

2016학년도
기계설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : 수동 변형 계단

팀명: 5인 1색

2016. 06

대구대학교 기계설계공학부(기계설계공학전공)

2016학년도 기계설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : 수동 변형 계단

(2015년 09월 01일 ~ 2016년 06월 15일)

팀명: 5인 1색

기계설계공학 설계프로젝트 최종보고서를
붙임과 같이 제출합니다.

2016. 06

대구대학교 기계설계공학부(기계설계공학전공)

제 출 문

대구대학교 기계공학부 학부장 귀하

본 보고서를 대구대학교 기계공학부 설계프로젝트 과제
“수동 변형 계단”의 결과보고서로 제출합니다.

(과제기간 : 2015. 09. 01 ~ 16. 06. 15)

2016. 06.

지도교수 : 임 학규 (인)

대표학생 : 정 성훈 (인)

참여학생 : 문 석인 (인)

김 동현 (인)

이 현호 (인)

이 상훈 (인)

보고서 작성 윤리 서약서

대구대학교 기계공학부 학부장 귀하

본인은 보고서를 작성함에 있어 다음과 같이 연구 윤리 및
보고서 작성 윤리를 준수하였음을 서약합니다.

1. 본인은 다른 학생의 보고서를 복사(copy)하지 않았습니다.
2. 본인은 다른 사람의 보고서 내용 중 전부 또는 일부를 무단으로
도용하거나 인터넷에서 내려받기(download)하여 대체하지 않았습니다.
3. 본인은 보고서에 참고자료를 인용할 경우 원본의 출처를 반드시
표시하였습니다.

2016. 06.

대표학생 : 정 성훈 (인)

참여학생 : 문 석인 (인)

김 동현 (인)

이 현호 (인)

이 상훈 (인)

기계종합설계(2016년도 1학기)

팀원 역할분담 계획

팀명: 5인 1색

주제: 수동 변형 계단

	성명	개인별 업무 계획	달성도(%)
1	정성훈	종합 정리 및 자료 검토	
		조원 의견 수렴	
		차주 주차 계획 및 업무 분담 지시	
2	문석인	CAE 해석	
		제품 부품 관련 자료수집	
		주차별 개인과제 수행	
3	이상훈	CAD 2D 설계	
		CAE 해석	
		주차별 개인과제 수행	
4	김동현	CATIA 3D 제작 및 설계	
		제품 부품 관련 자료수집	
		주차별 개인과제 수행	
5	이현호	CATIA 3D 제작 및 설계	
		CAD 2D 설계	
		주차별 개인과제 수행	
6			
공동 업무		PPT 작성 및 발표	
		수동 변형 계단 관련 자료 조사	
		업체 방문 및 미팅	

목 차

최종보고 요약문	I
요약1 부품 및 제작비 사용내역	II
요약2 설계구성요소 일람	III
요약3 현실적 제한요소 일람	IV
제1장 과제내용 및 목표	1
제1절 목적 및 필요성	1
제2절 과제의 목표	2
제3절 기대효과 및 활용방안	2
제2장 개념설계 및 상세설계	3
제1절 개념설계	3
제2절 설계 보완	4
제3절 상세설계	6
제3장 이론적 배경	7
제1절 MC 나일론	7
제2절 체인벨트	8
제3절 특허조사	9
제4절 이론적 배경	12
제4장 시험 및 평가	14
제1절 운용 및 시험 요구조건	14
제2절 시험결과	24
제5장 결론	26
제1절 결론	26
제2절 제언	27
참고문헌	28
부록	29

최종보고 요약문

과제명	수동 변형 계단
팀명	5인 1색
팀원	정 성훈, 문 석인, 김 동현, 이 현호, 이 상훈
과제기간	2015 년 09 월 01 일 ~ 2016 년 06 월 15 일

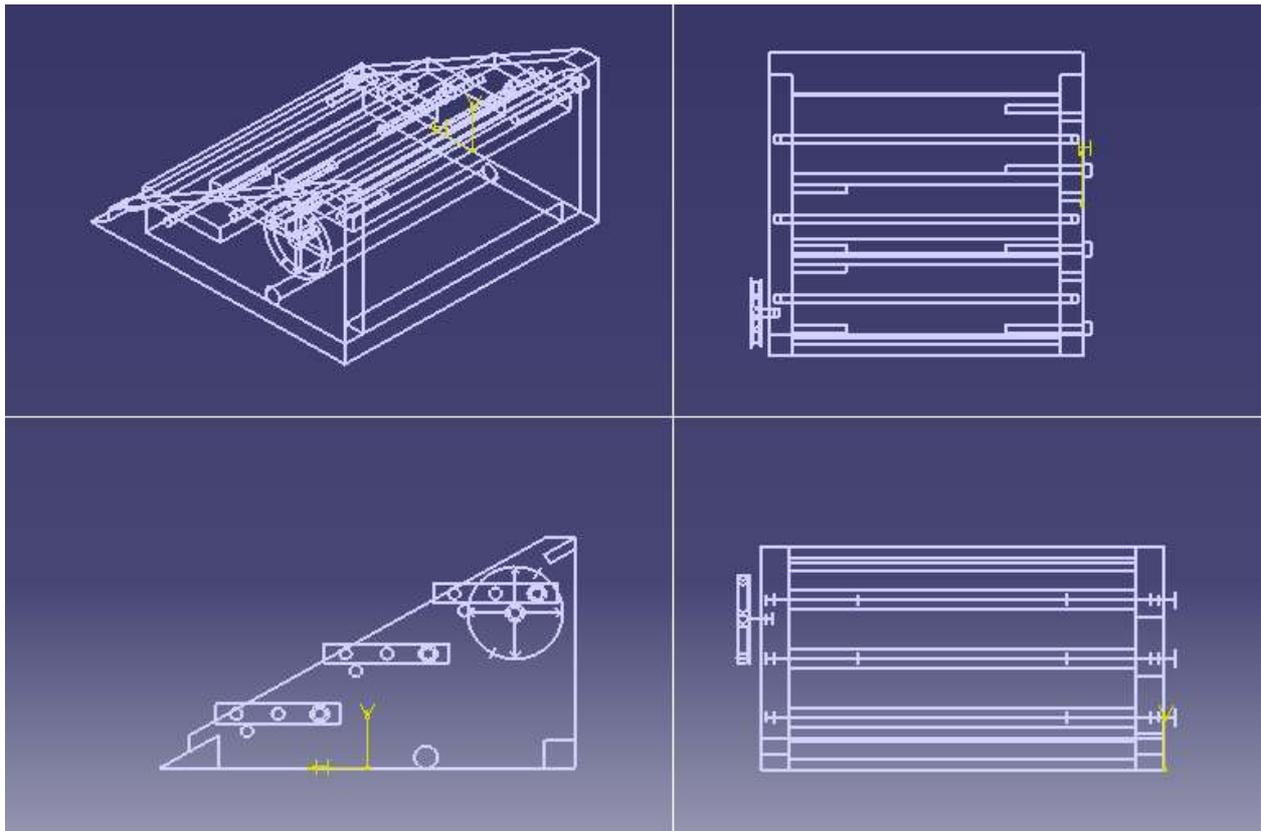
1. 개발내용 및 목표

거동이 불편한 사람, 어린이, 노약자, 장애인들이 엘리베이터가 없고 계단만 있는 경우 계단을 올라가는데 있어서 올라가기 힘든 점과 여러 불편한 사항이 많다. 이러한 불편한 사항을 조금이라도 개선하고자 이러한 계단을 만들려고 한다.

불필요한 공간을 많이 차지하지 않고 모터를 각축에 달게 되면 비용이 많이 들기 때문에 기어를 이용하여 적은 비용으로 가격이나 효율적인 면에서 효과적이다.

2. 개념설계 및 상세설계

처음에는 전기를 사용하여 모터를 사용한 버튼식 변형 계단이 있으나 효율성이 떨어지고 안전율이 낮아 체인벨트와 핸들을 이용한 수동 변형 계단으로 하게 되었다.



3. 제작

CATIA도면을 토대로 수동 변형 계단을 교내 공작실에서 제작하려 하였으나 공작기계가 부족하고 제품의 크기가 공작실에서 제작하기에 어려움이 있어 외부업체에 외주 가공을 맡기고 제작하였다. 도면과 실제 제작의 차이가 발생해 도면을 업체와 같이 수정하였다.

4. 시험 및 평가

CATIA 모델링을 만들어 NFX 프로그램을 이용하여 제품의 주재료인 MC 나일론과 금속(STEEL), 비철금속(Aluminum) 총 3가지 재료로 시험 하였다.

제품의 안전율을 시험하기 위해 사람의 평균 몸무게와 자전거나 휠체어 무게를 계산하였을 때 하중을 약 100kg으로 가정한 후 계단일 경우와 경사면 일 경우 2가지를 시험하였다.

요약 1. 부품 및 제작비 사용내역

순번	부품 구매 및 제작 내용 상세	참조페이지	소요예산(원)
1	MC 나일론	35p	\ 900,000
2	체인 벨트 및 기어	36p	\ 150,000
3	STEEL(핸들, 축, 고정핀)	36p	\ 400,000
4	아크릴판		\ 50,000
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
총 액			1,500,000
예산지원 사업목록	<ul style="list-style-type: none"> 기계공학부 실험실습비: 1,500,000 		

요약 2. 설계구성요소 일람표

구 분	적용 내용	적용 여부	적용	
설 계 구 성 요 소	설계 목표 설정	설계목표는 계단과 경사를 하나로 합쳐 공간이 협소한 장소에서도 사용 할 수 있게 하며, 무거운 물건이나 계단을 이용하기 어려운 사용자를 위해 좀 더 쉽게 이용할 수 있도록 하는것에 위해 목표를 두었다.	○	1.2절 pp. 0~0
	합성	변형 계단이 각 각 계단과 경사가 되었을 때 발판이 무게를 버티기 위해 고체역학을 이용하여 하중에 따라 버티는 안전율, 응력, 변위를 구하였다.	○	1.3절 pp. 0~0
	분석	기존에 있는 계단을 경사로 변형을 하는 제품은 컨베이어 벨트를 사용하여 변형을 하는 방식인데 이 경우 공간을 많이 차지하고 무게도 무겁다. 다른 방식은 계단 끝 부분을 펼쳐서 경사로 만드는 방식인데 이 경우 계단 하나하나 펼쳐야 하는 불편함이 있다.	○	1.3절 pp. 0~0
	제작	기존 방식보다 변형에 힘을 효율적으로 전달할 수 있는 체인벨트를 사용하여 모든 계단을 한 번에 변형을 하는 방식을 채택했다.	○	3.1절 pp. 0~0
	시험	계단을 같은 조건일 때 재질만 달리하여 시험을 해보았다. 금속인 STEEL 비철금속인 ALUMINUM, 비금속인 MC나일론을 사용하여 안전율, 응력, 변위를 구하였다.	○	3.2절 pp. 0~0
	평가	해석을 통해 안전율이 너무 높아 효율이 좋지 않아 기존 제품보다 경량화 할 수 있으며 크기를 더 간소화 시켜 사용 할 수 있다.	○	3.3절 pp. 0~0

요약 3. 현실적 제한조건 일람표

구 분	적용 내용	적용 여부	적용	
현 실 적 제 한 조 건	원가	충분한 안전율을 유지하기 위해 많은 재료를 사용하였고, 체인벨트, 핸들, 축, 핀을 만들기 위해 STEEL도 사용하여 계단의 제작 비용이 1,500,000원 들었다.	○	2.2절 pp. 0~0
	안전성	계단을 경사로 변형 할 때 핀을 사용하여 고정을 하여 무거운 물건을 옮길 때에도 충분히 안전하다고 볼 수 있다.	○	3.2절 pp. 0~0
	신뢰성	제품 제작 후 조원과 다른 학생들을 사용하게 하여 무거운 물건을 옮길 때 최대 200kg까지 사용가능하다는 것을 입증하였다.	○	3.3절 pp. 0~0
	윤리성	특허에 있는 기술과 확연히 차이가 있으므로 윤리적인 문제가 없다고 볼 수 있다.	○	2.1절 pp. 0~0
	미학	계단의 경우 정해진 규격이 있어 미학적인 측면에서 한계가 있어서 미학적인 부분은 배제하여 설계하였다.	×	2.1절 pp. 0~0
	사회에 미치는 영향	제품이 제작 되어 사용이 되었을 때 공간 활용에 우수하며 체인벨트를 사용하여 경사로 변형을 하면 무거운 물건을 옮길 때 인력을 줄일 수 있다.	○	4.1절 pp. 0~0

제 1장 과제내용 및 목표

제 1절 목적 및 필요성

1. 과제개발의 목적

기존 건물을 보면 거동이 불편한 사람, 어린이, 노약자, 장애인들이 엘리베이터가 없고 계단만 있는 경우 계단을 올라가는데 있어서 올라가기 힘들다 또한 수레를 이용하여 물건을 옮기기에 부적합하다고 판단하였다. 이러한 불편한 사항을 조금이라도 개선하고자 수동변형 계단을 만들려고 한다.

2. 연구개발의 필요성

거동이 불편한 사람, 어린이, 노약자, 장애인들뿐만이 아니라 건장한 성인도 에스컬레이터나 엘리베이터가 없어 계단을 이용하다가 넘어져 다쳐 골절상을 입는 경우가 많다.

수레에 무거운 짐을 실어 옮기거나 바퀴가 달린 물건을 운반할 때 경사도가 없이 계단만 있을 때 사람의 힘으로 옮겨야 할 때가 있는데 이런 경우 본 제품이 필요하다.

제 2절 과제의 목표

1. 과제의 목표



<그림 1-1> 계단



<그림 1-2> 경사

<그림1-1>, <그림1-2>과 같이 계단과 경사가 각각 있는 것 보다는 이 두 가지를 하나로 합쳐 공간의 효율성을 높이고, 계단과 경사가 모두 가능한 변형계단을 발명하게 되었다.

제 3절 기대효과 및 활용방안

1. 기대효과 및 활용방안

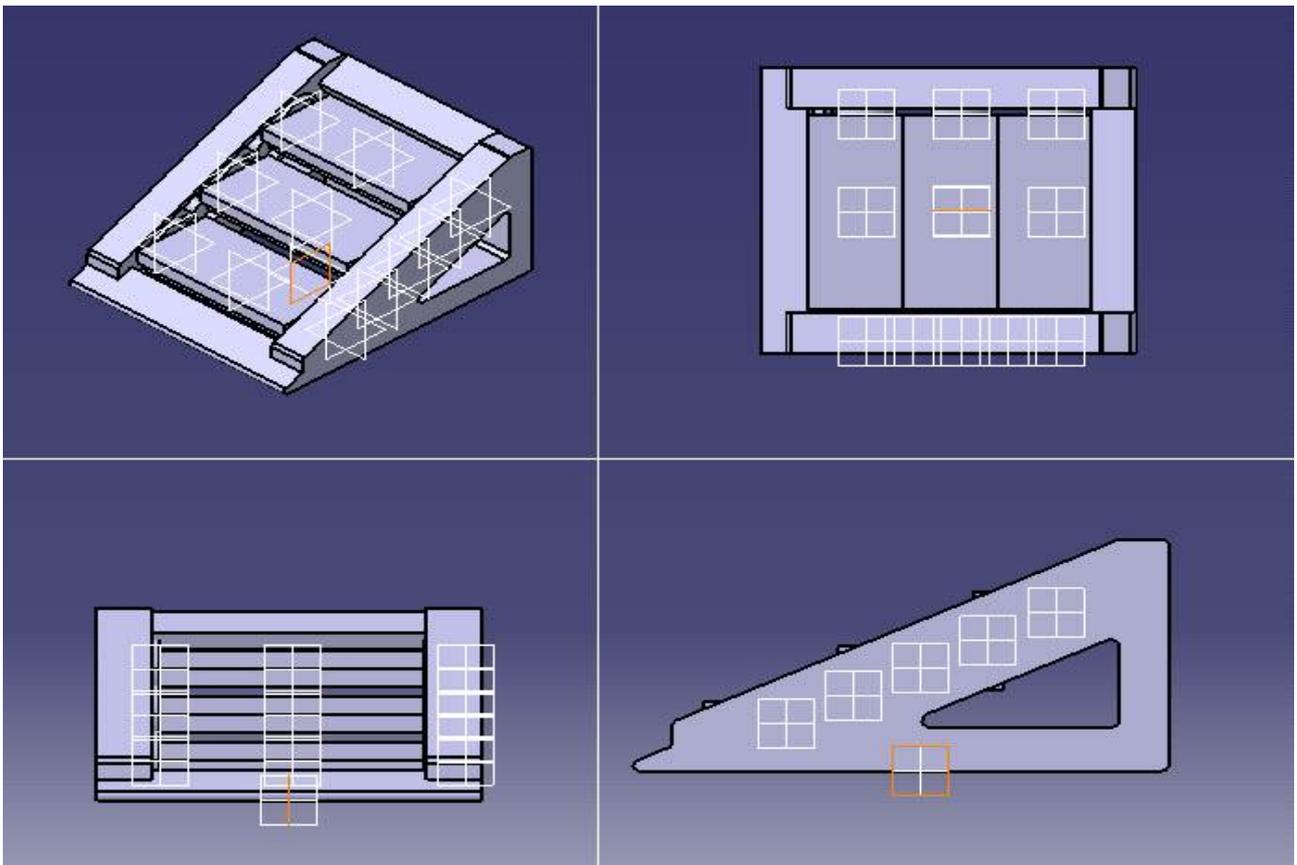
본 제품은 계단과 경사면이 각각 있는 경우 보다 공간의 효율성이 좋아 때문에 불필요한 공간을 많이 차지하지 않으며, 모터를 각축에 달게 되면 비용이 많이 들기 때문에 기어를 이용하여 적은 비용으로 가격이나 효율적인 면에서 효과적이다.

거동이 불편한 사람, 어린이, 노약자, 장애인 등이 계단을 올라가기에는 불편하기 때문에 경사로 변할 수 있는 계단을 만들어 거동이 불편한 사람, 어린이, 노약자, 장애인들이 올라가기 편하게 할 수 있다. 그리고 수레나 바퀴가 달린 물건들을 보다 쉽고 힘을 적게 사용하여 낮은 곳에서 높은 곳으로 옮기기에 적합하여 효율적인 기대효과가 있을 것으로 본다.

제2장 개념설계 및 상세설계

제 1절 개념설계

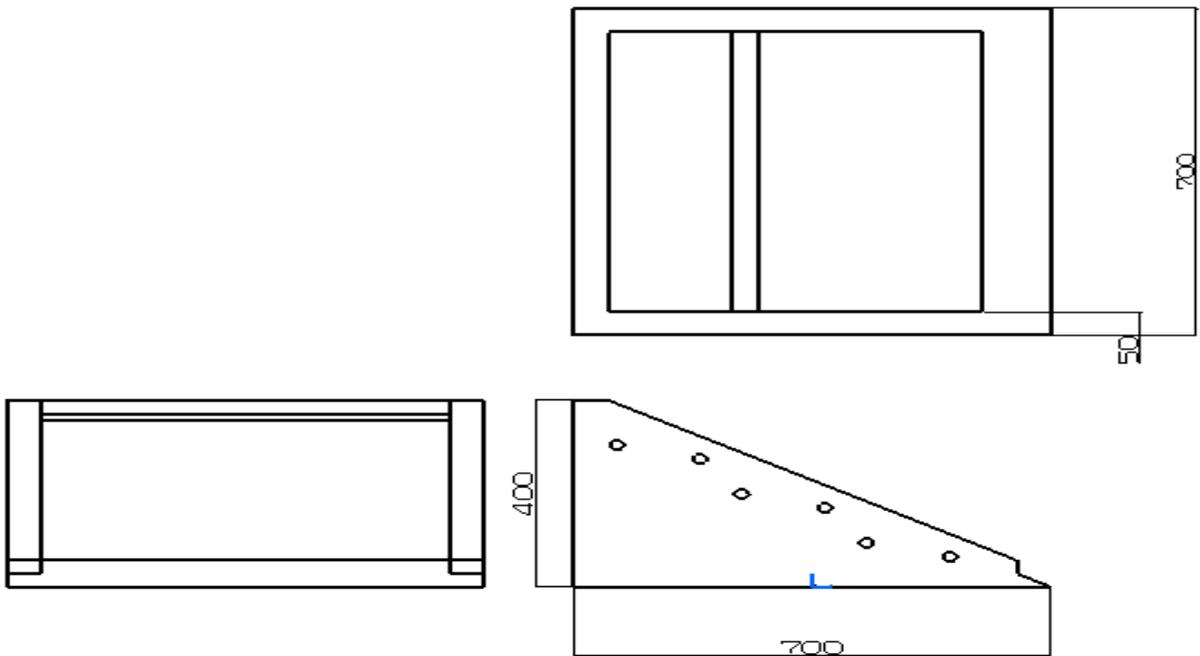
<그림 2-1>은 팀원들과 회의를 통해 도출된 초기 아이디어를 설계한 것으로 계단에 변형을 주어 계단과 경사가 되게 몸체 쪽에 평 기어를 이용하여 축을 통해 계단이 경사와 계단 두 가지 형태를 모두 가능한 형태이다. 초기 설계는 전체높이 800 전체 크기 1500x1400이며 전기와 모터를 이용한 버튼 식이었다. 이 변형 계단은 버튼을 누르면 전기가 모터를 통해 기어를 움직이고 움직인 기어가 축과 발판을 최종적으로 변형을 주어 계단과 경사 두 가지를 가능하게 만든다. 이때 전력은 220V 단자를 누르면 들어가고 필요할 때 당겨서 쓰는 방식으로 밖으로 돌출 되지 않도록 설계하였으며 선은 전기합선을 고려해 굵은 선으로 설계하였다. 모터는 AC 브레이크 모터이며 정·역회전이 자유롭고 변환 시 모터 정지가 필요 없으며 정지 시 오버런이 없이 정지되어 선정하였다.



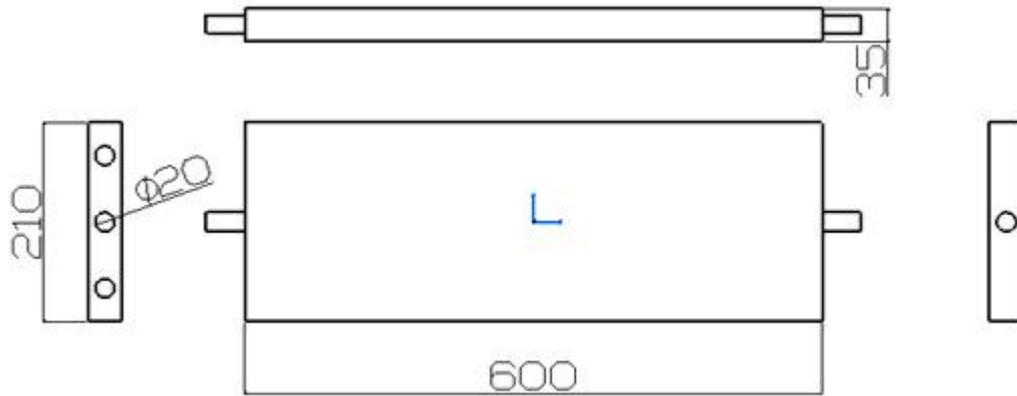
<그림 2-1> 전동 변형 계단 기초 설계 3D 형상

제 2절 설계보완

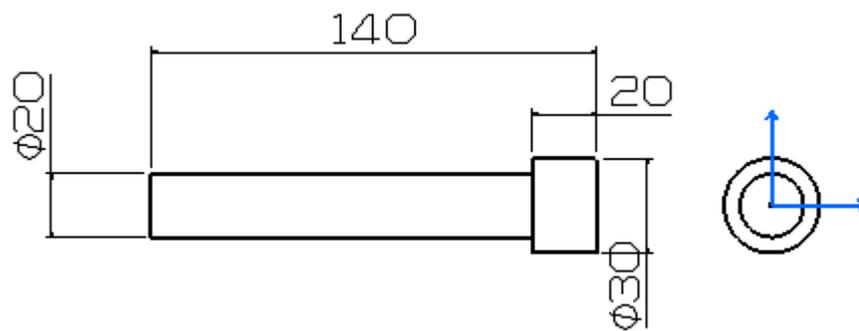
업체와의 회의를 통해 자체적인 도면을 수정하게 되었고 직접 전동인 평 기어와 간접전동인 체인벨트를 비교해보니 체인벨트가 더 효율이 높아, 평 기어에서 체인벨트로 변경하였다. 전기를 이용해 브레이크 모터를 사용하더라도 버티는 힘이 부족하여 쉽게 앞뒤로 꺾이게 되어 충분히 이것을 지지할 수 있는 지지대가 필요하였고 어떻게 꺾이지 않고 견디게 하게 할지 생각하던 도중 핀을 이용한 고정방법을 사용하였다. <그림 2-2>는 수정된 몸체형상과 핀 구멍 부분이 다.



<그림 2-2> 변형계단 몸체3D 상세설계 형상



<그림 2-3> 발판 형상

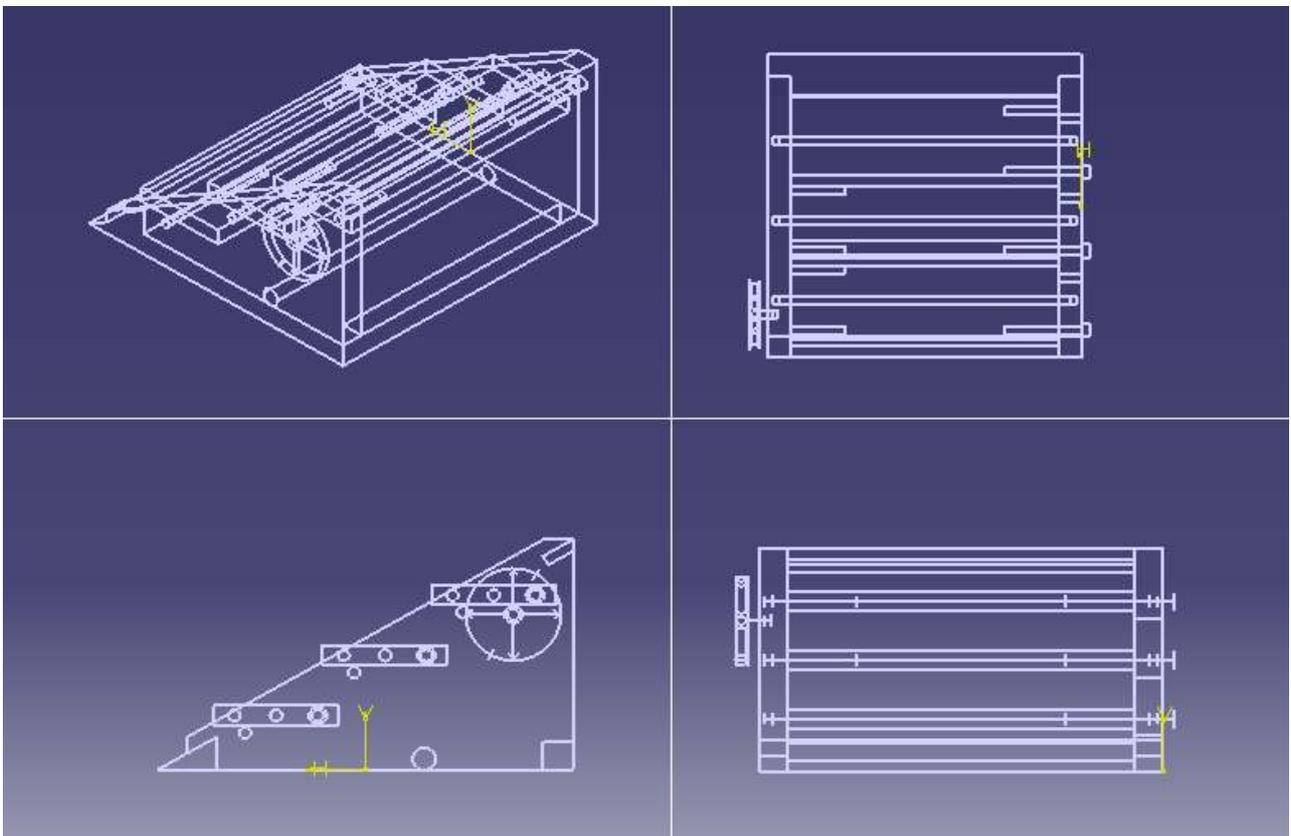


<그림 2-4> 핀 형상

<그림 2-3>은 발판의 형상이며 측면의 두개의 구멍은 <그림 2-4>핀을 사용할 때 필요한 구멍으로 설계하였다.<그림 2-4>는 발판을 고정하기 위해 필요한 핀 이다.

제 3절 상세설계

<그림 2-5>은 최종 형태를 2D로 형상화 한 것이다. 초기와 다르게 크기를 줄이고 크기는 700x700x400이며 지지대의 폭은 50이다. 변형 계단 몸체와 발판 부분을 설계보완 하여 핀을 이용 할 수 있게 설계를 하였다. 최종적으로 전동으로 하려하였으나 경험 미숙으로 인하여 수동으로 변경 하였다. 전기와 모터를 사용하는 대신 핸들과 체인 기어를 사용하고 핸들을 움직여 변형 후 핀으로 고정하게 하였다.



<그림2-5> 최종 제품 2D 형상

제3장 이론적 배경

제 1절 MC 나일론

1. MC나일론 이란

MC 나일론은 반응축매가 혼합된 나일론모노머를 금형에 주입하여 대기압에서 화학변화로 성형시킨 엔지니어링 플라스틱으로 일반압출나일론 제품에 비교하여 월등한 물성을 지니고 있어 모든 분야의 기계부품 및 산업자재에 널리 사용되고 있는 고분자 나일론 제품입니다.

물성 : 고분자량의 소재로서 수많은 장점을 가지고 있어 다음과 같은 우수한 물성을 나타냅니다.

- 기계적 강도 : 타 소재에 비해 탁월함.
- 내열성 : 타소재에 비해 월등히 높다.
- 내마모성(자기윤활성) : 타소재에 비해 월등합니다.
- 내약품성 : 화학약품에 대하여 높은 안정성.
- 기계가공성 : 다양한 가공방법 적용.

표준규격품(판/Sheet)				
두께(mm)	허용범위	중량(Kg)		
		600*1200	1000*2000	1200*2400
3	+0.1 ~ +0.7	2.59	7	10.36
4		3.46	9	13.84
5		4.32	12	17.28
6		5.18	14	20.72
8	+0.2 ~ +1.0	6.91	19	27.64
10		8.64	24	34.56
12		10.37	28	41.48
15		12.96	36	51.84
20		17.28	48	69.12
25		21.60	60	86.40
30	+0.2 ~ +1.5	25.92	72	103.68
35		30.24	84	120.96
40		24.56	96	138.24
45	+0.3 ~ +2.0	38.88	108	155.52
50		43.20	120	172.80
60		51.84	144	207.36
70		60.48	168	241.92
80		69.12	192	376.48
90		77.76	216	311.04
100		86.40	240	345.60

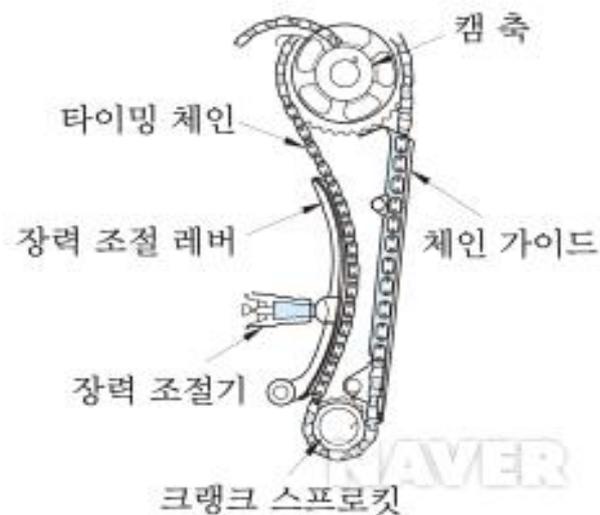
<표 3-1> MC 나일론의 무게

제 2절 체인벨트

1. 체인벨트란

자동차 엔진의 동력 전달 방식은 크게 벨트 타입과 기어물림 타입, 그리고 체인 타입이 있는데, 이 가운데 가장 최근에 등장한 방식이 바로 체인 방식이다. 즉, 타이밍체인은 크랭크축이 캠축을 구동할 때 체인을 사용해 동력을 전달하는 방식을 말한다. 타이밍벨트와 다른 점은 고무로 재질로 사용하는 것이 아니라, 체인을 사용한다는 점이다.

체인 종류는 사일런트 체인과 롤러 체인이 있다. 타이밍벨트의 경우 7만~8만 km를 주행하면 고무가 마모되기 때문에 교체해 주어야 하지만, 타이밍체인은 폐차할 때까지 거의 교체할 필요가 없어 반영구적이다. 따라서 정비 비용이 적게 들고, 엔진오일로 윤활하기 때문에 소음도 거의 없는 것이 장점이다. 유럽 등지에서 고급차용으로 인기를 끌고 있으며, 한국에서도 타이밍체인을 적용하는 차량이 늘어나고 있는 추세이다.



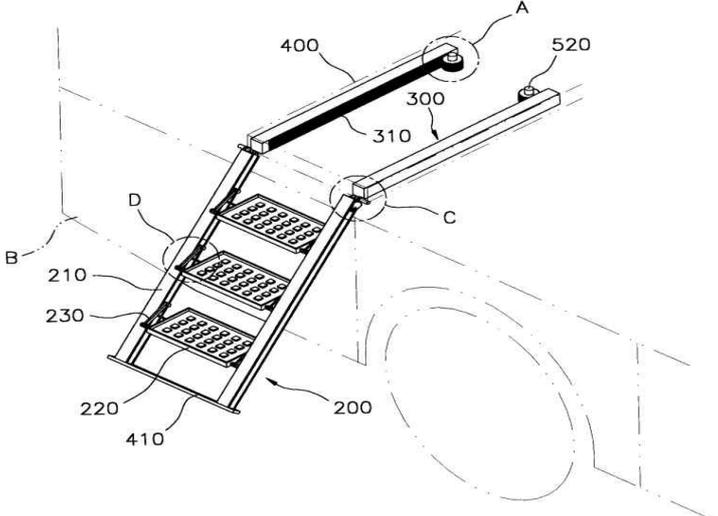
<그림 3-1> 체인벨트



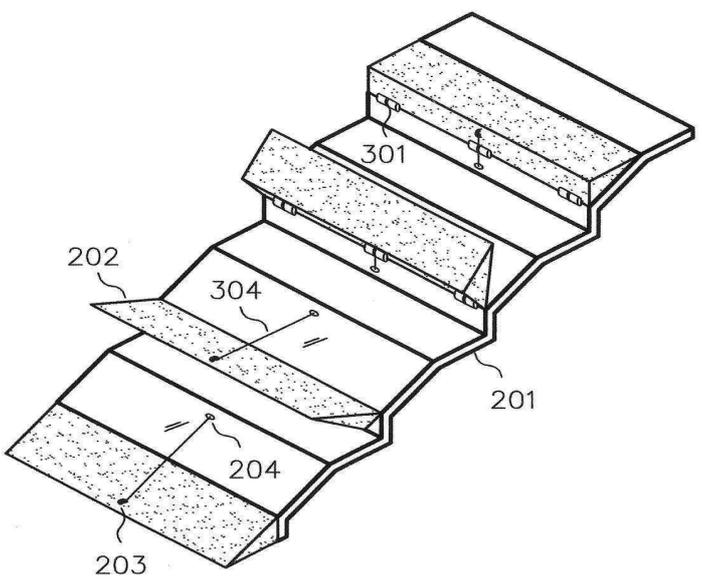
<그림 3-2> 실제 체인벨트

제 3절 특허조사

1. 버스 바퀴구동형 보조계단

특허명	버스 바퀴 구동형 보조계단
출원번호	1020010040079 (2001.07.05.)
등록번호	1004016730000 (2003.10.01.)
특허내용	<p>본제품은 버스의 비상구에 구비된 보조계단에 관한 것으로서 버스의 플로어패널 하측에 비상계단을 수납하도록 하여, 비상시 스위치의 제어나 비상구의 개방만으로 비상구로부터 지면까지 보조계단이 형성되도록 하여 노약자나 어린이 등의 탑승객을 신속하고 안전하게 하차시키기 위한 장치에 관한 것이다.</p> <p>레일을 통해 계단이 내려와 계단이 형성되는 방식으로 버스에 비상계단을 수납하도록 하여, 비상시 스위치의 제어나 비상구의 개방만으로 비상구로부터 지면까지 보조계단이 형성되도록 하여 노약자나 어린이 등의 탑승객을 신속하고 안전하게 하차 가능하도록 하여 탑승객의 안전성과 편의성을 향상시킬 수 있도록 하는 것이다.</p>
차이점	<p>수동 변형 계단의 경우는 체인벨트를 사용하여 경사로 변형하는 방식이지만, 버스 바퀴 구동형 보조계단의 경우는 레일을 통해 계단이 내려와 계단이 형성되는 방식이다.</p>
특허품	 <p><그림 3-3> 버스 바퀴구동형 보조계단</p>

2. 경사로 계단

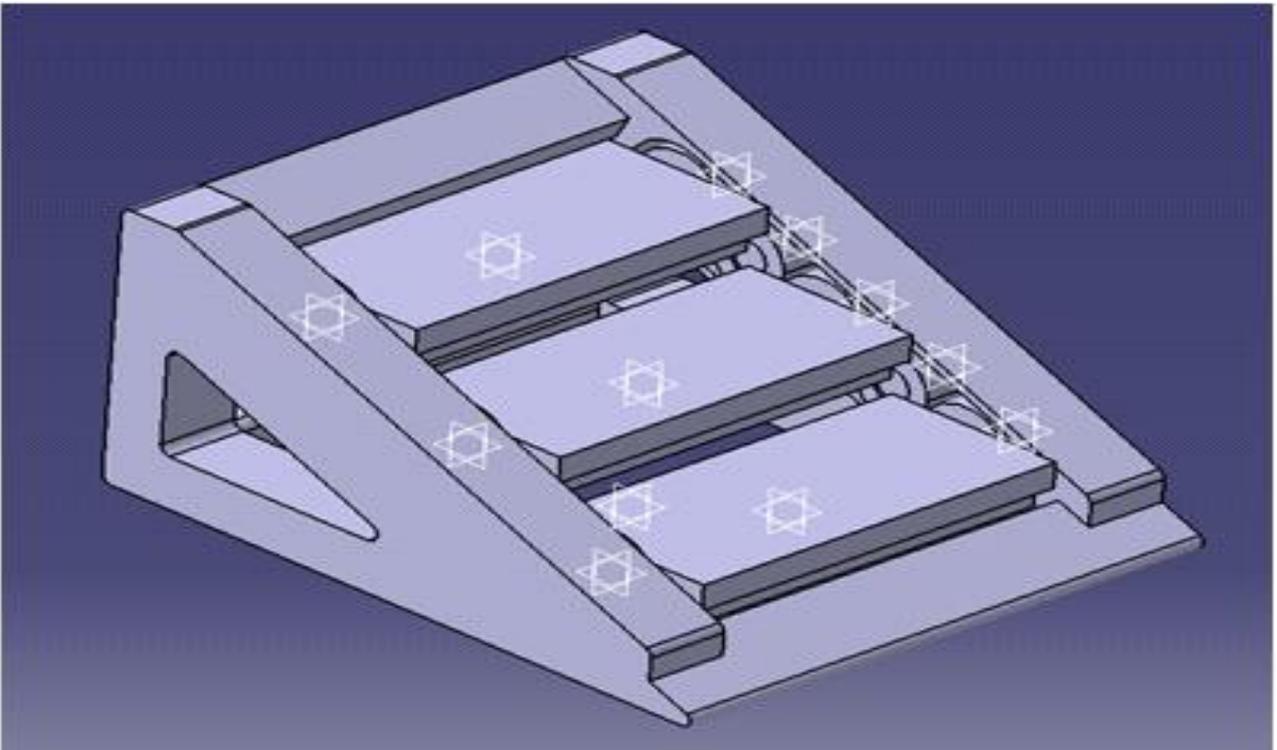
특허명	경사로 계단
출원번호	1020070093947 (2007.09.17.)
등록번호	1020070098979 (2007.10.08.)
특허내용	<p>본 발명은 바퀴가 달린 운송수단 또는 보행이 불편한 사람 또는 동물들이 이용하기 힘들었던 계단을 경사로로 변형시켜 바퀴가 달린 운송수단 또는 보행이 불편한 사람 또는 동물들이 용이하게 지나다닐 수 있게 한 '경사로로 변형 가능한 계단'에 관한 것이다. 모서리 부분이 펼쳐질 때 경사로 변형이 되는 방식이다.</p>
차이점	<p>경사로 계단은 계단을 경사로로 변형하기 위해서는 계단 모서리 부분을 펼쳐 경사로 변형이 되는 방식이지만, 수동 변형 계단의 경우는 체인벨트를 사용하여 경사로 변형하는 방식이라 좀 더 편하게 변형을 할 수 있다.</p>
특허품	 <p><그림 3-4> 경사로 변형 계단</p>

3. 바퀴구동 장치의 통행을 위한 가변형 스마트 계단

<p>특허명</p>	<p>바퀴구동 장치의 통행을 위한 가변형 스마트 계단</p>
<p>출원번호</p>	<p>1020130139114 (2013.11.15)</p>
<p>등록번호</p>	<p>1015011610000 (2015.03.04)</p>
<p>특허내용</p>	<p>본 발명은 경사로 전환이 가능한 스마트 계단에 관한 것으로, 계단에 있어서 양측부에 각각 장착된 지지축이 구비된 슬라이딩하도록 설치되면서 일정 각도를 갖도록 배치된 레일을 통해 변형되는 방식이다. 단순한 작동으로 계단 또는 경사로 형태로 전환할 수 있도록 한 것이다.</p>
<p>차별성</p>	<p>수동 변형 계단의 경우 체인벨트를 사용하여 경사로 변형을 하기 때문에 무게가 가볍고 소음이 적으나, 가변형 스마트 계단의 경우 계단이 지지축에 슬라이딩 되어 각도를 갖추어 레일을 통해 변형이 되는 방식이라 무게가 많이 나가며 소음이 많이 발생한다.</p>
<p>특허품</p>	<div data-bbox="587 1249 1348 1771" data-label="Image"> </div> <p><그림 3-5> 바퀴구동 장치의 통행을 위한 가변형 계단</p>

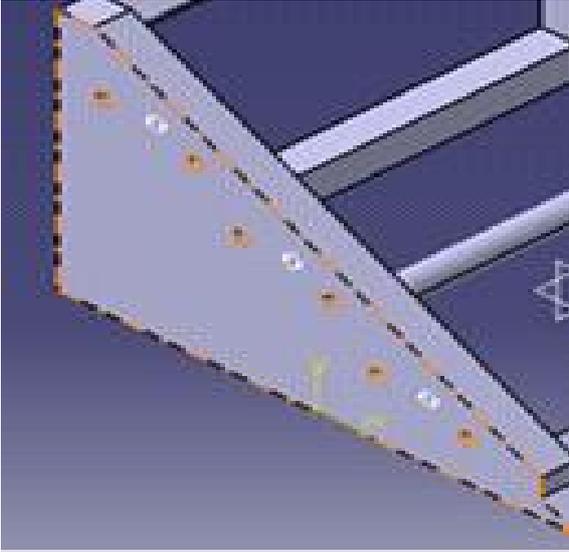
제 4절 이론적 배경

낮은 곳에서 높은 곳으로 갈 때나 앞의 장애물의 높이가 높을 때 계단만 있는 경우에는 휠체어나 자전거 같은 바퀴가 달린 물건은 힘이 약한 사람이 옮기기 힘들기 때문에 물건을 옮기는 것에 애로사항이 생긴다. 그래서 바퀴가 달린 물건을 보다 쉽게 옮기기 위해 계단이 경사면으로 변하는 기능을 추가 하였다. 계단 발판 옆쪽에 체인기어를 달아서 핸들로 회전을 시키면 발판 3개가 동시에 기울어져서 경사면이 되는 기능이다.

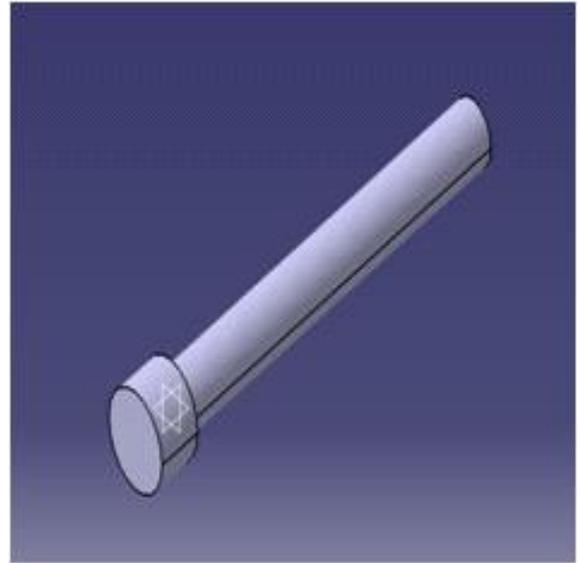


<그림 3-6> 체인기어를 사용한 3D 모델링

체인기어로는 하중을 버티기 힘들기 때문에 지지대의 한쪽에 핀을 설치하여 계단의 발판과 연결시켜 발판을 고정하여 무거운 하중을 버틸 수 있도록 설계하였다.



<그림 3-7> 발판 지지대



<그림 3-8> 발판 고정핀

제 4장 시험 및 평가

제 1절 운용 및 시험 요구조건

계단과 경사면을 사용할 때 가해지는 하중에 따른 변형과 안전율에 대해 해석을 하기 위해 midas NFX 프로그램을 사용하여 실험을 하였다.

1. midas NFX 란?

CATIA와 같은 3D 모델링 프로그램을 사용하여 가상설계 및 상세설계를 한 후 모델링한 도면을 NFX 프로그램에 확장자의 변환 없이 모델링을 불러와 실험을 할 수 있는 프로그램을 사용하였다.

2. 해석 사례

계단과 경사를 사용 할 때 사람이나 무거운 물건을 옮기기 위해서는 안전율이 가장 중요한 포인트다. 사람이 이용 하거나 물건을 옮길 때 가장 많은 하중을 받는 부품은 발판이다. 다른 부품의 경우 핀으로 단단히 고정을 하므로 발판에 하중이 가장 집중이 된다. 이 때, 하중의 크기를 무게 100kg 으로 가정을 하여 구조적 안정성에 관한 작업을 하였다.

제품의 주재료는 MC나일론이고 핀, 핸들, 발판과 몸체를 연결하는 축은 STEEL이다. (해석을 할 때 기어는 무시한다) 몸체는 바닥에 잘 지지되어 있고 핀으로 발판을 잘 고정되어 있다는 가정하에 응력, 변형률, 안전도를 확인 해 보았다.

- 안전율 (Safety Factor)

$$\text{안전율} = \frac{\text{항복응력}}{\text{허용응력}}$$

- 허용 인장 응력

인장에 대한 강도로서, 인장 하중에 대한 응력, 소위 인장 응력의 허용 값을 말하며 연강의 허용 인장 응력은 인장 강도의 1/4 값으로 되어 있다.

- 허용 응력 이란?

사용응력 : 보통 사용 중에 있는 응력, σ_w

허용응력 : 사용응력에서 정한 안전한 범위에서의 최대 응력, σ_a

극한응력 : 재료가 견딜 수 있는 최대응력, $\sigma_u, \sigma_w \leq \sigma_a \leq \sigma_u$

3. 해석 방법 및 조건

구 분	MC나일론	STEEL	ALUMINUM A356
질량 밀도	1.15e-004	7.829e-006	2.67e-006
탄성계수	3100	206940	72000
포와송 비	0	0.288	0.33
열팽창계수	9e-005	0.179e-005	2.15e-055
비열	0	0	963
인장강도	81(50)	257.79	221
전도율	0.00029	0.055672	0.151

<표 4-1> 물성치

해석을 하기 위해 3D 모델링을 불러와 제품의 재료에 관한 물성치를 입력한다. 물성치에 따라 제품의 안전율, 변형의 차이가 있으므로 정확하게 작성을 하여 입력한다. 제품의 주 재료인 MC나일론은 비금속에 속하므로 비교를 위해 금속에 속하는 STEEL과 비철금속인 ALUMINUM을 사용하여 해석을 하였다.

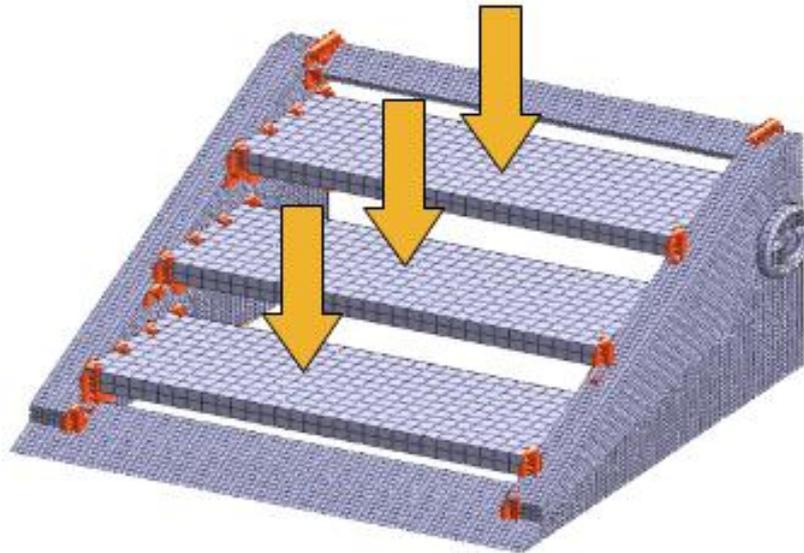
4. 구속조건

하중을 견디는 발판과 발판을 고정하여 바닥과 연결되는 몸체, 발판을 움직이지 않게 고정하는 핀에 구속을 주어 실험을 하였다. 하중은 질량과 중력 가속도 ($a = 9.81\text{m/s}^2$)을 고려해야 한다. 따라서 발판과 몸체가 연결되는 부분과 발판을 지탱하는 축에는 양방향 미끄러짐을 설정하고 하중을 받는 발판에는 하중을 설정하였다.

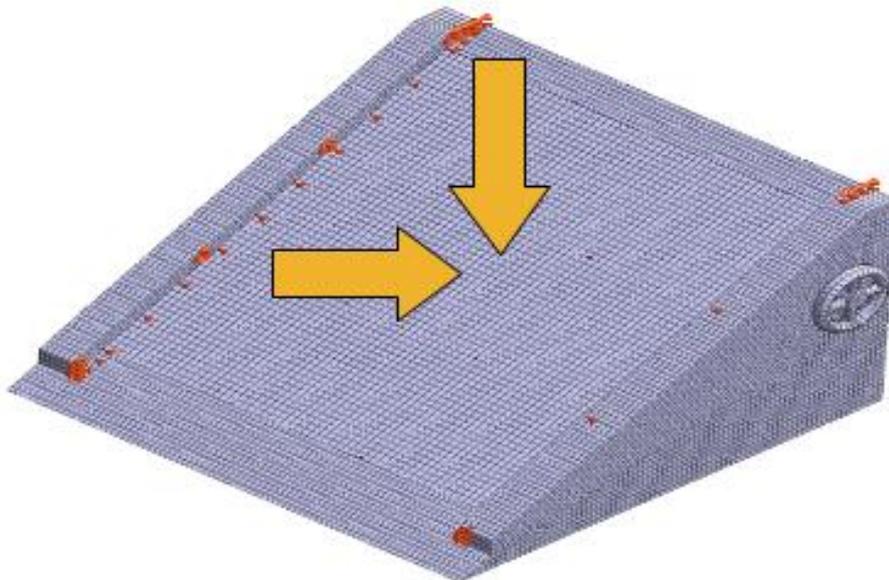
경계조건을 설정하고 계단의 특성을 고려하여 메시 크기를 설정한다. 사전에 3D 모델링된 제품을 요소망 생성을 통하여 자동육면체 메시를 생성한다. 요소망 크기를 계단과 경사에 똑같이 10으로 주어 해석을 하였다. 물성치 지정과 분포하중 및 집중하중을 고려한 경계조건 설정 등 모든 설정을 끝나면 해석 작업에 들어간다.

<그림 4-1>은 계단에 구속을 준 모습이며, <그림4-2>는 경사일 때 구속을 준 모습입니다. 계단일 때는 화살표 방향으로 하중을 주었으며 경사일 때는 \cos 을 사용하여 x축의 값은 889.087N, y축의 값은 414.588N 으로 구하여 하중을 주었다.

NFX를 이용하는 가장 큰 목적은 하중에 따른 안전율, 변형에 관해서 알아보는 것이기 때문에 <표 4-1> 물성치의 물성치표를 사용하여 해석 하도록 한다.



<그림 4-1> 계단 구속조건을 준 모습

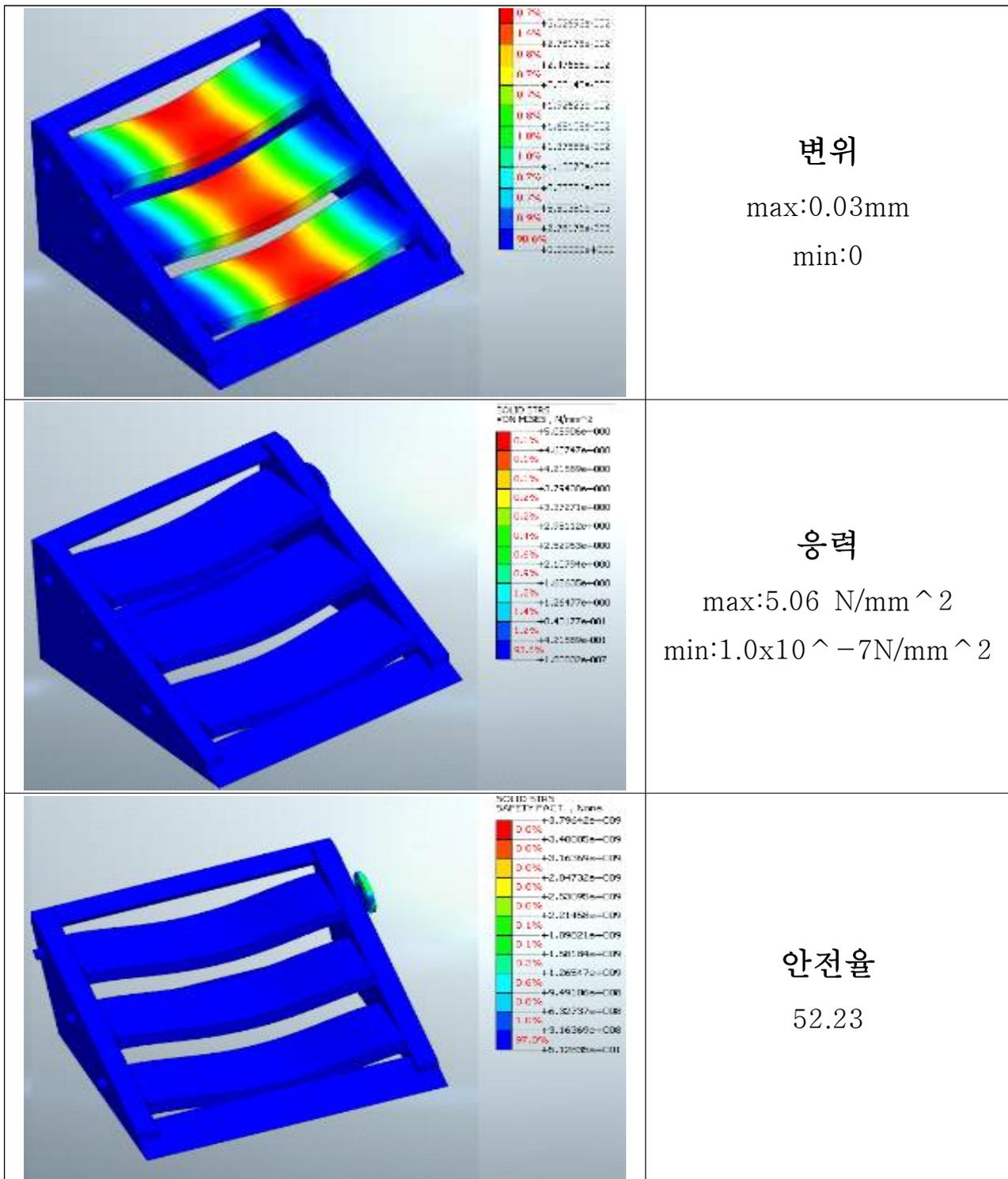


<그림4-2> 경사 구속조건을 준 모습

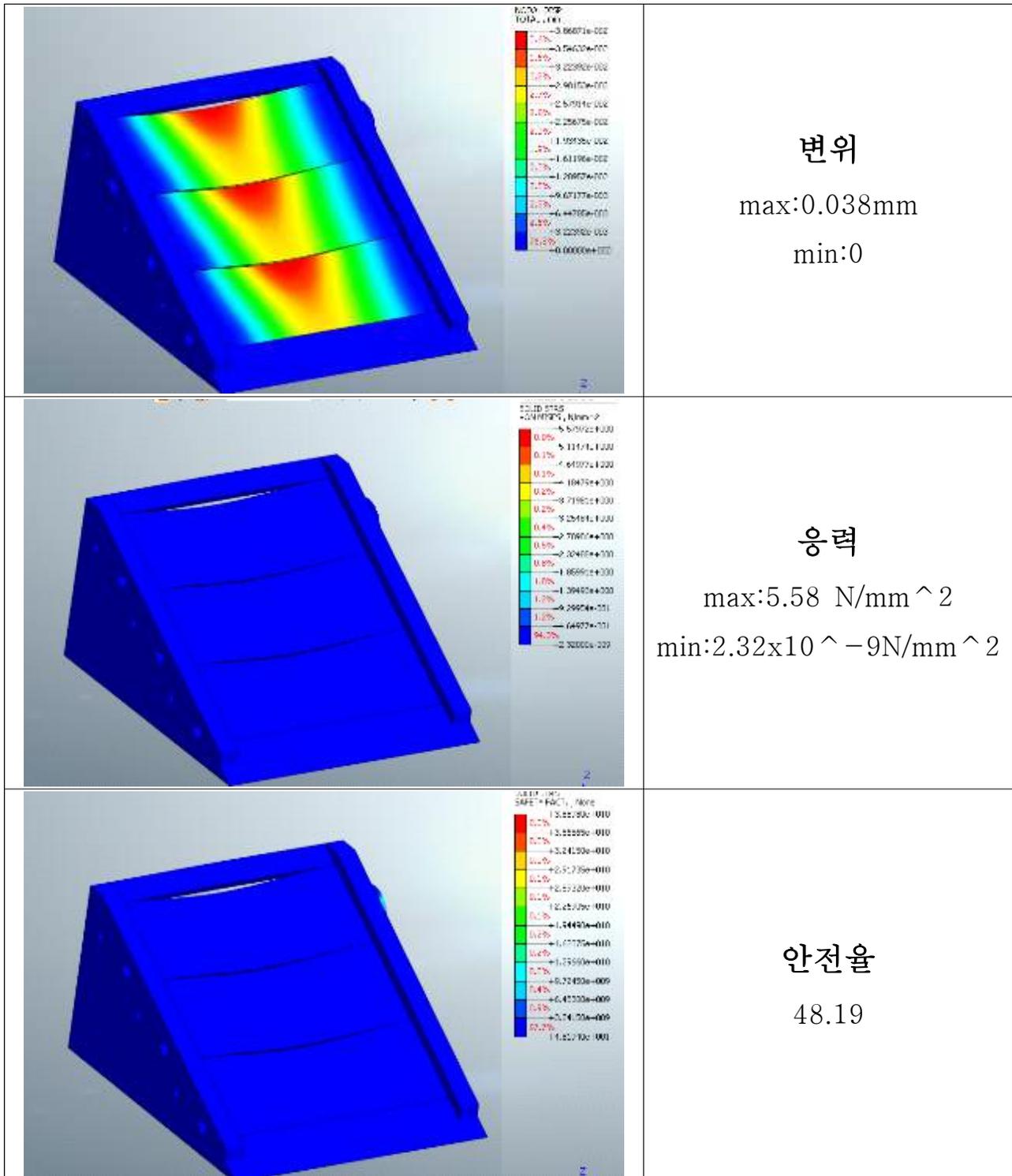
5. 해석 실행

하중 100KG을 주어 동일한 조건을 사용하여 재료만 바꾸어 금속인 STEEL, 비철금속인 ALUMINUM, 비금속인 MC나일론을 사용하여 해석을 실행 하였다.

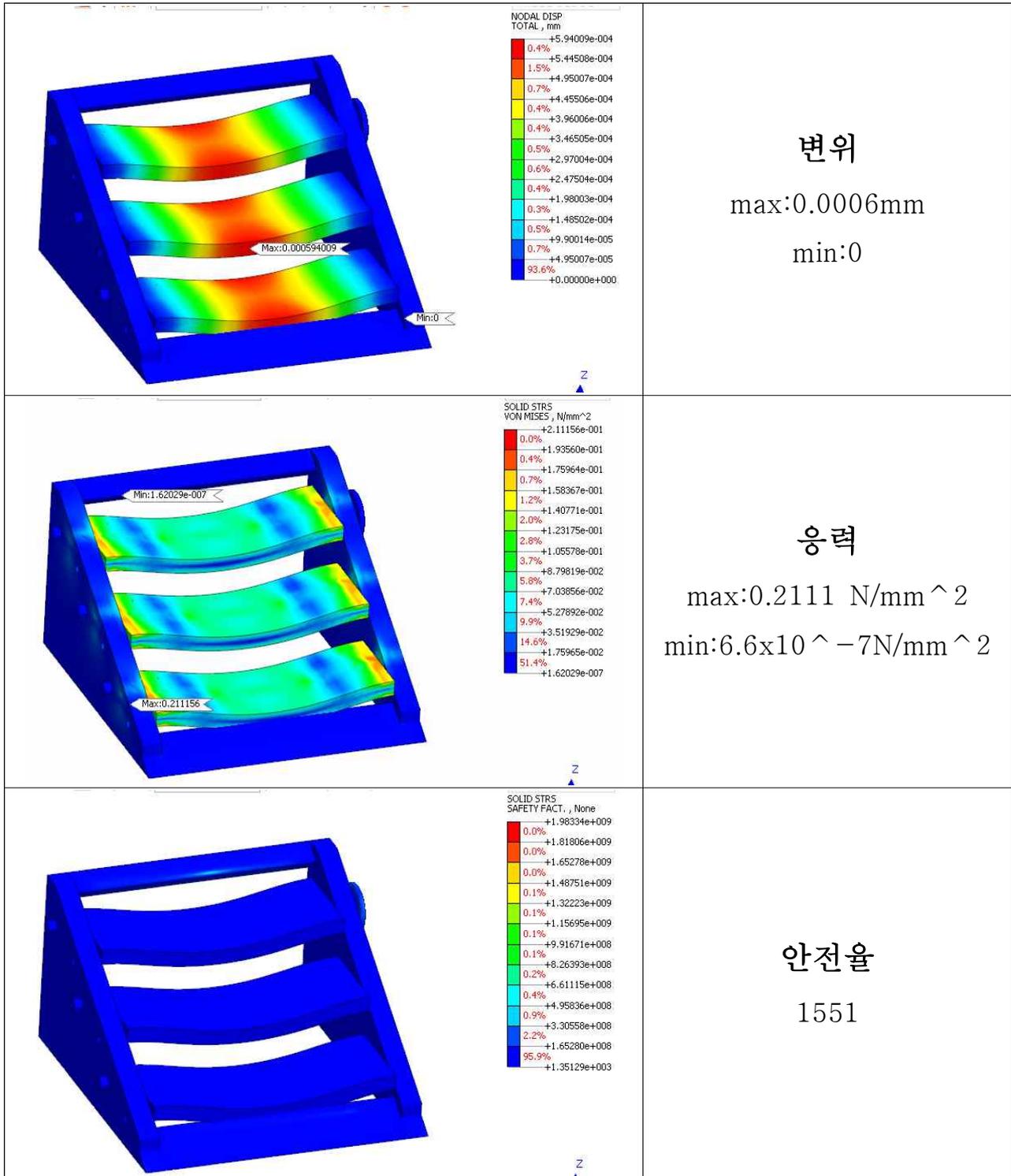
1-1. MC나일론 계단일 경우



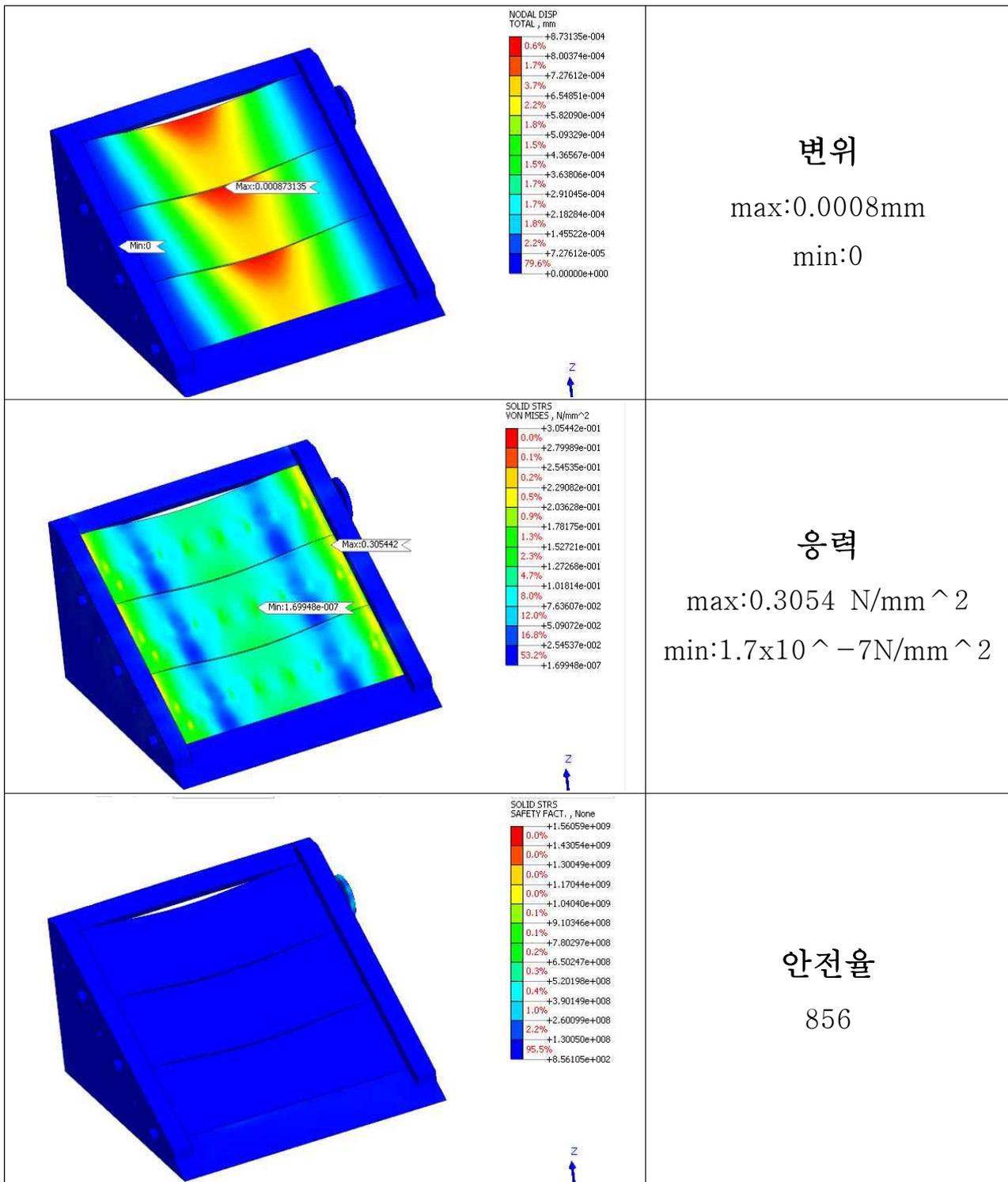
1-2. MC나일론 경사일 경우



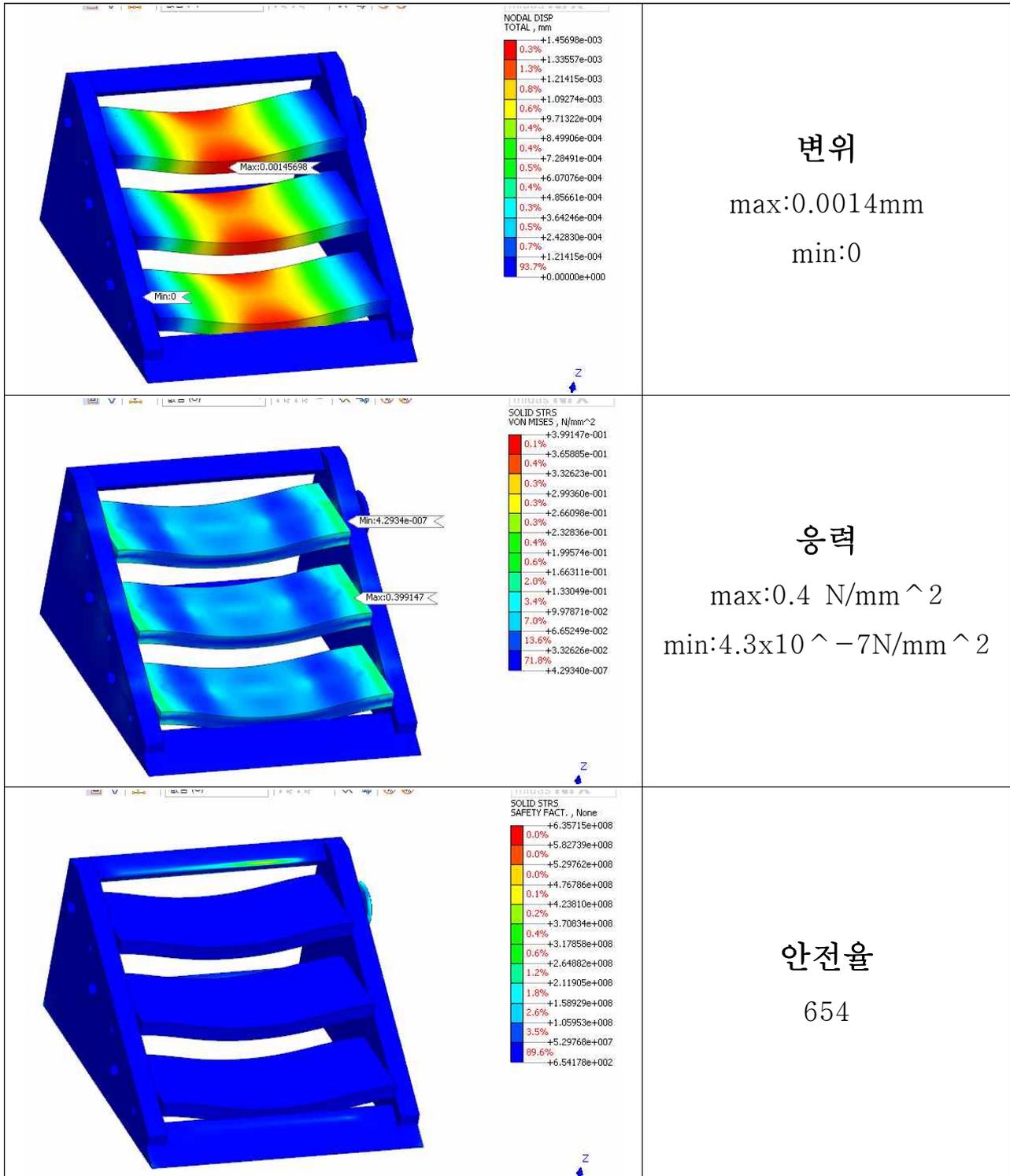
2-1. STEEL 계단일 경우



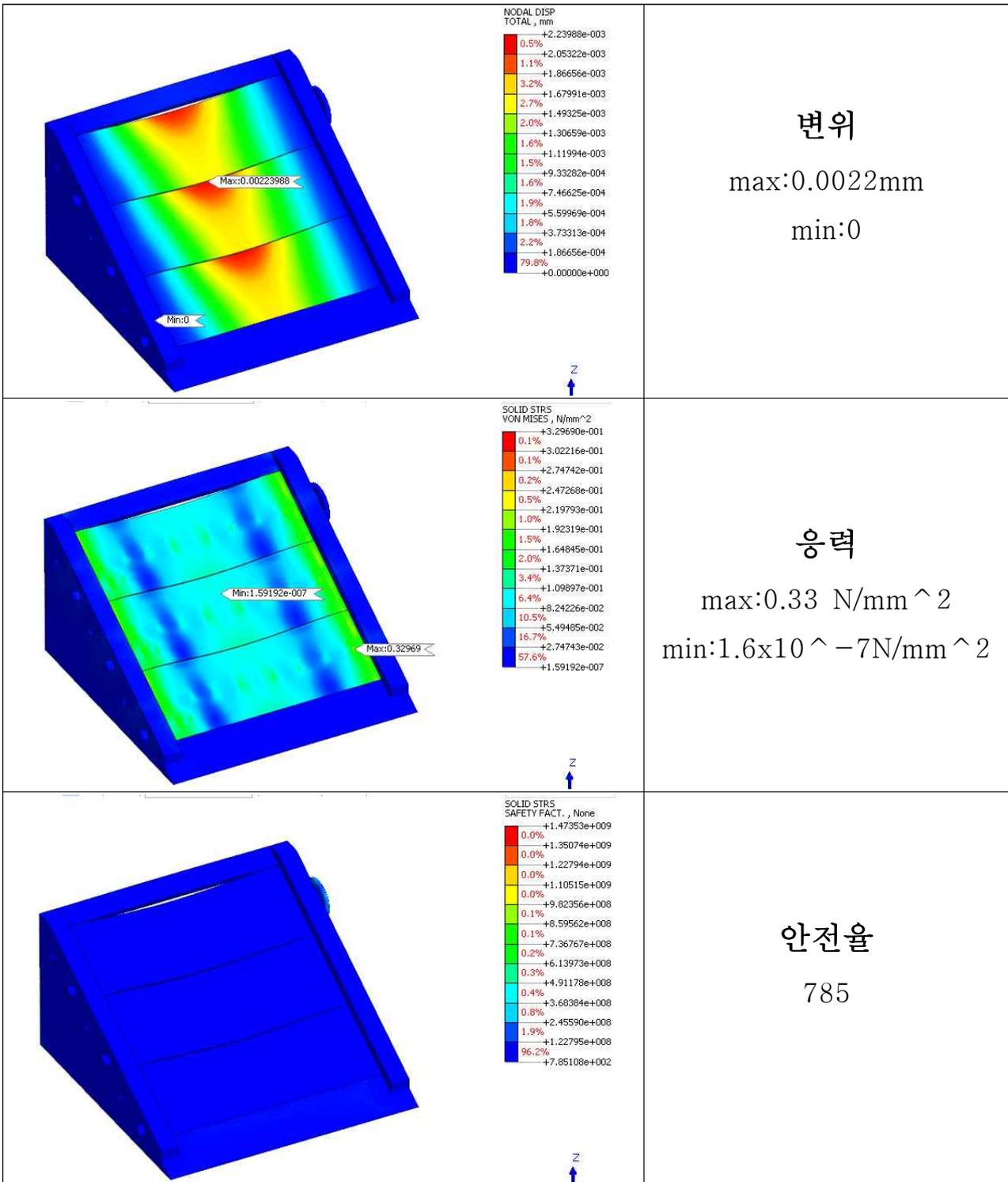
2-2. STEEL 경사일 경우



3-1. ALUMINUM A356 계단일 경우



3-2. ALUMINUM A356 경사일 경우



제 2절 시험결과

	변위	응력	안전율
MC 나일론	max:0.03mm	max:5.06 N/mm ²	52.23
	min:0	min:1.0x10 ⁻⁷ N/mm ²	
STEEL	max:0.0006mm	max:0.2111 N/mm ²	1551
	min:0	min:6.6x10 ⁻⁷ N/mm ²	
Aluminum	max:0.0014mm	max:0.4 N/mm ²	654
	min:0	min:4.3x10 ⁻⁷ N/mm ²	

<표 4-2 계단일 경우>

	변위	응력	안전율
MC 나일론	max:0.038mm	max:5.58 N/mm ²	48.19
	min:0	min:2.32x10 ⁻⁹ N/mm ²	
STEEL	max:0.0008mm	max:0.3054 N/mm ²	856
	min:0	min:1.7x10 ⁻⁷ N/mm ²	
Aluminum	max:0.0022mm	max:0.33 N/mm ²	785
	min:0	min:1.6x10 ⁻⁷ N/mm ²	

<표 4-3 경사일 경우>

계단을 경사로 변경하는 실험을 하였을 때 체인기어로만 고정을 하였을 경우 최대 하중을 초과할 경우 발판이 뒤로 넘어가는 현상이 발생하여 각 발판을 고정하는 핀을 설계하였다.

<표 4-2 계단일 경우>, <표 4-3 경사일 경우>를 통해서 알 수 있듯이 이번 해석을 통하여 계단과 경사의 안전율과 변위, 응력을 알 수 있었고, MC나일론의 계단의 안전율은 51, 경사는 48이며, STEEL의 계단의 안전율은 1551, 경사는 856이다. 두 제품의 안전율은 경사보다 계단일 때 안전율이 더 높다는 것을 알 수 있다. ALUMINUM의 경우에는 계단의 안전율은 654이며, 경사는 785로 계단보다 경사가 안전율이 더 높다는 것을 확인할 수 있다.

실험결과 안전율의 경우 2~3사이에 분포를 하여야 효율적이며 안전한 제품이지만 본제품의 경우 안전율이 50에 가깝게 나와 안전하지만 효율은 떨어진다는 것을 알 수 있다.

제 5장 결론

제 1절 결론

“수동 변형 계단”은 시중에 나와 있는 제품들과 비교하였을 때, 기존의 방식은 컨베이어 벨트를 사용하거나 각 발판의 앞부분을 펼쳐서 경사로 만드는 방식을 채택하여 변형에 효율성을 높였다. 하지만 기존의 방식은 무게가 많이 나가고 공간을 많이 차지하여 비효율적이기 때문에 수동 변형 계단을 설계할 때 공간적인 효율성에 차이점을 두고 설계하고 연구를 하였다.

첫 번째, 수동 변형 계단에 하중 100KG을 주었을 때 안전율이 51이 나와 계단을 사용 하였을 때 최대 200KG까지 버티 물건을 옮길 수 있는 수치를 얻을 수 있었다.

두 번째, 수동 변형 계단에 관련된 자료들을 시장조사 하였으며 계단에서 경사로 변경하기 위해 필요한 체인벨트와 계단의 규격의 자료를 수집하여 기초적인 지식과 교수님과의 면담을 통하여 제품의 실현가능성과 기업에 관하여 들으면서 제품의 제작에 완성도를 높여 시험하여 결과 치를 얻을 수 있었다.

세 번째, 주제를 선정하여 CATIA를 통하여 제품을 설계하여 업체를 선정 후 업체를 방문하여 토의를 하면서 제품을 제작하였다. 계단에 하중치를 공학적인 측면에서 계산하여 문제점을 개선하여 연구를 하였다.

네 번째, 업체와의 자문을 바탕으로 제품의 문제점인 체인 벨트만 사용하였을 때 최대 하중치를 넘어갈 경우 발판이 뒤로 넘어가는 현상을 개선하기위해 각 발판에 고정핀을 사용하여 발판이 뒤로 넘어가는 현상을 개선하였다.

다섯 번째, 핀을 설계하여 NFX 프로그램을 이용하여 시험한 결과 MC나일론 계단의 안전율은 51, 경사는 48이며, STEEL의 계단의 안전율은 1551, 경사는 856이다. 두 재품의 안전율은 경사보다 계단일 때 안전율이 더 높다는 것을 알 수 있다. ALUMINUM의 경우에는 계단의 안전율은 654이며, 경사는 785로 계단보다 경사가 안전율이 더 높다는 것을 확인하여 시험 할 수 있었다.

이 모든 것을 종합하면 수동변형계단은 최대200KG 까지 버틸 수 있으며 수동 변형계단에 관련된 시장조사 및 특허조사를 하였으며 CATIA를 이용하여 도면을 제작하고 도면을 통해 하중치를 공학적으로 계산하여 문제점을 계산하였다.

업체와의 미팅을 통해 제품의 문제점인 체인 벨트만 사용하였을 때 발판이 뒤로 넘어가는 현상을 개선하기 위해 각 발판에 고정핀을 사용하여 발판이 뒤로 넘어가는 현상을 개선하였다.

제품을 완성했지만 안전율이 많이 높아 제품설계에 문제점이 있다는 것을 알게 되었다.

제 2절 제언

수동 변형 계단을 제작하기까지 많은 시행착오가 있었다. 학교에서 배운 이론적인 부분과 미처 알지 못했던 부분까지 새로 배우고 익히며 설계 프로그램을 진행 하였다. 학과 수업으로 배운 CAD, CATIA를 통해 생각한 제품을 설계하였다. CATIA를 통해 설계된 3D제품을 교내에서 제작하려 했으나, 교내에서 제품을 제작하기에 제품의 크기가 커서 제작하기에 어려움을 느껴 외부업체에 자문을 구하여 제작을 하였다.

우리 팀이 생각하는 방식과 업체에서 생각하는 방식의 차이로 인하여 제작 과정에 상대적으로 불필요한 요소가 많이 들어가 있다는 것을 알게 되었다. 외부 업체의 자문을 구하며 부족한 지식을 업체를 통해 얻을 수 있었고, 전공에서 배운 지식과 실전에서 얻는 지식의 차이점을 알 수 있었다.

제작 후 NFX 프로그램을 이용하여 계단의 안전율을 알 수 있었고, 안전율이 비효율적으로 크다는 것을 알았다. 그래서 두께를 최적화 하고 계단의 무게를 경량화 하여 사용함에 있어서 불편함을 줄일 수 있고, 제작비를 줄일 수 있었을 것이라고 생각이 들었다.

이번 과제를 통해서 제품 제작 시 정밀도를 필요로 한다는 것을 알게 되었고, 아이디어를 구현하기 위한 다양한 방법과 제품들이 있는데 아직 그런 지식이 부족하다는 것을 알 수 있었습니다. 그리고 설계를 하고 시험을 통해 제작을 하지 않고 제작을 먼저 하여 시험을 하여 불필요한 지출과 문제점을 알 수 있었으나 문제점을 고칠 수 없어서 아쉬웠다.

[참고문헌]

(시장조사)

1. MC 나일론 : http://www.ilpoong.co.kr/home/minutely.php?goods_id=2

(출처 : 일풍 산업)

2. 체인벨트:

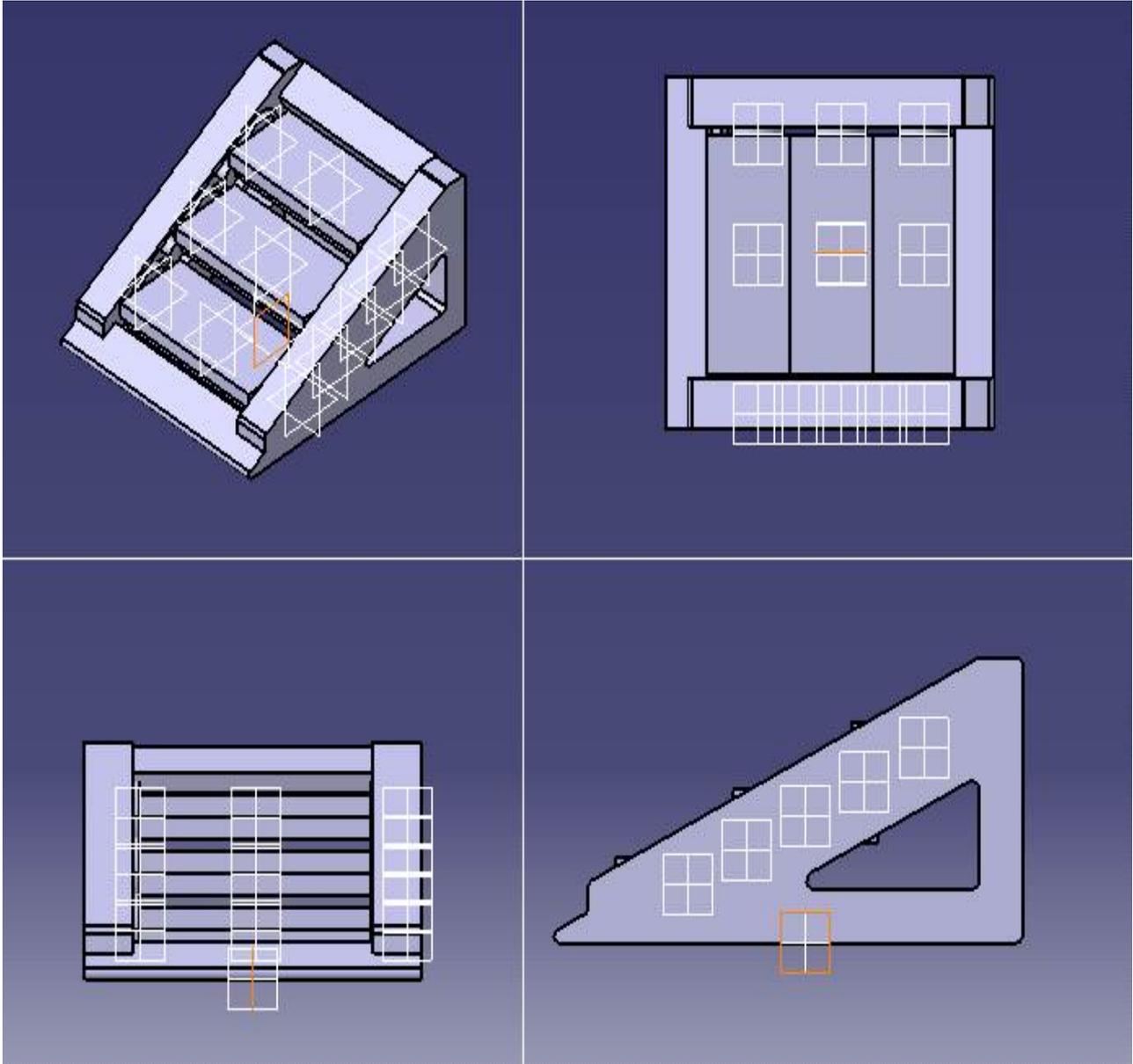
<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1234871&ref=y&cid=40942&categoryId=3235> (출처 :네이버 지식 백과)

(특허 조사)

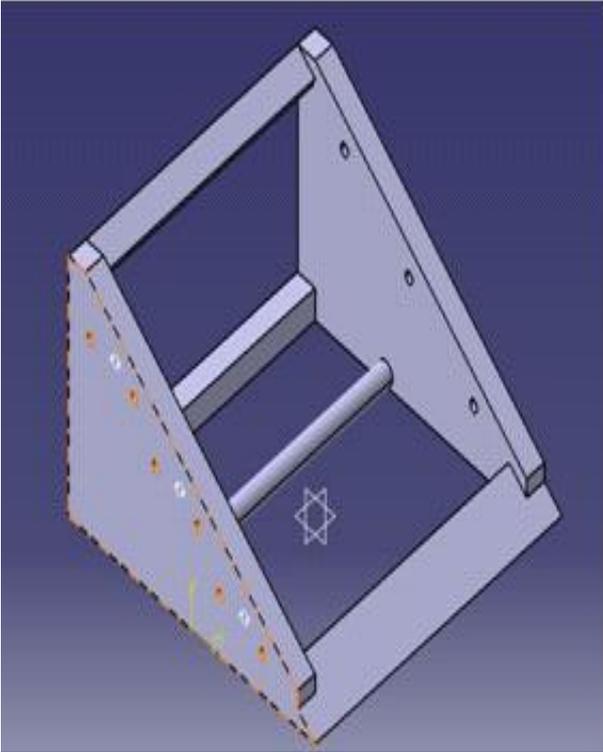
1. 홍종화, 2001“버스의 비상구에 구비된 보조계단”
특허실용) 출원번호: 1020010040079 (2001.07.05.)
출처: 서울 특허청
2. 임명구, 2007“거절 경사로로 변형 가능한 계단”
특허실용) 출원번호: 1020070093947 (2007.09.17.)
출처: 서울 특허청
3. 김동헌, 허찬녕 2013“바퀴구동 장치의 통행을 위한
가변형 스마트 계단”
특허실용) 출원번호: 1020130139114 (2013.11.15)
출처: 서울 특허청

[부록]

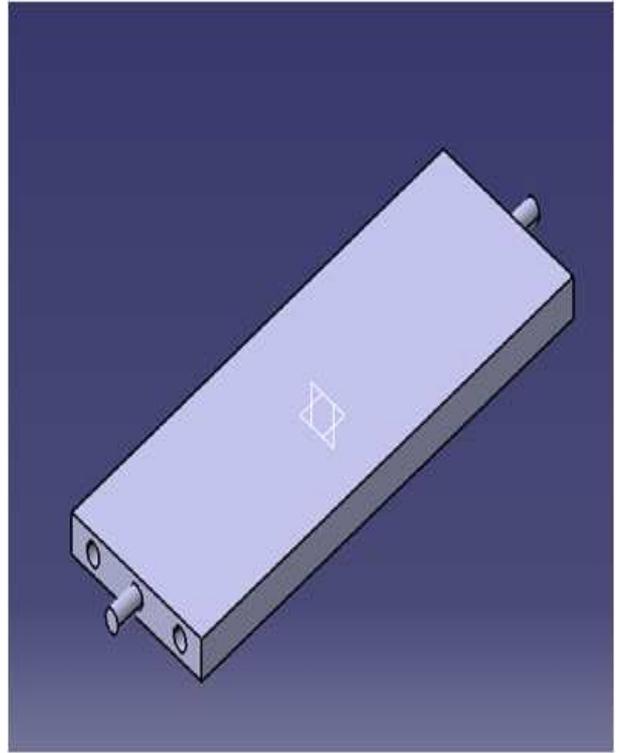
부록 1. 3D 모형도 및 형상



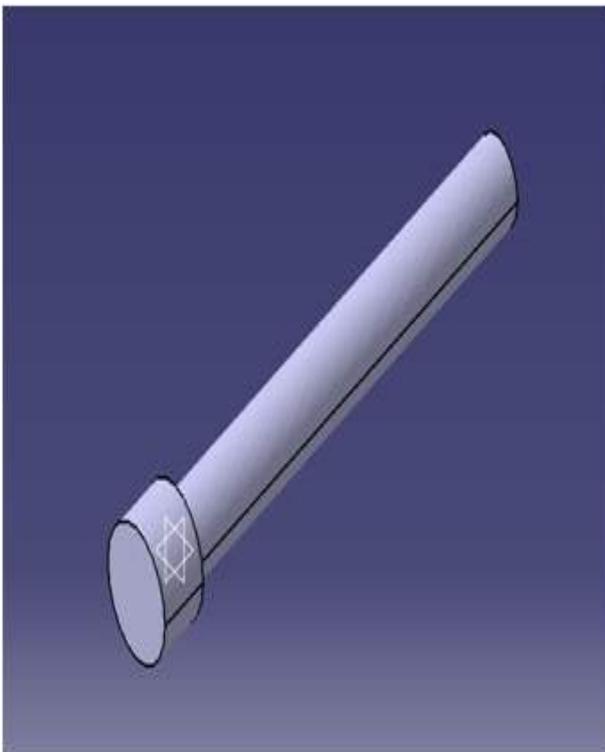
부록 1. 3D 모형도 및 형상



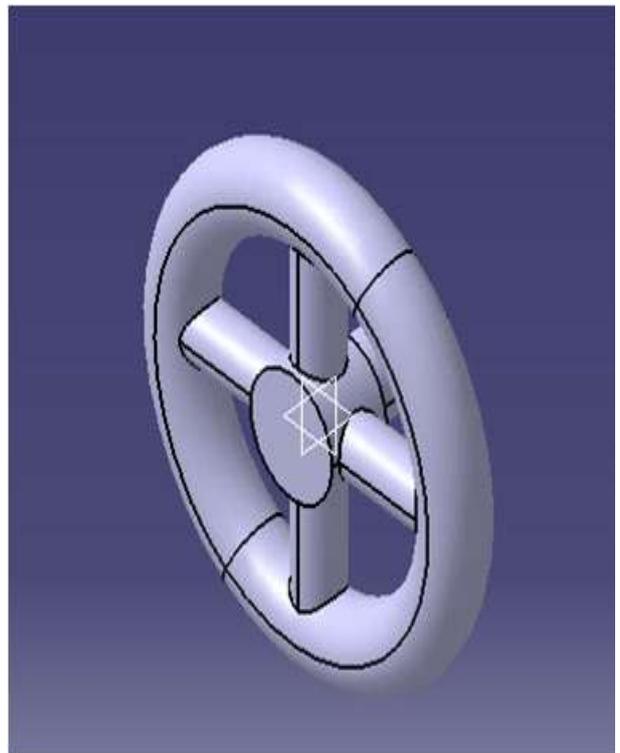
몸통 형상



계단 형상

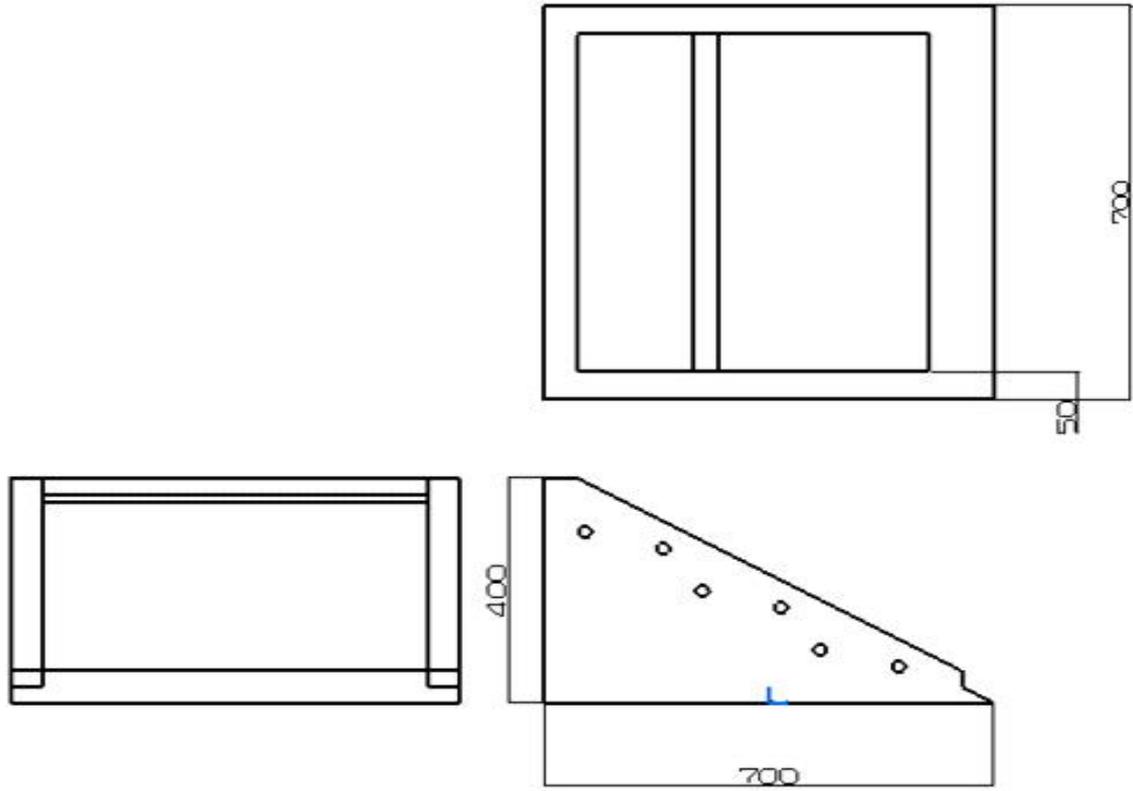


핀 형상

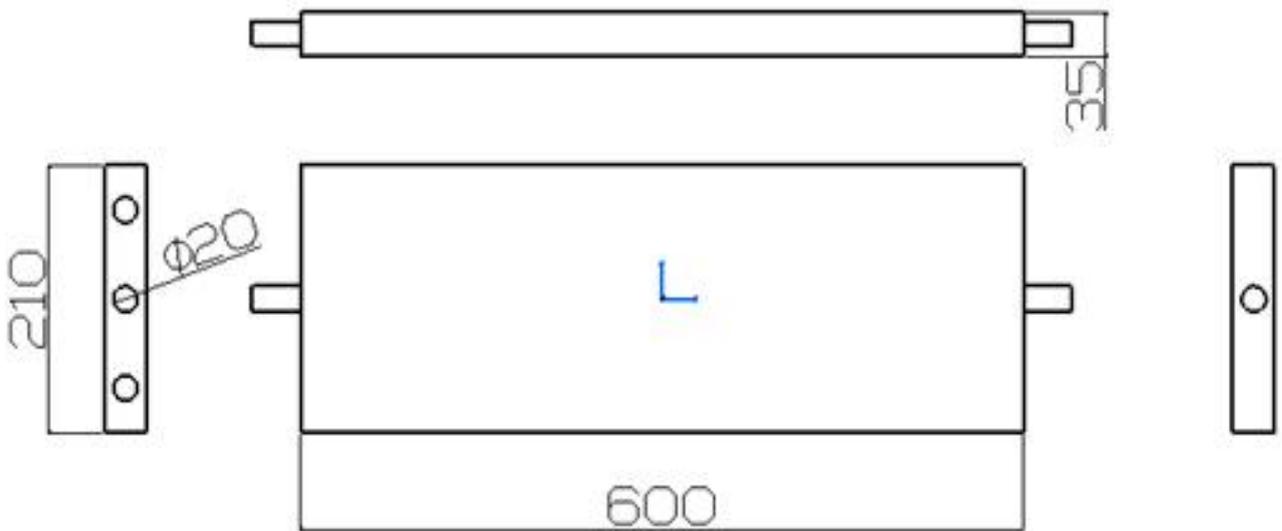


핸들 형상

부록 2. 몸통, 계단 2D 도면

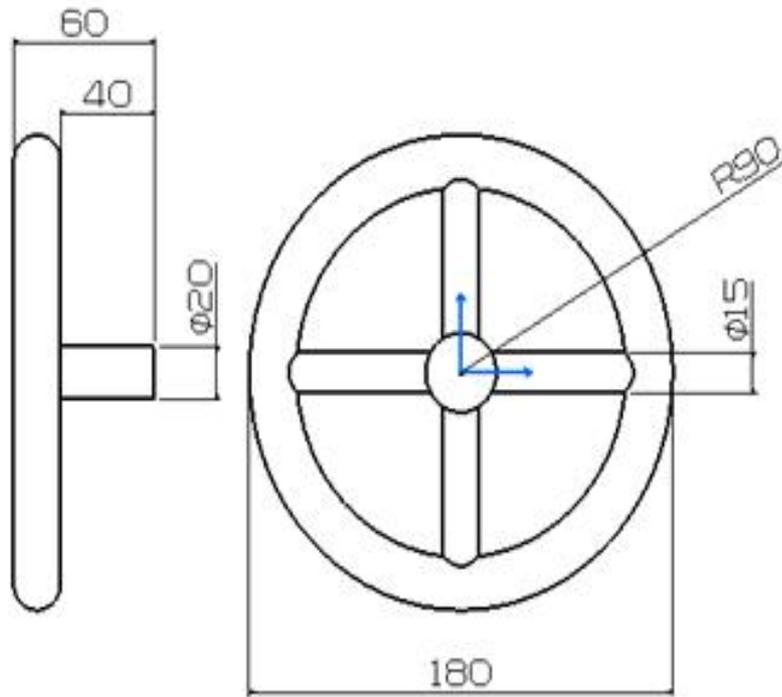


몸통 2D 도면

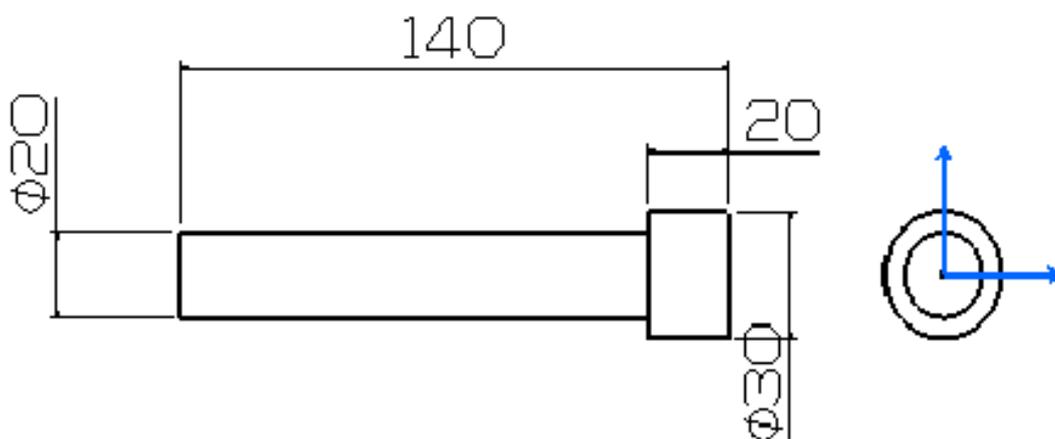


계단 2D 도면

부록 3. 핸들, 핀 2D 도면



핸들 2D 도면



핀 2D 도면