 해석하기에 제한이 있기 때문에 요소를 약 50만개 정도까지만 맞게 나누어 Mesh를 하였다. 요소 사이즈는 250mm로 설정하였고 그림 5-6, 5-7과 같이 차량의 길 부분에 경계층해석을 위한 Inflation Mesh기능을 이용하였다.

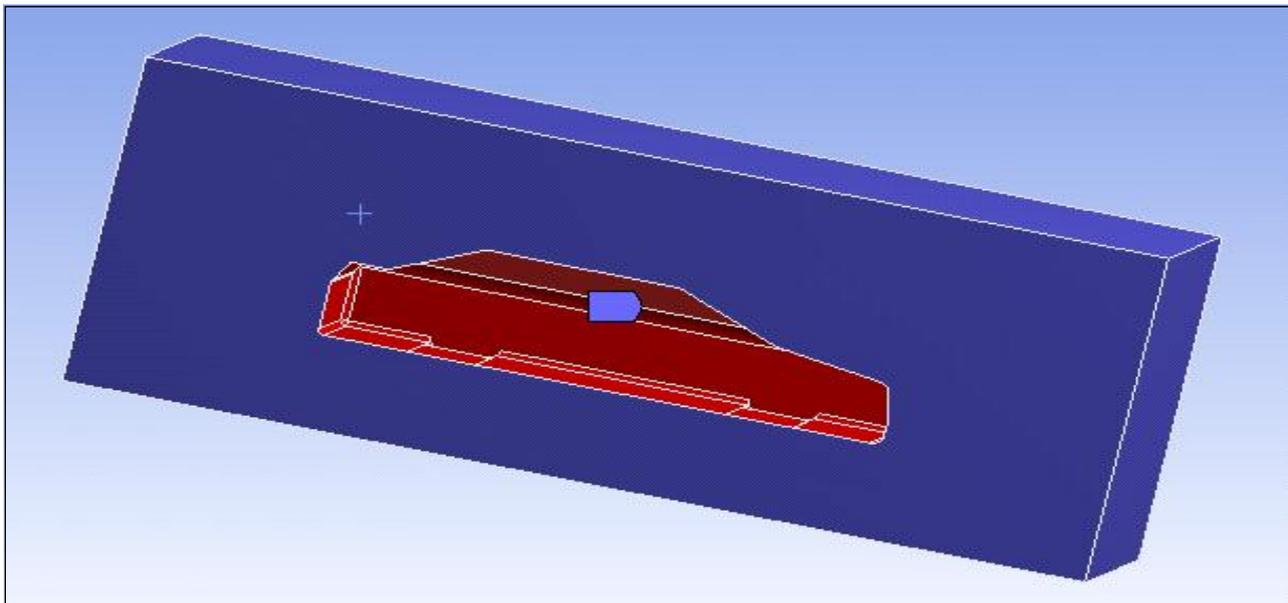


그림 5-6 모델링1의 Inflation

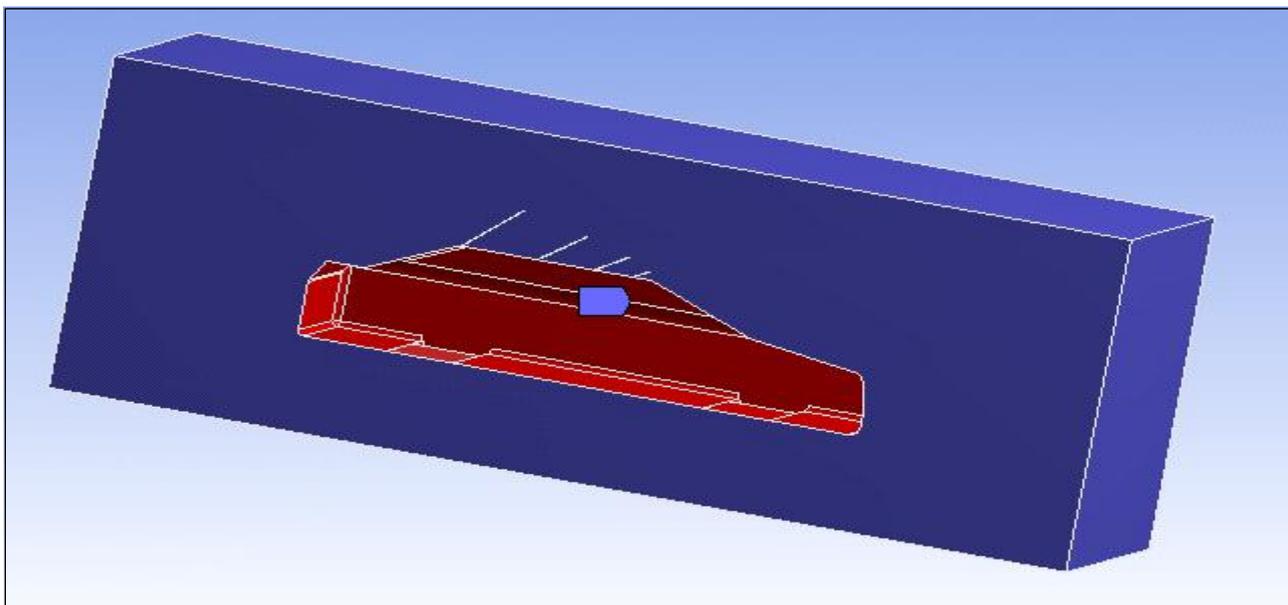


그림 5-7 모델링2의 Inflation

Inflation Mesh에는 유동해석에서 벽면 근처의 급격하게 변하는 속도와 난류구배 등을 해석하는 것이 정확도에 큰 영향을 미치며, CFX에서 hexa격자의 경우 벽 쪽에 조밀하게 격자를 분포시켜 벽 근처 해석의 정밀도를 높이고 있다. 반면, Tetra의 경우 벽면의 삼각형 격자를 유동영역으로 extrude하여 prism격자를 생성하여 이 문제를 해결하고 있다. CFX-Mesh에서는 특히, prism mesh를 생성하는 inflation 기법이 뛰어나며 AFI(Advancing Front & Inflation)도 prism mesh를 생성하는 inflation 기능의 강점을 강조하고 있다. CFX-Mesh의 inflation생성방법은 여러 가지 기법을 제공하고 있으며, 특히 reference length와 Reynolds number,  $y^+$  를 설정해 주면 initial mesh의 크기가  $y^+$  에 따라 생성되는 기능을 제공한다고 한다.

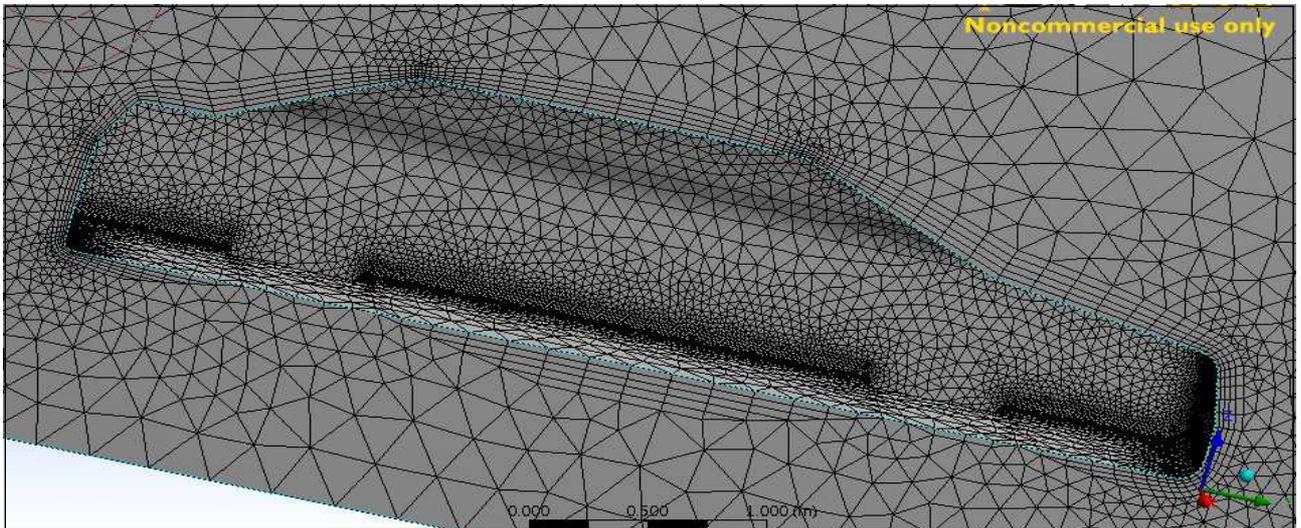


그림 5-8 모델링1의 Inflation

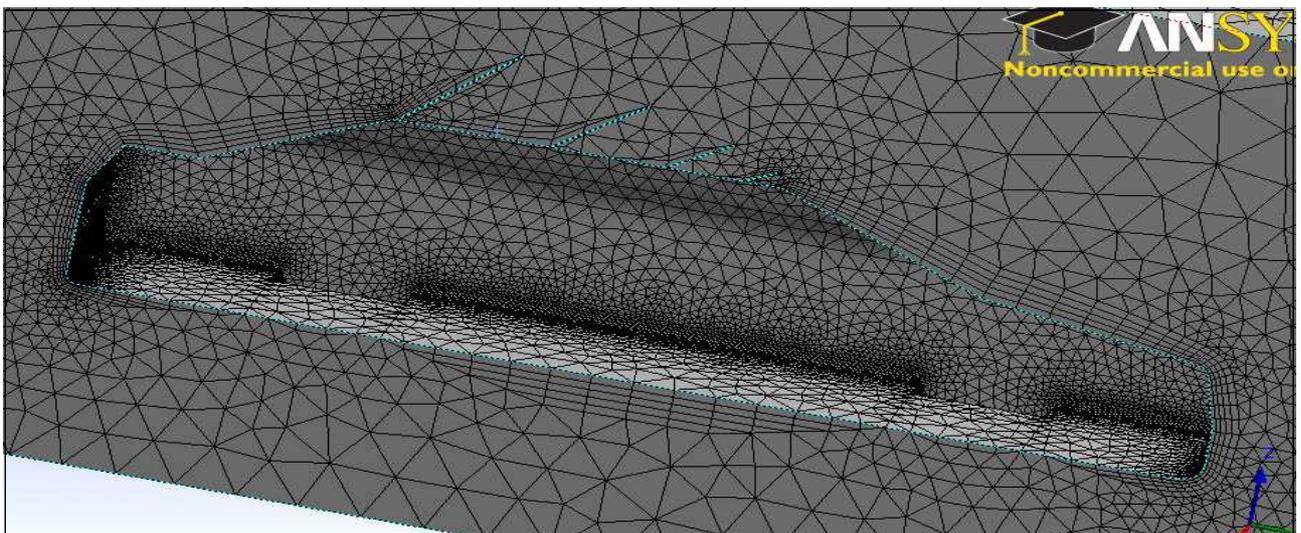


그림 5-9 모델링2의 Inflation

유동흐름을 나타내는데 더 잘 나타내기 위해 Inflation기능을 이용하여 경계층을 5층을 생성 하였고 그림 5-8과 5-9는 Inflation을 통한 모델링 주변의 경계층이 생긴 것을 알 수 있다.

그림 5-10, 5-11는 Inflation Mesh 생성 후에 차량 모델링의 경계부분에 층이 생긴 모습이다. Mesh분석결과 스포일러 없는 모델링은 Nodes 131957개, Elements 520953개가 나타났고, 스포일러가 있는 모델링의 경우 Nodes 128329개, Elements 513959개가 생성이 되었다. 아래의 그림 5-10, 5-11은 Mesh가 생성된 전체적인 그림이다.

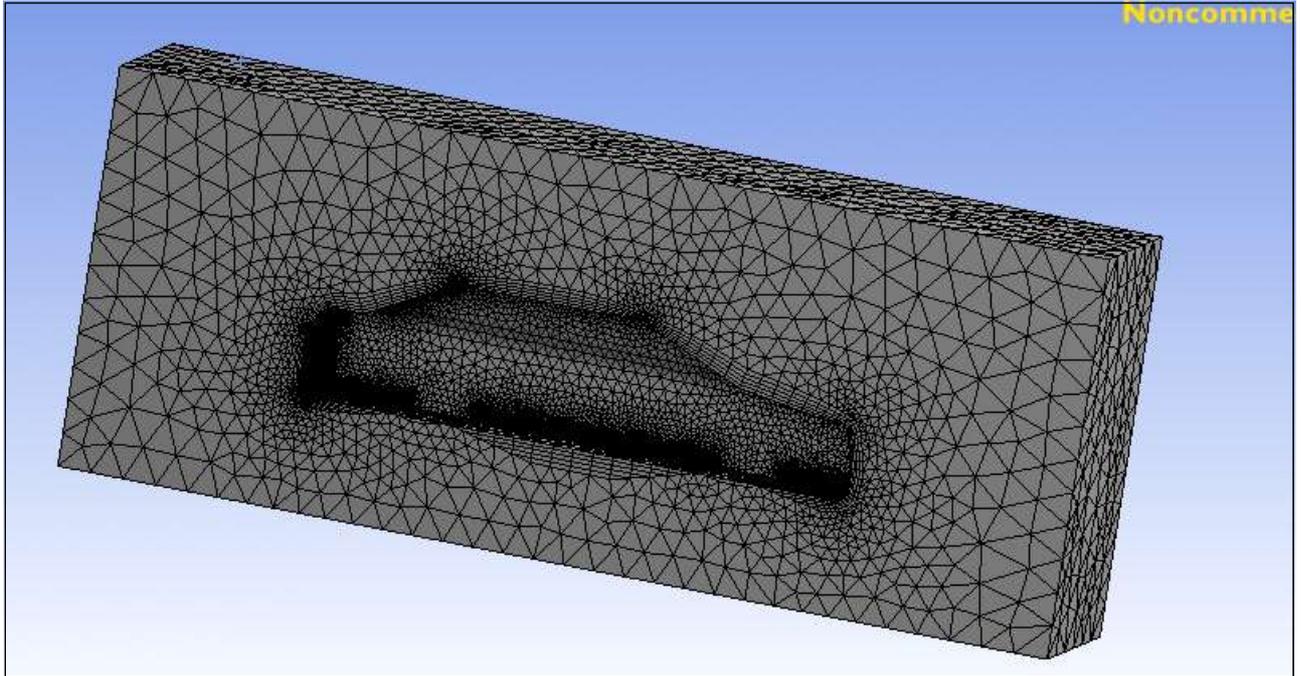


그림 5-10 모델링1의 Mesh

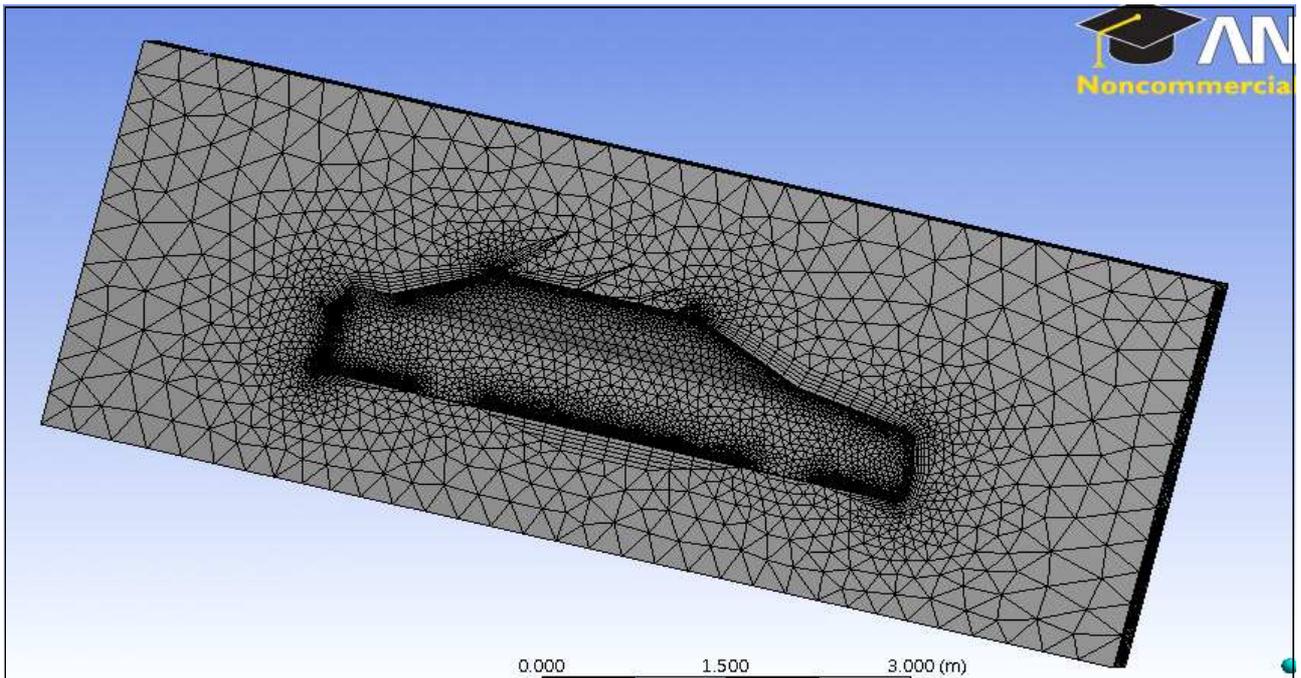


그림 5-11 모델링2의 Mesh

### 3. Setup

해석 모델에 대한 격자가 생성되면 문제를 setup하여야 하며 이때 CFX-Pre를 이용한다. CFX-Pre는 ANSYS, FLUENT, Gridgen 이외에 여러 format의 mesh를 읽어서 setup작업을 수행할 수 있다. 또한 읽어 들인 격자를 이동하거나 확대/축소하여 격자에 대한 수정작업을 할 수 있으며, 격자 생성 시에 설정되어 있지 않은 2D region을 설정하기 위해 격자 면들을 선택하여 새로운 region을 생성할 수 있다고 한다.

스포일러 유, 무에 따른 각각의 모델링에 Default Domain에서 Z축을 기준으로 중력가속도 (-g)를 입력하고, In 설정에는 Boundary Type에 Inlet을 설정하고 속도는 100 km/h 로 설정하였고 그림 5-12, 5-13은 In이 설정된 부분이다.

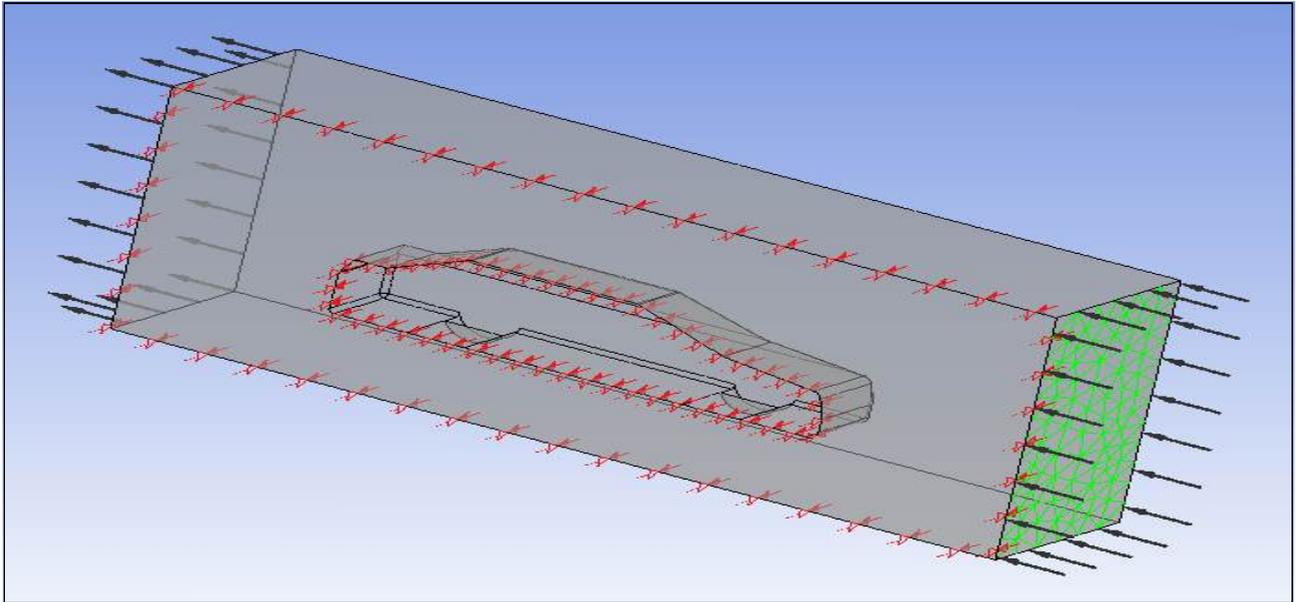


그림 5-12 모델링1의 In 입력

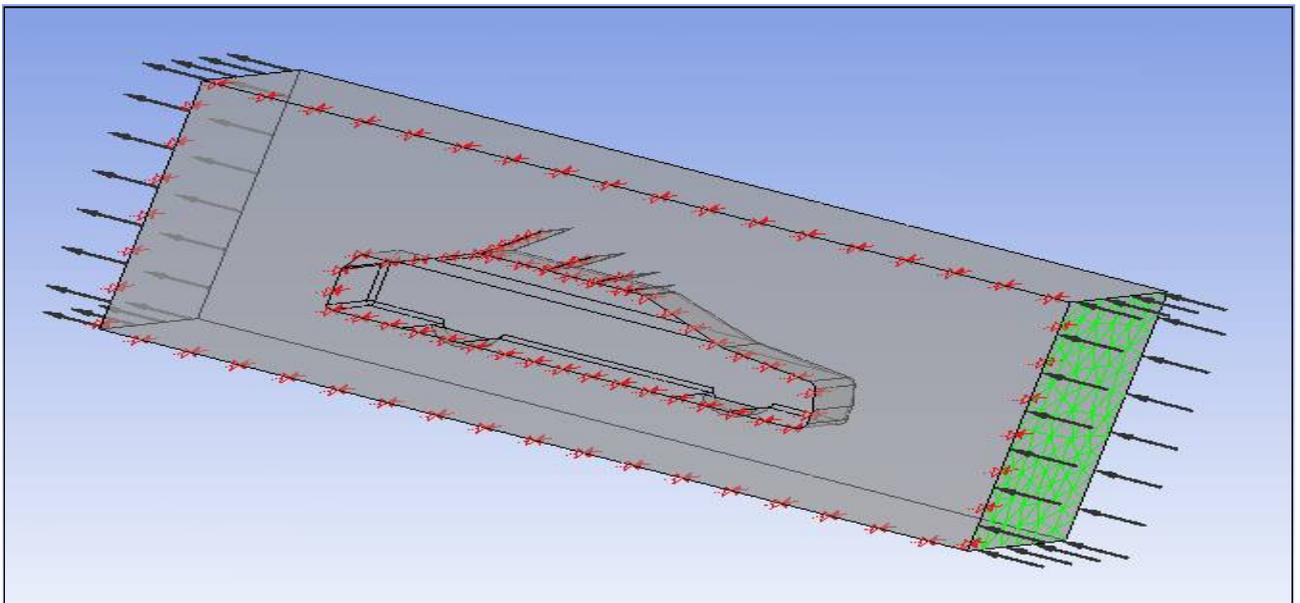


그림 5-13 모델링2의 In 입력

Boundary Type에 Out을 설정하고 나가는 압력을 대기압 1ATM으로 각각 설정하였고, 아래 그림 5-14, 5-15는 Out부분의 면을 나타낸 것이다.

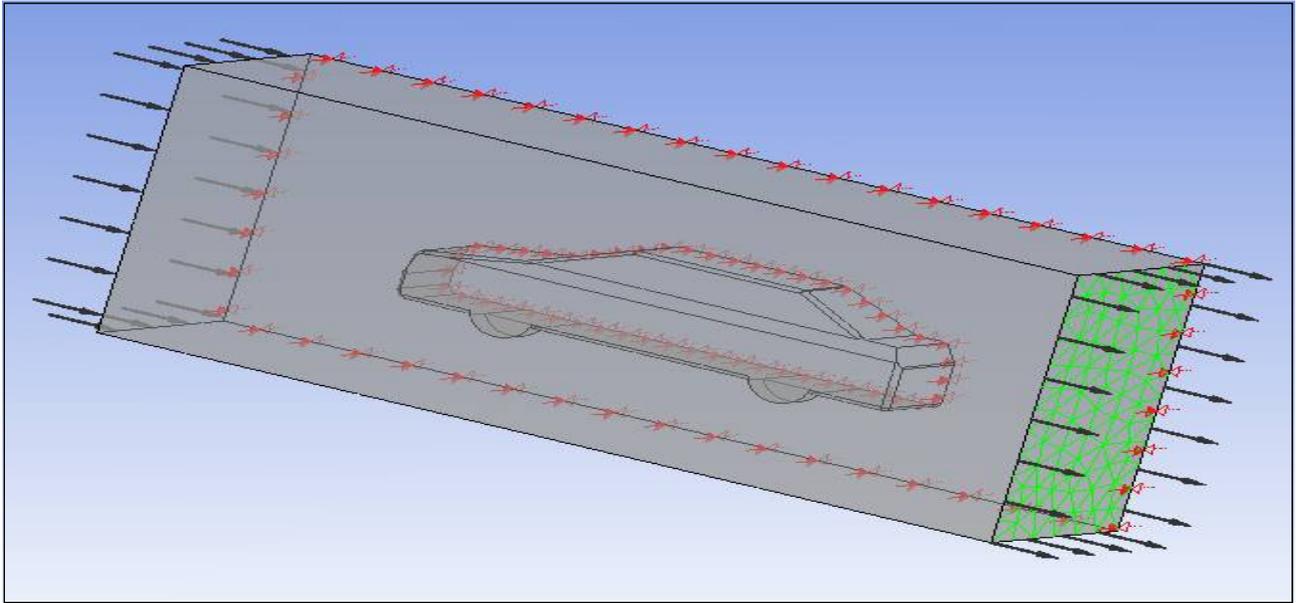


그림 5-14 모델링1의 Out 입력

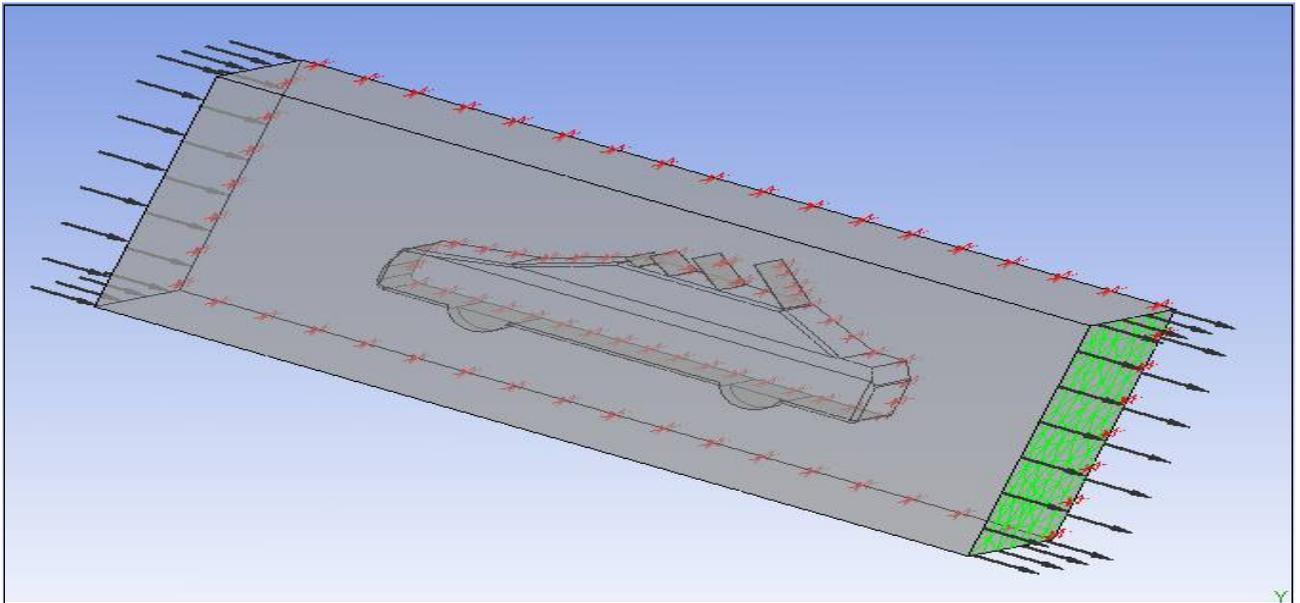


그림 5-15 모델링2의 Out 입력

symmetry부분은 위에서 언급한 바와 같이 모델링을 나누어 시뮬레이션 한 다음에 결과에서 모델링의 전체를 볼 수 있도록 하려고 설정하였다. 모델링의 차량이 잘린 직육면체의 면에 symmetry를 설정하였다. 아래 그림 5-16, 5-17은 symmetry를 설정한 그림이다.

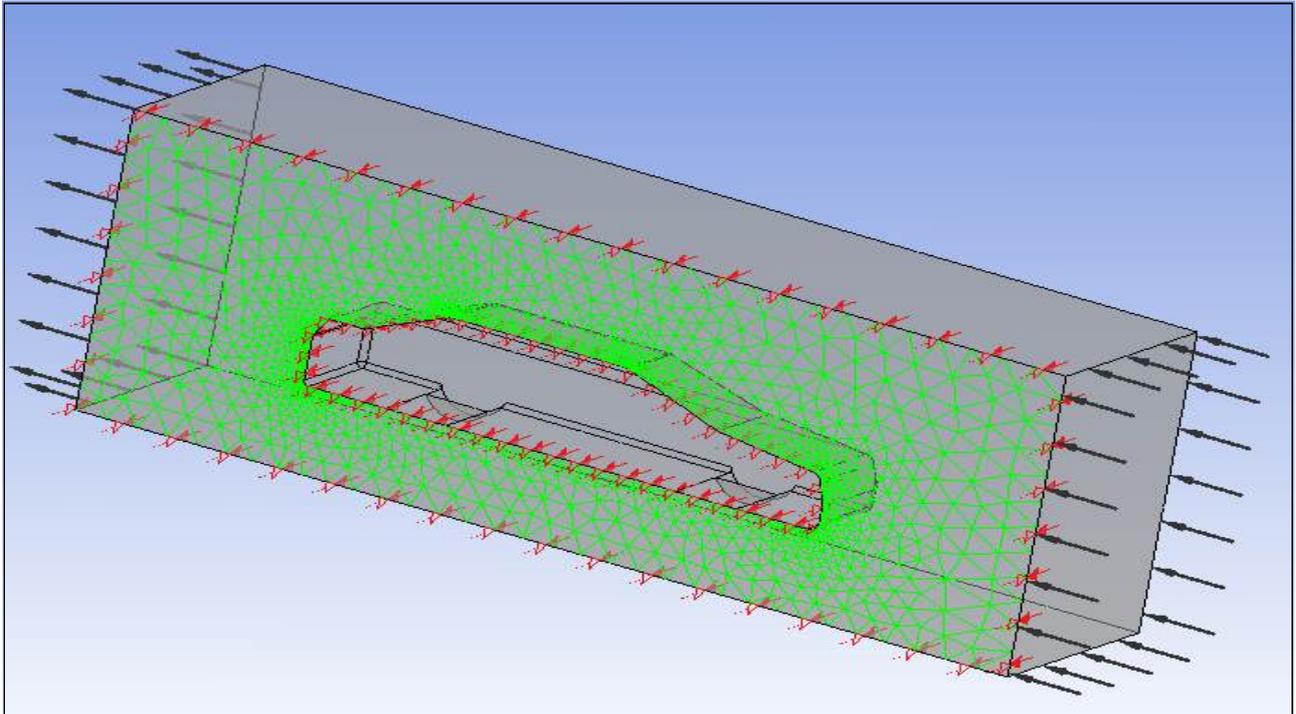


그림 5-16 모델링1의 symmetry 입력

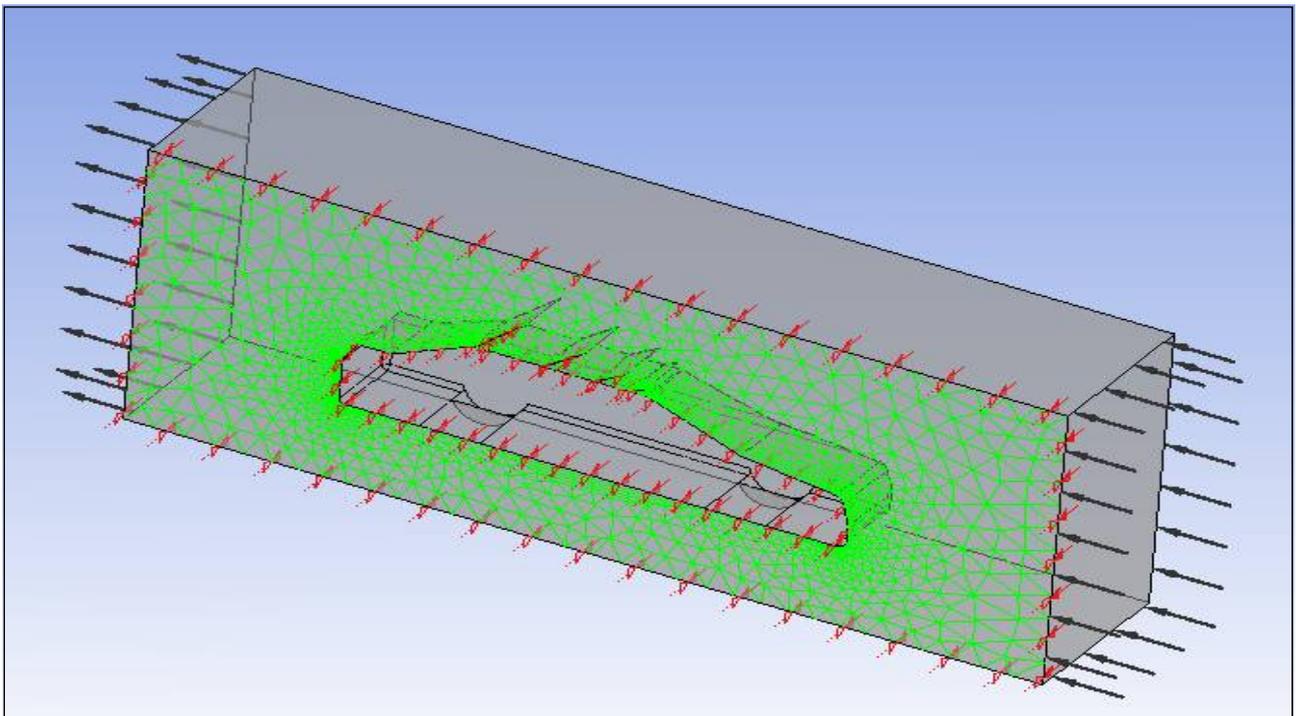


그림 5-17 모델링2의 symmetry 입력

Wall은 IN, Out 그리고 symmetry 제외한 직육면체의 나머지 3부분에 벽을 생성하여 입력하였고, 그림 5-18, 5-19는 Wall을 설정한 것 이다.

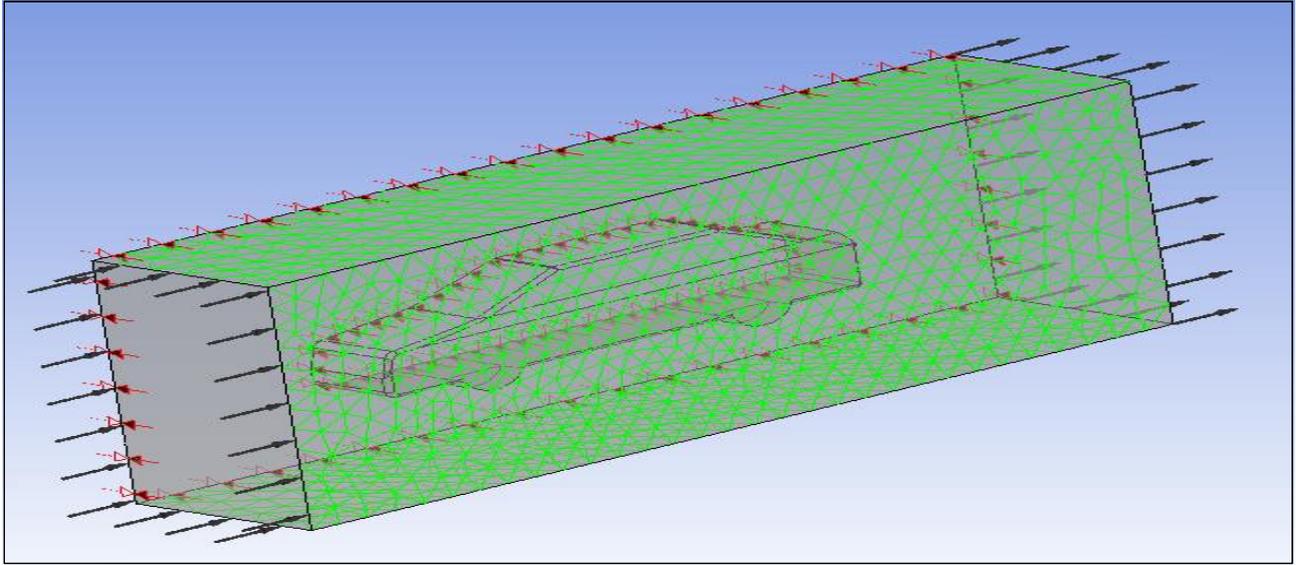


그림 5-18 모델링1의 Wall

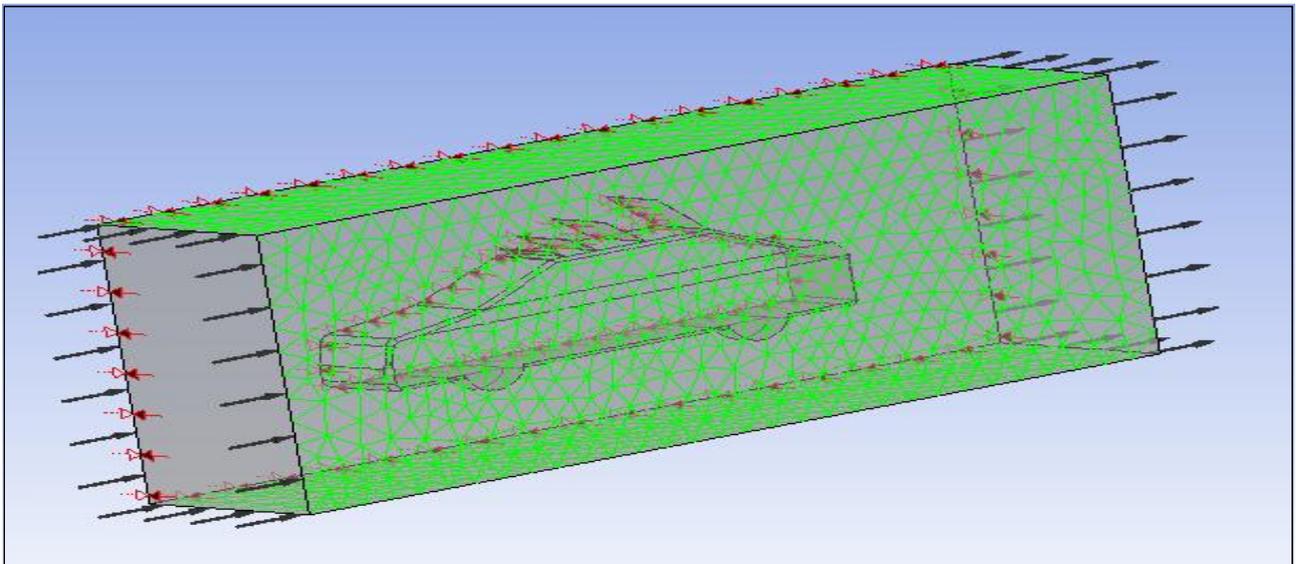


그림 5-19 모델링2의 Wall

Setup이 완료되면 Solution에서 컴퓨터가 계산을 시작한다. Setup의 Solver Control에서 MAX. Iterations 수에 따라 계산을 실시하며 1~100까지로 설정하여 계산하였다.

### 제3절 결과 분석

#### 1. 압력

Solution 이 완료 된 후 CFD-POST에서 Streamline 과 Contour 기능을 이용하여 각각 유동의 흐름과 차체가 받는 압력을 구해보았고, 자동차를 정면으로 보았을 때의 면적을 구한 뒤 자동차가 받는 힘을 계산하여 공기저항계수( $C_D$ )값을 계산하여 모델링1과 모델링2를 각각 비교해 보겠다.

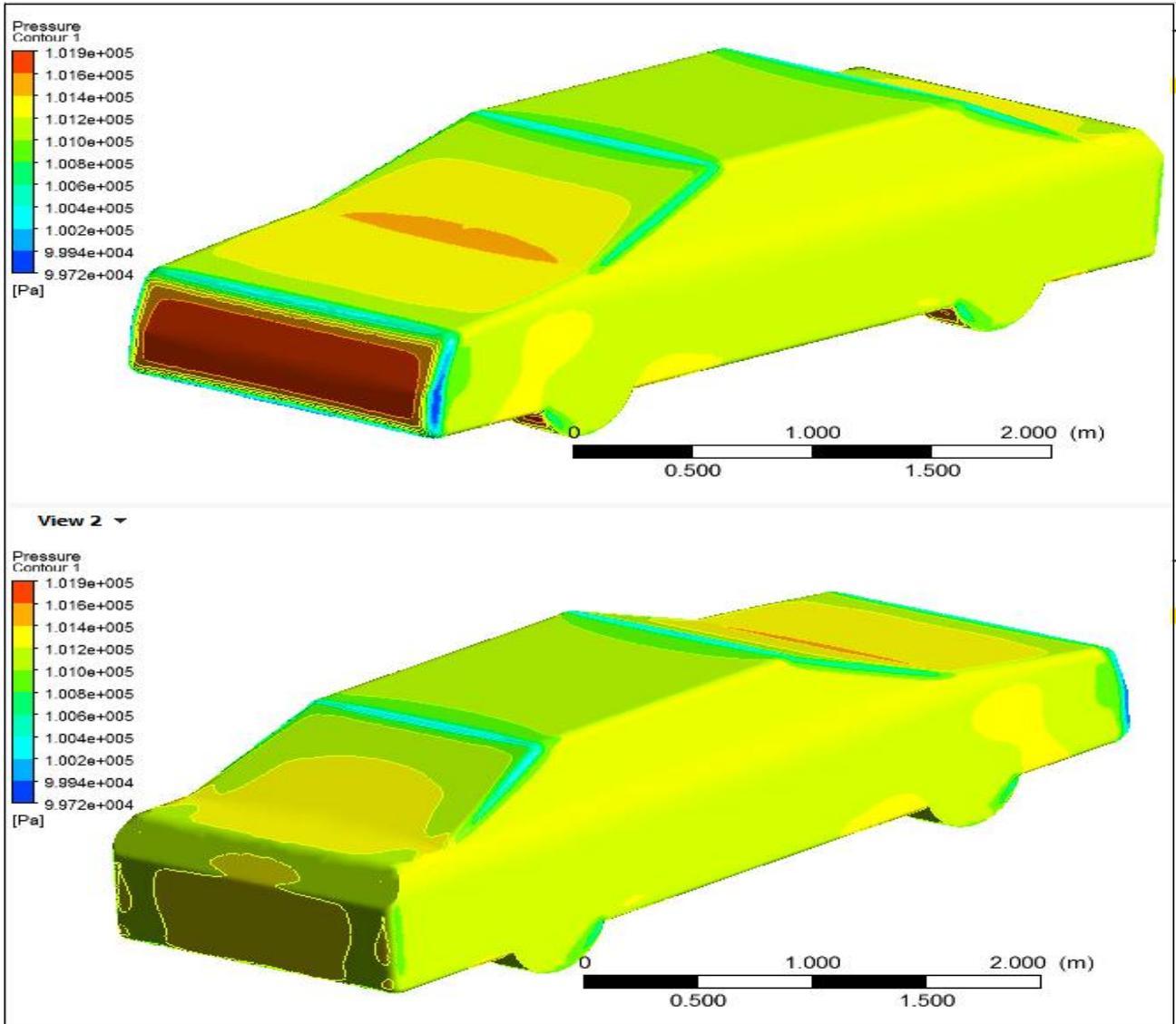


그림 5-20 모델링 1의 압력

먼저 Contour를 통해 압력을 그림5-20을 통해 보면 모델링 1에서 최대 압력은 101900Pa 이며 차량의 앞부분에서 많은 압력을 받는 것을 알 수 있으며, 최소 압력은 99720Pa 로 차량 앞부분의 측면 부분에서 나타났다. 이는 유동이 차량 앞부분을 통과하면서 양 측면과 위로 분산되면서 모델링의 바로 측면 부분은 유동의 영향이 적어 이곳의 압력이 최소로 나타 내지는 것을 볼 수 있다. 앞부분 다음으로는 유동의 흐름에 따라 자동차의 아래의 바퀴 부분에 압력이 많이 가해지는 것을 확인 할 수 있고 후드와 앞 유리가 이어지는 부분에 압력이 다음으로 많이 받는 것을 알 수 있다.

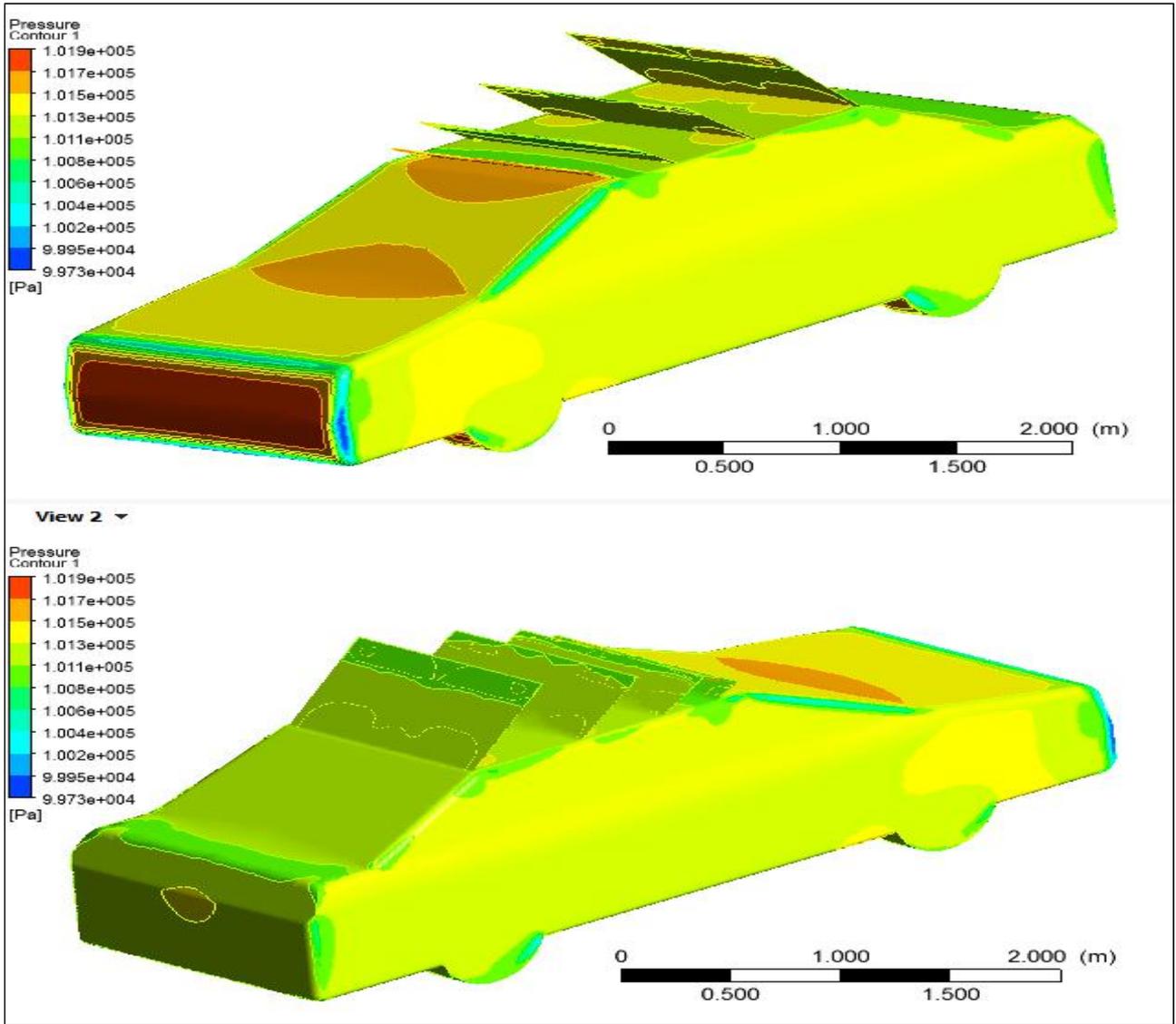


그림 5-21 모델링 2의 압력

그림 5-21의 모델링 2에서의 압력은 모델링 1과 동일하게 차체의 앞부분에 많은 압력을 받는 것과 동일하고 첫 번째 스포일러의 아래에도 많은 압력을 받는 것을 알 수 있다. 모델링 1과 달리 스포일러의 영향으로 인해 앞 유리나 스포일러 아래 부분에 압력이 더 넓고, 많은 영향을 받는 것을 알 수 있고 이 부분의 안전성을 보완해야 할 것이다. 최대 압력은 101900Pa이며 최소 압력은 99730Pa이다.

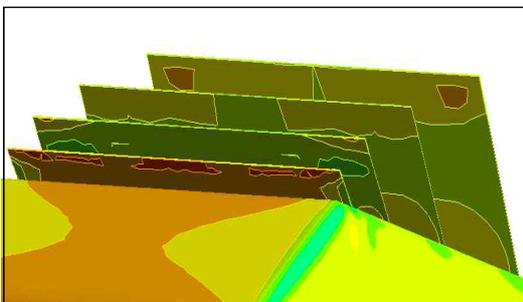


그림 5-22 모델링 2의 스포일러 부분

그림 5-22와 같이 스포일러 부분을 보면 스포일러의 가운데 부분 보다 위아래의 구석부분이 비교적 더 많은 압력을 받는 것을 알 수 있다. 첫 번째 스포일러가 가장 많은 압력을 받는다. 스포일러의 윗부분에서 많은 압력을 받는 것을 알 수 있고, 네 번째 스포일러에서 윗부분의 양 끝에 다음으로 많은 영향을 받는 것으로 나타난다.

## 2. Streamline

Streamline은 Max Points를 400으로 하여 나타낸 모습이다. 그림 3.4, 3.5는 모델링1과 모델링2의 유동흐름을 나타낸 모습이다. Streamline(유선)은 유체의 흐름에 따라 가상한 선으로 유선상의 임의의 점에 그은 접선에 그 점에 있어서 유체 속도의 방향과 일치 한다.

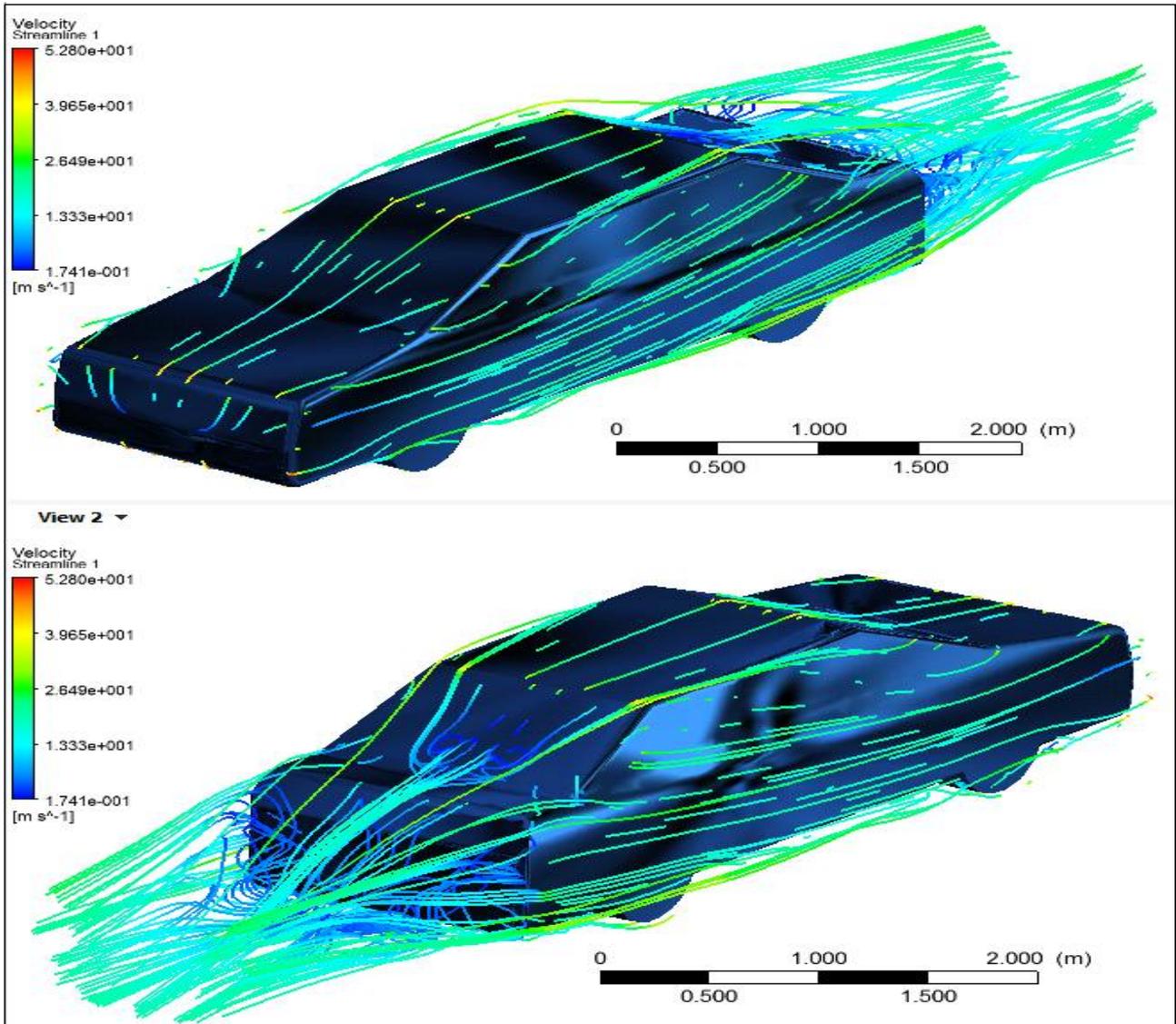


그림 5-23 모델링 1의 Streamline

유동흐름을 살펴보면 자동차 앞 범퍼 부분을 지나면서 위로는 유속 속도가 낮아 질서 정연한 흐름의 층류가 보이고, 그 측면 부분에는 박리가 생기는 것을 볼 수 있다. 그리고 차량의 뒤의 유리 부분과 트렁크의 전체적 뒷부분에 박리가 생기는 것을 볼 수 있다. 시뮬레이션 한 모델링의 경우 사이드미러가 없으므로 실제 모델링의 경우와 다를 수 있다. 사이드미러가 있으면 자동차의 측면 부분에 박리 현상이 생기고 실제 바퀴도 주행 시에는 공기와의 저항이 존재하여 해석한 결과와 다른 형상이 생기게 되고 실제 주행 시의 자동차가 달리는 속도마다 유동의 흐름이 다르게 나타난다. 그림의 좌측에 보는 것과 같이 유동의 속도는 최대 54.85m/s이고 최소 속도는 10.39m/s 이다.

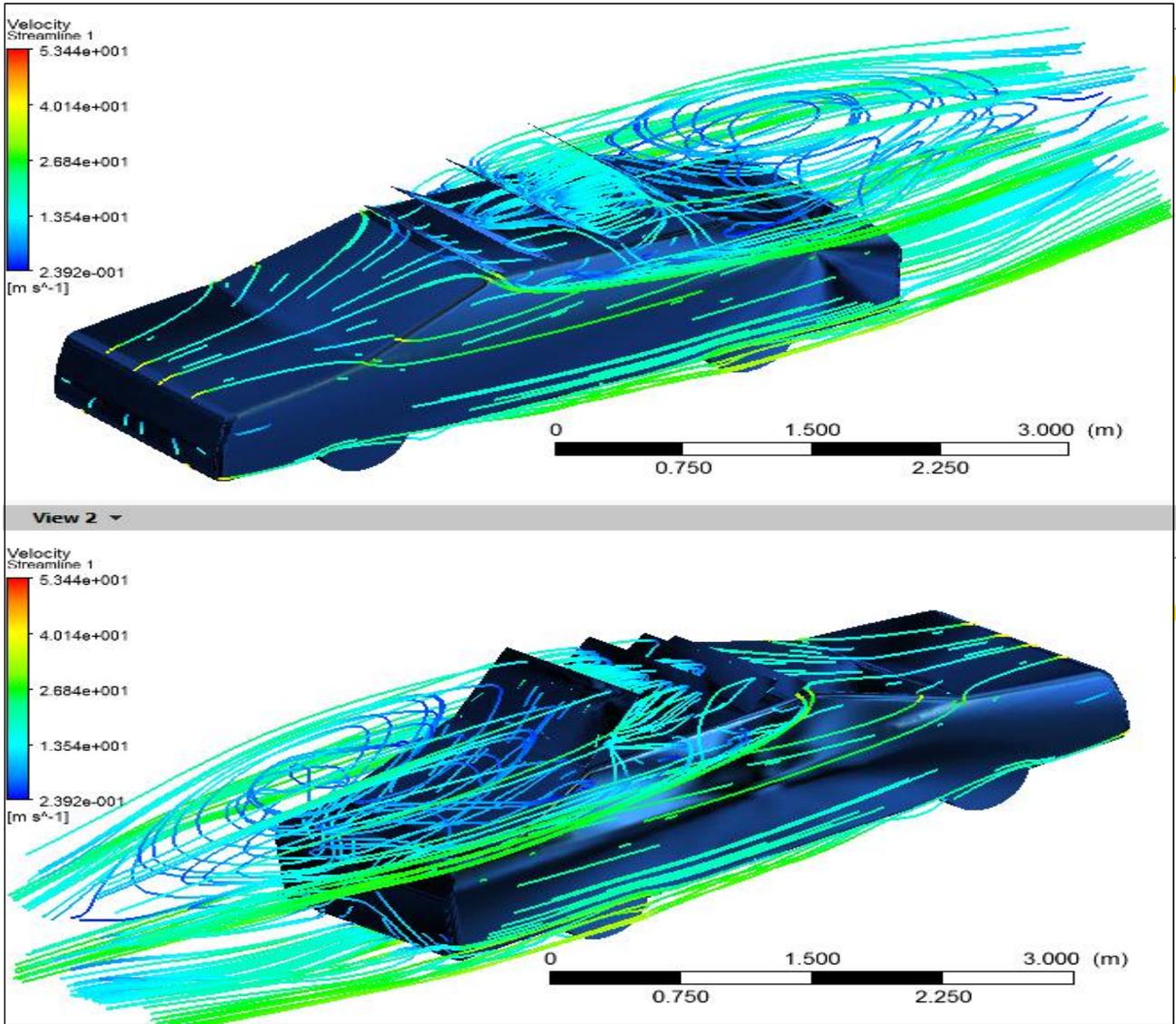


그림 5-24 모델링 2의 Streamline

모델링 2의 경우 1과 같이 측면 부분의 앞쪽에 박리 현상이 생기고 스포일러 사이 와 모델링의 뒷부분에 박리 현상이 많이 생기는 것을 알 수 있다. 박리현상은 쉽게 말해서 공기의 흐름이 표면에서 떨어져 나가는 것을 말한다. 박리현상으로 인해서 항력의 한 부분을 담당하는 Pressure Drag 가 급격히 상승하기 때문인데 물체의 뒤 쪽 부분의 압력이 물체의 앞 쪽 부분의 압력보다 낮다. 따라서 뒤 쪽의 흐름이 앞으로 흐르려고 하는 역 흐름 현상 (Reverse Flow)을 동반하게 되면서 심한 소용돌이 (eddy) 혹은 터블런스 흐름이 발생하게 된다. 박리 현상의 영향은 항력에만 늘어나는 것이 아니라 양력 역시 상당히 부분 감소를 시켜버린다. 따라서 심하고 지속 되게 되면, 회복이 불가능하여 비행기의 경우 비행사고로 이어지는 경우도 있다.

그림 5-25, 26, 27은 정면과 측면에서의 유동흐름과 압력을 비교한 사진이다. 모델링2의 경우가 스포일러의 영향으로 인해 지붕과 뒷면에 박리현상이 더 많이 생기는 것을 알 수 있고 이로 인해 소음이 더 생길 것이라는 문제점이 예측된다.



그림 5-25 정면에서 본 유동흐름의 차이

그림 5-25는 정면에서의 유동흐름을 비교한 것으로 모델링 2에서 스포일러 부분이 더 와류 및 박리현상이 더생긴 것을 알 수 있다.



그림 5-26 측면에서의 압력분포 비교

그림 5-26은 모델링 2에서 스포일러를 통해 유동의 와류와 박리현상이 차량의 앞과 후면의 영향을 주게 모델링1보다 더 많은 압력이 생긴 것을 알 수 있다.



그림 5-27 측면에서의 유동흐름 비교

그림 5-27은 측면에서의 유동흐름을 비교한 것으로 모델링 2에서 스포일러 사이에 와류와 박리현상이 많이 생기고, 그로인한 차량의 후면에 모델링 1보다 더 심한 와류 및 박리현상이 생긴 것을 비교해 볼 수 있다.

## 제6장 결 론

### 제1절 문제점 분석 및 처리결과

#### 1. 설계 과정 문제점 및 처리결과

설계 시 도출된 문제점으로는 처음 생각하였던 이론적 기구학 설계와는 달리 실제로는 차이가 많이 난다는 점이다. 그 첫 번째로는 자동차의 프레임 부분을 대체할 재료선정 과정에서 앵글을 통한 설계를 할 것 인가 아니면 대체할 뼈대를 구하는 문제점이었다. 또한 스포일러를 제작 시 최대한 자동차의 원재료와 동일한 재질을 선정 하려고 할 때 어려움이 있었다. 구동의 문제에서는 체인의 장력 부족현상이 있어 4개의 스프라켓과 연결이 원활하지 않다는 점도 설계 시 문제점으로 나왔었다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 방도로는 먼저 프레임은 앵글을 사용하여 가공비를 절감하고자 토론을 하였고 또한 앵글의 뿔려있는 형상에 의해 스포일러와의 결합이 수월 할 수 있었다. 스포일러는 자동차의 원 자재와 비슷한 것으로 찾아보니 가벼운 재료를 찾게 되었고 그러던 도중 강도도 강하며 가벼운 재료를 선정 할 수 있었다. 그리고 체인의 장력 문제로 발생되었던 체인과 스프라켓의 헛바퀴 도는 것은 스프라켓 사이의 체인 장력을 높일 수 있는 호스 등을 사용하여 해결하는 방법을 고안 하였다.

#### 2. 해석에 대한 문제점 및 처리결과

유체적 영향을 많이 받는 기구부의 경우 CFD의 해석 결과가 매우 중요한 영향을 미친다. 하지만 설계 처음 도입부에서는 CFD해석소프트웨어를 통해 해석 할 수 있는 인원이 없던 관계로 시험을 통해 그 결과 값을 도출하고자 하였다. 하지만 시험 결과 값만으로는 스포일러가 영향을 미칠 것 이라는 것을 예측할 수는 있었지만 수치적인 결과 값을 도출 및 증명하기 어려웠다. 그리하여 학기 중 연수과정을 다녀오고 또한 학기 중 시행중인 과목을 통해 배움으로써 해결하고 그 과정을 통해 최적화를 하고자 다양한 방법을 모색 하였다. 하지만 계획적인 시간 분배가 적절하지 않아 다양한 해석이 부족 하게 되는 어려움을 겪을 수 있었다.

#### 3. 해석 결과

CFD 해석을 통해 정면에서 모델링(차량의 1/2기준)의 면적을 구하였다. 모델링1의 경우  $0.935m^2$  이며, 모델링2의 경우 면적이  $1.225m^2$ 로  $0.29m^2$ 차이가 난다. 그리고 이 면적을 통해서 CFD해석을 통해, 힘을 구한 결과 모델링1은 167.826 [N] 을 받았고, 모델링2의 경우는 441.506 [N] 의 힘이 받아 273.67 [N]의 차이가 났다. 면적이  $0.29m^2$ 이 늘어남으로

써 차량이 정면에서 유동을 통해 받는 힘이 273.67 [N] 만큼 더 증가했다고 볼 수 있다. 면적과 힘을 구하고 밀도  $1.225 \text{ kg/m}^3$ 을 동일하게 대입하여 아래 식의 스포일러 저항력을 구하는 공식에 대입하여 공기저항계수를 구하고 그 값을 비교해 보았다.

$$F(\text{스포일러 저항력}) = C_D(\text{공기저항계수}) \times \left( \frac{\rho(\text{밀도}) \times v^2(\text{속도}^2)}{2} \right) \times A(\text{면적})$$

[N]
[무차원 변수]
[kg/m<sup>3</sup>] [m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>]
[m<sup>2</sup>]

모델링1의 경우 공기저항계수가 0.379가 나왔고, 모델링2의 경우0.762가 나와 2배의 저항을 받는 것을 알 수 있었다.

속도 100km/h	중량(kg)	마른 도로 (m)	젖은 도로 (m)
마티즈	1,100	45.7	50.7
아반테	1,403	41.5	42.6
소나타	1,611	45.8	46.7
2010년 제동 안전성 평가결과(정기평가) -건설교통부 기준-			
표 6-1 차량에 따른 제동거리			

자동차의 총 제동력을 식  $v_1^2 - v_0^2 = 2as$  를 통해 가속도 a를 구하고  $F=ma$ 을 통해 제동력 13494.6 [N]이 나왔다. 이때  $v_1$ 은 나중속도로 0km/h로 하였고  $v_0$ 는 처음 속도로 100km/h로 설정 하였다. 그리고 차량의 중량과 제동거리는 표 6-1에 소나타의 1,611kg, 45.8m(마른 도로)를 사용 하였다.

이 계산 값은 차량이 정지하기까지의 제동력으로 처음 목표하였던 제동력의 1/10값인 1349.46 [N]과 CFD의 해석 값인 441.506 [N] 을 비교를 해보면 약 3배의 제동력이 부족하다는 결과가 나왔다. 하지만 스포일러로 받는 힘을 미 장착 한 차량에 더하여 정지거리를 계산 하면 약 1.4m정도의 제동거리가 감소함을 알 수 있다. 목표치인 10%를 달성 하였다면 총 차량이 받는 힘은 14951.4[N]이 나오고 이 값을 통해 제동 거리를 구해보면 약 4.2m정도가 줄어든다는 것을 알 수 있다. 우리가 구한 결과 값은 목표 값에는 못 미치지만 1.4m의 제동 거리를 줄여 준다는 것은 사고 예방에 적절하게 활용 할 수 있을 것이다.

## 제2절 총론

우리는 제동력 증대 스포일러라는 프로젝트로 한 학년 동안 이끌어 왔다. 과정 중 다양한 주제가 제시 되었고 그 중 다시 주제를 선정하는 여러 가지 반복적인 과정을 거쳐 이 주제를 선정 하였다. 그 과정은 브레인스토밍의 중요성을 깨우칠 수 있던 좋은 시간이 되었고 또한 팀원들 간의 생각의 차이를 좁혀 갈 수 있는 시간이 되었다.

아이디어 도출에서부터 실험, 보고서 작성 및 분석에 이르기까지 다양한 경험을 해 봄으로써 사회에 나가서도 한결음 더 나아갈 수 있는 계기가 되었다.

제작 시 학업만으로 배웠던 이론적인 과정과 실제 제작 시 필요한 실무적인 과정의 괴리도 있었고 미처 배우지 못했던 특정 과목에 대한 아쉬움도 남았다. 하지만 우리는 그러한 과정에 눌러 포기하기 보단 우리만의 탈출구를 만들기로 하였고, 비록 아쉬움이 남는 작품이나 그보다 팀원과의 화합과, 하고자 하는 의지, 배우고자 하는 열망, 등을 다시 깨우쳐준 작품이라 할 수 있다.

이 프로젝트를 구상하여 설계, 실험하기 까지 많은 자문을 주신 윤정환 교수님께 감사드리고 또한 1년여 동안 자동차 설계 프로젝트 과제를 지도해 주신 임학규 교수님께 깊이 감사드립니다. 항상 부족함이 많았던 저희들에게 지속적인 지도와 관찰을 해주시면서, 교수님의 실무경력을 토대로 프로젝트를 잘 수행 할 수 있도록 이끌어 주셔서 팀원들도 깊은 감사를 드립니다.

## [참 고 문 헌]

공학도를 위한 동역학7판 ,이장무외 2인 공역, McGraw-Hill Korea, 2005 P50~110  
기계설계 이론과 실제5판, 홍장표 , (주)교보문고, 2008년03월07일 P594~973  
기계공학실험, 심우건, 한남대학교출판부, 2003년02월07일 P07 ~ 25  
유체역학 7판, Frank M. White, McGraw-Hill Korea, 2012년02월24일 P253~344  
차량동역학, 김상섭외 5인 공역, 피어슨에듀케이션, 2002, P23~115  
최신 기계설계3판, Robert L. Norton, 도서출판 YOUNG, 2006년02월28일 P727~751  
ANSYS CFX Training VER14(CFD교본), (주)엔플럭스, P337~365

### 인터넷

<http://www.anflux.com/>

[http://www.youngdongshaft.co.kr/sub2\\_01.htm](http://www.youngdongshaft.co.kr/sub2_01.htm)

<http://www.동양체인.kr/index.html>

<http://www.anglman.com/>

<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1085424&mobile&categoryId=200000461>

<http://autocstory.tistory.com/1461>

### 논문 및 특허자료

통계청 : 2002년 - 2011년 교통사고 통계자료 / 도로교통공단

국회도서관 : 교통사고 통계분석. 2011 / 도로교통공단 교통사고종합분석센터