



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2017 년 2 월
석사학위논문

LED 융합조명 자동화 조립
시스템의 피더에 관한 구조해석 및
동특성 해석

조선대학교 대학원

기계공학과

추세웅

LED 융합조명 자동화 조립 시스템의 피더에 관한 구조해석 및 동특성 해석

Analysis of structural and Dynamic Characteristics of
Feeder for Automatic Assembly System of LED
Convergency Lighting Module

2017년 2월 24일

조선대학교 대학원

기계공학과

추세웅

LED 융합조명 자동화 조립
시스템의 피더에 관한 구조해석 및
동특성 해석

지도교수 정 상 화

이 논문을 공학석사학위신청 논문으로 제출함

2016년 10월

조선대학교 대학원

기 계 공 학 과

추 세 응

추세웅의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 장완식 印

위 원 조선대학교 교수 정재강 印

위 원 조선대학교 교수 정상화 印

2016년 11월

조선대학교 대학원

목 차

LIST OF TABLES	III
LIST OF FIGURES	IV
ABSTRACT	VI
제1장 서 론.....	1
제1절 연구 배경	1
제2절 연구 동향	3
제3절 연구내용 및 방법	3
제2장 반자동 피더 시스템	7
제1절 LED 융합조명 자동화 조립 시스템의 공정	7
제2절 반자동 피더 시스템의 구조 및 구조해석.....	9
1. 시험하중에 의한 피더의 안정성 및 피로수명 분석..	12
2. 피더의 한계하중 분석.....	18
제3절 반자동 피더 시스템의 이송라인 벨트 동특성 분석...	22

제3장 전자동 피더 시스템27

 제1절 전자동 피더 시스템의 공정 및 구조27

 제2절 전자동 피더 시스템의 구조해석32

 1. 시험하중에 의한 피더의 안정성 및 피로수명 분석...32

 2. 전자동 LED 패널 피더 시스템의 모델별 안정성 비교.. 37

 제3절 전자동 피더 시스템의 가상시제품 개발 41

 1. LED 패널 피더의 가상시제품 시뮬레이션..... 41

 2. 확산판 커버 피더의 가상시제품 시뮬레이션..... 51

제4장 결 론 62

참 고 문 헌 64

LIST OF TABLES

Table 2-1 Material properties of semi-automated feeder	11
Table 2-2 Analysis results of semi-automated LED panel feeder	13
Table 2-3 Analysis results of semi-automated diffusion cover feeder	15
Table 2-4 Analysis results for limit load of semi-automated LED panel feeder	19
Table 2-5 Analysis results for limit load of semi-automated diffusion cover feeder	21
Table 3-1 Material properties of automated feeder	31
Table 3-2 Analysis results of automated LED panel feeder	33
Table 3-3 Analysis results of automated diffusion cover feeder	35
Table 3-4 Analysis results of comparison for feeder model	40

LIST OF FIGURES

Fig. 1-1 Conveyor belt of manual operation LED production system	3
Fig. 1-2 Semi Automatic LED production system	4
Fig. 1-3 Flow chart for research in this thesis	6
Fig. 2-1 Automated assembly system of LED Convergency Lighting	7
Fig. 2-2 Process flow of automated assembly system	8
Fig. 2-3 Structure of semi-automated LED panel feeder	9
Fig. 2-4 Structure of semi-automated diffusion cover feeder	9
Fig. 2-5 Force condition of semi-automated LED panel feeder	10
Fig. 2-6 Force condition of semi-automated diffusion cover feeder	11
Fig. 2-7 Total deformation of semi-automated LED panel feeder	12
Fig. 2-8 Equivalent stress of semi-automated LED panel feeder	13
Fig. 2-9 Safety factor of semi-automated LED panel feeder	13
Fig. 2-10 Total deformation of semi-automated diffusion cover feeder	14
Fig. 2-11 Equivalent stress of semi-automated diffusion cover feeder	14
Fig. 2-12 Safety factor of semi-automated diffusion cover feeder	15
Fig. 2-13 Goodman fatigue model	16
Fig. 2-14 Fatigue life of existing LED panel feeder	17
Fig. 2-15 Fatigue life of existing diffusion cover feeder	17
Fig. 2-16 Total deformation for limit load of semi-automated LED panel	

feeder 18

Fig. 2-17 Equivalent stress for limit load of semi-automated LED panel feeder 18

feeder 19

Fig. 2-18 Safety factor for limit load of semi-automated LED panel feeder 19

Fig. 2-19 Total deformation for limit load of semi-automated diffusion cover feeder 20

feeder 20

Fig. 2-20 Equivalent stress for limit load of semi-automated diffusion cover feeder 20

feeder 21

Fig. 2-21 Equivalent stress for limit load of semi-automated diffusion cover feeder 21

Fig. 2-22 Virtual prototype of semi-automated LED panel feeder 22

Fig. 2-23 Virtual prototype of semi-automated diffusion cover feeder 23

Fig. 2-24 Process of ADAMS modeling 23

Fig. 2-25 Belt tension of semi-automated LED panel feeder 24

Fig. 2-26 Actuator torque of semi-automated LED panel feeder 25

Fig. 2-27 Angular acceleration and velocity of driving pulley for semi-automated LED panel feeder 25

Fig. 2-28 Belt tension of semi-automated diffusion cover feeder 26

Fig. 2-29 Actuator torque of semi-automated diffusion cover feeder 26

Fig. 2-30 Angular acceleration and velocity of driving pulley for semi-automated diffusion cover feeder 26

Fig. 3-1 Structure of automated LED panel feeder 28

Fig. 3-2 Magazine of automated LED panel feeder 28
Fig. 3-3 Structure of automated diffusion cover feeder 29
Fig. 3-4 Magazine cartridge of automated diffusion cover feeder 29
Fig. 3-5 Force condition of automated LED panel feeder 30
Fig. 3-6 Force condition of automated diffusion cover feeder 30
Fig. 3-7 Total deformation of automated LED panel feeder 32
Fig. 3-8 Equivalent stress of automated LED panel feeder 33
Fig. 3-9 Safety factor of automated LED panel feeder 33
Fig. 3-10 Total deformation of automated diffusion cover feeder 34
Fig. 3-11 Equivalent stress of automated diffusion cover feeder 35
Fig. 3-12 Safety factor of automated diffusion cover feeder 35
Fig. 3-13 Fatigue life of automated LED panel feeder 36
Fig. 3-14 Fatigue life of automated diffusion cover feeder 36
Fig. 3-15 Structure of model_A 37
Fig. 3-16 Structure of model_B 37
Fig. 3-17 Total deformation of model_A 38
Fig. 3-18 Equivalent stress of model_A 39
Fig. 3-19 Safety factor of model_A 39
Fig. 3-20 Total deformation of model_B 39
Fig. 3-21 Equivalent stress of model_B 40
Fig. 3-22 Safety factor of model_B 40
Fig. 3-23 Process of automated LED panel feeder 42

Fig. 3-24 Magazine plate 43
Fig. 3-25 Dynamic characteristics of magazine plate 44
Fig. 3-26 Vacuum slide1 45
Fig. 3-27 Dynamic characteristics of vacuum slide1 46
Fig. 3-28 Vacuum slide2 47
Fig. 3-29 Dynamic characteristics of vacuum slide2 48
Fig. 3-30 Jig slide 49
Fig. 3-31 Dynamic characteristics of jig slide 50
**Fig. 3-32 Displacement for conveying unit of LED panel feeder during
 process time 51**
Fig. 3-33 Process of automated diffusion cover feeder 52
Fig. 3-34 Pusher plate slide 53
Fig. 3-35 Dynamic characteristics of pusher plate slide 54
Fig. 3-36 Cover plate slide 55
Fig. 3-37 Dynamic characteristics of cover plate slide 56
Fig. 3-38 Cover pusher 57
Fig. 3-39 Dynamic characteristics of cover pusher 58
Fig. 3-40 Vacuum slide1 59
Fig. 3-41 Dynamic characteristics of vacuum slide1 60
Fig. 3-42 Vacuum slide2 61
Fig. 3-43 Dynamic characteristics of vacuum slide2 62
Fig. 3-44 Displacement for conveying unit of diffusion cover feeder during

process time 63

ABSTRACT

Analysis of Structural and Dynamic Characteristics of Feeder for Automatic Assembly System of LED Convergency Lighting Module

Choo, Se Woong

Advisor : Prof. Jeong, Sang-Hwa, Ph.D.

Department of Mechanical Engineering,

Graduate School of Chosun University

In the current lighting market, LEDs that have a high luminous efficiency and a long life and consumes less power have emerged as next generation lighting. Owing to various designs and sizes of LEDs, the production process of existing LEDs requires manual labor. Because the production process of LEDs involves many tasks that require manual labor, the assembly of LEDs necessitates manpower. Owing to the use of manpower, the production costs of LEDs increases and production efficiency decreases. Recently, the assembly parts of LEDs have been standardized for minimizing manual labor, and an LED is developed as the LED panel. The automatic assembly system produces the LED convergency Lighting by assembling two LED panels and one diffusion cover. In order to increase the production efficiency of convergent LED lighting module, the development of a feeder that can continuously supply the LED

panels required whose design has sufficient stability is important. The automatic assembly system of convergent LED lighting module consists of two feeders, which convey LED panels and diffusion covers to a main conveyor, and it which assembles the lifted panels and covers.

In this study, structural analysis and fatigue life for forced loads on conveyer line of feeder in process lifting LED Panel and Diffusion Cover of each feeder were analyzed. In addition, the driving behavior of the belt consisted of the conveyor line of each feeder was simulated, and the dynamic characteristics of the belt is analyzed using the virtual engineering method.

제 1 장 서 론

제1절 연구 배경

현재 조명시장에서는 LCD 조명에 비해 작은 소비전력으로 높은 광 효율을 가지고 있으며 비교적 수명이 긴 LED 조명이 차세대 조명으로 부상되고 있다. 기존 LED 조명의 생산과정은 조명의 디자인과 크기의 다양성 때문에 대부분의 생산과정들이 수작업으로 진행되고 있다. 기존 공정과정에서 수작업이 많아지므로 조립 작업에는 많은 인력들이 필요하여 LED 조명의 생산단가는 올라가게 되고 생산 효율이 낮아지게 된다. 최근에는 조명의 조립 공정에서 수작업을 최소화하기 위해 LED 조명의 조립부품들을 자동화 조립 시스템에 맞추어 규격화하고 LED 융합조명에 사용되는 하나의 모듈로 개발하고 있다. LED 융합조명은 기존조명의 기능에 부가적인 기능을 포함하여 사용되는 원·부자재를 개발된 자동화 조립 시스템에 맞추어 표준화한 LED 조명의 개념이다. 자동화 조립 시스템은 한 공정에 두 개의 LED 패널과 하나의 확산판 커버를 조립하여 LED 융합조명의 모듈을 생산한다. LED 융합조명의 자동화 조립 시스템은 LED 패널과 확산판 커버를 이송하는 LED 패널 피더, 확산판 커버 피더 그리고 각각 이송된 LED 패널과 확산판 커버를 조립하는 메인 컨베이어로 구성되어 있다.

LED 융합조명을 지속적으로 조립하기 위해서는 각 피더에서 자재들을 메인 컨베이어에 공급 가능한 피더 시스템의 개발이 필요하며 구조적으로 충분한 안정성을 갖는 설계가 중요하다. 동적 모델링하기 위하여 수학적 모델링 등 여러 가지 방법이 사용되는데, 일반적으로 ADAMS(Automated Dynamic Analysis of Mechanical System)를 사용하여 시스템의 동특성을 분석한다. ADAMS는 시제품을 만들지 않고 가상시제품(Virtual Prototype)을 개발하여 복잡한 기계적인 시스템을 시뮬레이션 함으로써 시스템의 동적인 거동을 컴퓨터 화면에서 가시화할 수 있다. 가상시제품이란 기계적인 시스템을 하드웨어적인 시제품으로 만들지 않고 설계된 시스템을 모델링하여 실제와 같은 상황 하에 시뮬레이션하여 3차원적인 시스템의 동적 거동을 컴퓨터에 가시화하는 것을 말한다. 가상시제품은 시스템 개발의 설계상 문제점들을 발견하여 개발 시간을 단축할 수 있고, 하드웨어적인 시제품을 만들지 않음으로써 비용을 절감할 수 있다. 또한 여러 가지 설계 사양을 변화 시켜 시스템 성능을 쉽게 테스트할 수 있으므로 제품의 질을

향상시킬 수 있다^[4].

본 연구에서는 자동화 조립 시스템의 공정과정 중 피더에서 공급되는 자재들에 의해 발생하는 하중에 대한 LED 패널 피더와 확산판 커버 피더의 시스템 안정성을 분석하였다. 안정성 분석은 하중에 의해 발생하는 변형량과 시스템의 최대응력이 발생하는 위치와 최소 안전계수가 발생하는 부분들을 검토하였다. 또한, 자동화 조립 시스템에 부품을 지속적으로 공급하기 위해서 피더가 반복적으로 가해지는 하중에 대하여 충분한 수명을 갖추었는지 분석하였다. 피더의 이송 벨트는 가상 공학 기법을 이용하여 각 피더의 이송라인을 구성하는 구동벨트의 장력, 토크, 구동풀리의 각속도와 각가속도를 분석함으로써 벨트의 구동 성능을 테스트하였다. 피더 시스템에서 각 이송부의 변위, 속도, 가속도는 정해진 공정시간 동안 피더의 공정과정을 시뮬레이션하여 가상시제품을 개발하였고, 가상시제품에서 동적인 상태량을 도출하여 그래프로 확인하였다. 피더 시스템의 가상시제품의 결과는 시뮬레이션을 통하여 실제 공정과정처럼 구동시켜 동영상으로 가시화하였다.

제2절 연구 동향

초기 LED 조명 조립은 기존 램프군 대비 디자인의 다양성에 의하여 수동적인 수작업이 필요하다. 기존의 생산 방식은 컨베이어에 이송되어 지는 조립품들을 수작업으로 조립 및 스크류 작업 그리고 납땜작업을 하여 LED 조명을 조립하였다. 조립된 제품은 검사 측정장비로 옮겨져 수동으로 테스트된다. 초기의 LED 조명 생산시스템에서 제품별 QC 와 검측정은 기존의 양산 공정에서 전압검사와 에이징 시험 과정인 자동점멸 단일 과정을 수동으로 반복 수행하고, 검사와 시험을 완료한 LED 조명은 포장공정으로 이동된다. 열악한 환경과 관련 설비 부재의 원인으로 인해, 각 제품 단위별 정확한 신뢰성 항목 측정은 측정하지 못하였다. 기존의 수동 LED 조립 시스템은 Fig. 1-1에 나타낸 바와 같이 일정속도로 가동되는 컨베이어에서 LED 조명이 수작업으로 조립된다.



Fig. 1-1 Conveyor belt of manual operation LED production system

전 공정이 수동인 LED 조립시스템에서 더 발전된 반자동 LED 조명 조립 시스템은 조명 부품이 수동으로 컨베이어로 공급되고 수작업을 통하여 조명이 조립되는데 비해 전기적 안전검사와 특성검사 등이 자동으로 이루어진다. 반자동 조립 시스템은 조립과정에서는 수작업의 비중이 좀 더 줄어들고 일부의 검사시스템을 자동으로 개발하였다. 작업에 소모되는 인력은 5명 정도로 조립과정과 검사시스템으로 이송하는데 인력이 소모되는 실정이다. 현재 국내에서 개발 중인 LED 조명 자동화조립 시스템들은 반 제품화된 부품 모듈들을 조립 시스템에 반자동으로 투입하여 수작업을 거치지 않고 조립부터 완성품 검사까지 1~2명 정도의 인력만으로도 자동화 공정으로 완료할 수 있도록 개발하기 위해 연구되고 있다.



Fig. 1-2 Semi Automatic LED production system

제3절 연구내용 및 방법

LED 융합조명의 조립 시스템은 자동화 시스템에 맞추어 조명 부품을 개발함으로써 조립공정의 전 진행과정을 자동화하였다. 기존 피더 시스템은 반자동 형식으로 자재의 공급이 작업자에 의해 부품들이 이송라인에 탑재된다. 개발된 피더 시스템은 부품을 피더에 공급하는 시스템을 갖추어 피더에서 부품을 공급하는 과정부터 메인 컨베이어로 이송하는 과정까지 자동화하였다. 자동화된 조립 시스템에서 LED 융합조명을 지속적으로 조립하기 위해서는 시스템의 메인 컨베이어에 LED 패널과 확산판 커버를 공급하는 각 피더의 매거진 시스템이 구조적으로 안정성을 갖추어야한다. 개발된 자동화 시스템의 시제품을 제작하기 앞서, 시스템의 공정은 ADAMS를 이용하여 시물레이션 함으로써 각 피더 이송부의 동적 상태량을 분석하고 시스템에서 설계상 오류의 판단하는 과정이 필요하다. Fig. 1-3에 연구 진행 과정을 나타내었다.

본 연구에서는 LED 융합조명을 조립 중 각 피더시스템에서 패널과 커버의 무게에 의해 발생하는 하중에 대한 구조적 안정성과 지속적인 조립을 위한 시스템의 피로수명을 연구하였고, 개발된 피더의 자동화 공정을 시물레이션하여 임의의 공정시간 동안 각 피더에서 부품을 이송하는 이송부의 동적 특성량을 분석할 수 있는 가상시제품을 개발함으로써 시스템 파트별 공정시간을 분석하였다. 피더의 구조해석 데이터는 설계 및 개발 등에 활용하여 시스템의 최적화 설계에 사용할 수 있다. 피더의 가상시제품은 향후 자동화 조립 시스템 전체의 가상시제품과 자동화 조립 시스템의 알고리즘 및 시간당 생산횟수를 분석할 수 있는 분석 틀을 개발하여 자동화 시스템의 질을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문의 구성으로 1장에서는 연구배경과 관련 연구동향, 연구내용 및 방법에 대하여 기술하였고, 2장에서는 반자동화된 피더 시스템의 구조해석을 수행하고 이송라인 벨트의 구동성능을 테스트하였다. 3장에서는 자동화된 개발 피더 시스템의 구조해석과 시스템의 공정을 시물레이션하여 각 피더 이송부의 동적 상태량을 분석하였다. 4장에서는 본 연구의 결과를 설명하였고 향후 연구 방향에 대하여 제시하였다.

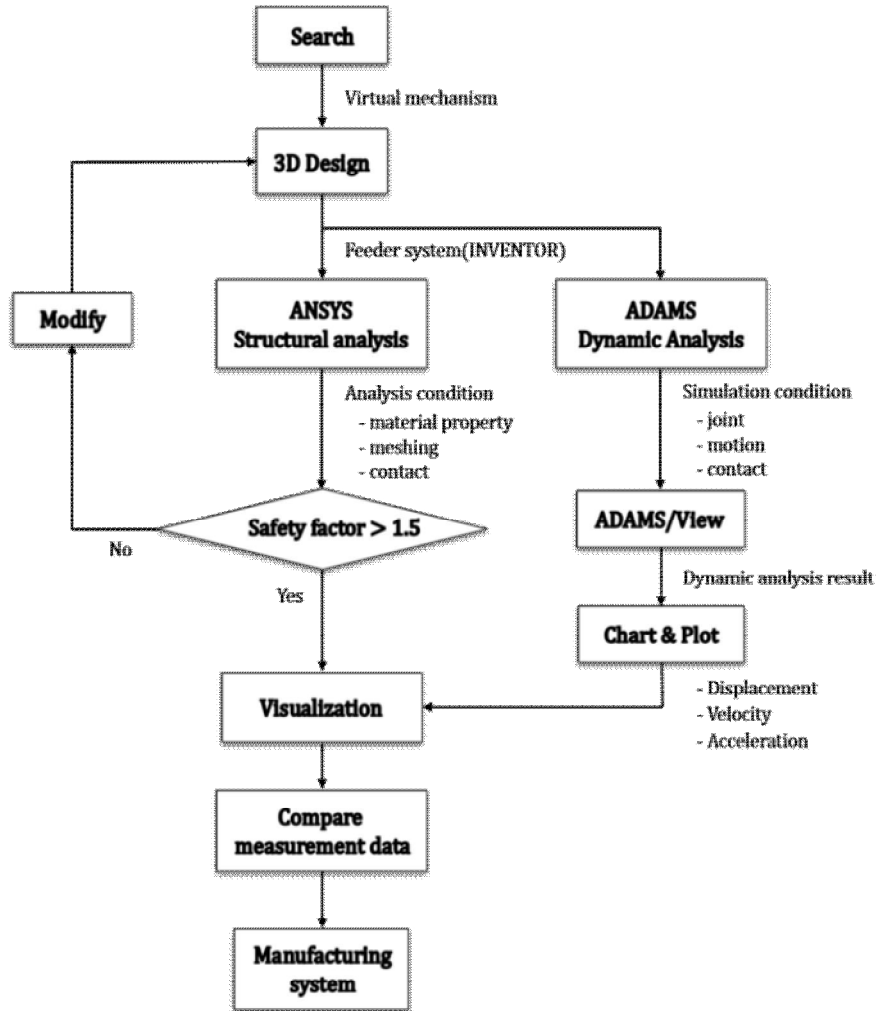


Fig. 1-3 Flow chart for research in this thesis

제 2 장 반자동 피더 시스템

제1절 LED 융합조명 자동화 조립 시스템의 공정

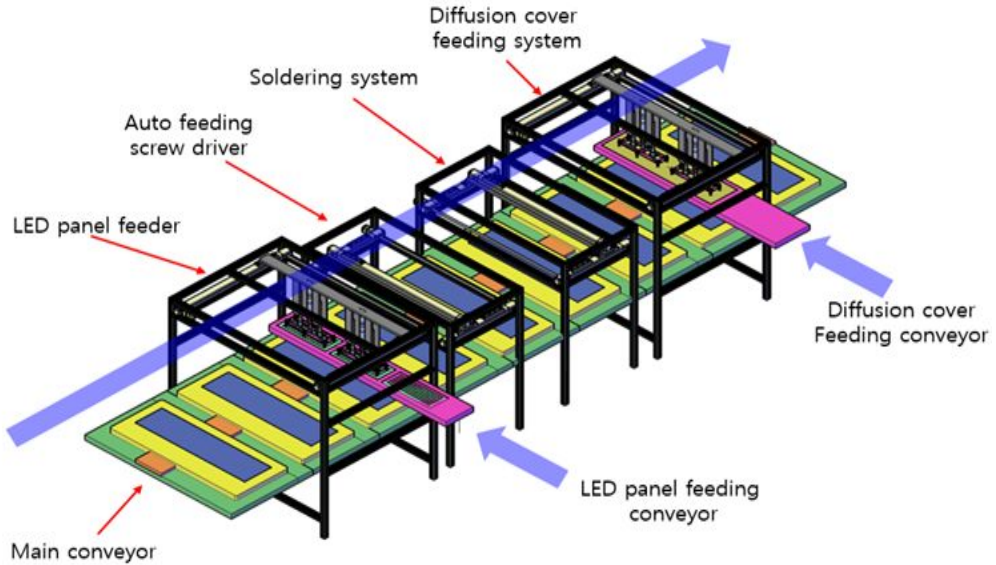


Fig. 2-1 Automated assembly system of LED convergency lighting

LED 융합조명은 두 개의 LED패널과 하나의 확산판 커버로 조립된다. LED 융합조명의 공정 구성도는 Fig. 2-1에 나타내었다. 메인 컨베이어의 지그(Jig)가 LED 패널 피더 쪽으로 이동되고 LED 패널 피더는 메인 컨베이어 쪽으로 두 개의 LED 패널을 공급한다. 공급된 두 개의 LED 패널은 진공척에 의해 메인컨베이어의 지그에 안착된다. 패널이 안착된 지그는 메인컨베이어를 따라 이동되어 스크류 드라이버(Auto feeding screw driver), 납땀(Soldering) 작업을 거친다. 납땀 작업 까지 마친 조립품은 확산판 커버 피더까지 이송되어 정지한다. 확산판 커버 피더에서 하나의 확산판 커버를 메인 컨베이어 쪽으로 이송하고, 커버는 진공척에 의해 메인 컨베이어의 조립품으로 이송된다. 이송된 확산판 커버는 프레스 작업을 통해 조립된 모듈에 안착된다. LED 융합조명의 조립과정은 Fig. 2-2에 나타내었다.

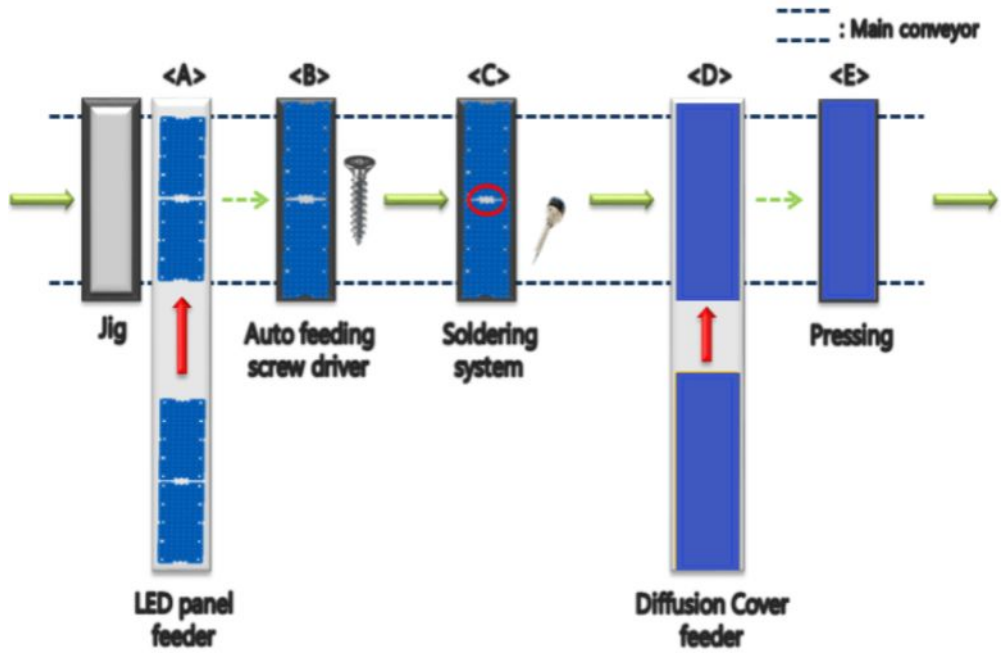


Fig. 2-2 Process flow of automated assembly system

제2절 반자동 피더 시스템의 구조 및 구조해석

반자동 LED 패널 피더와 확산판 커버 피더는 “ㄱ”자 형상으로 되어있고 메인 컨베이어는 비어 있는 공간에 위치한다. 각 피더는 LED 패널과 확산판 커버를 메인 컨베이어 벨트로 이송할 수 있는 이송라인 벨트가 있고, LED 패널과 확산판 커버는 수동으로 이송라인에 탑재되어 공급된다. 이송라인에 의해 공급된 LED 패널과 확산판 커버는 LED 융합조명의 조립에 이용되며, LED 융합조명 조립 1 cycle에는 두개의 LED 패널과 하나의 확산판 커버가 소모된다. 각 피더의 구조는 Fig. 2-3과 Fig. 2-4에 나타내었다.

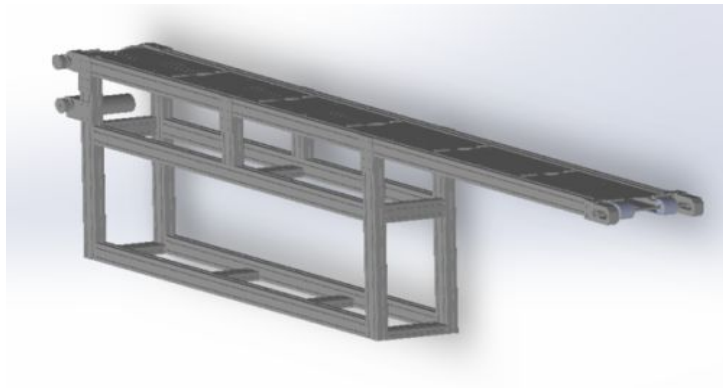


Fig. 2-3 Structure of semi-automated LED panel feeder

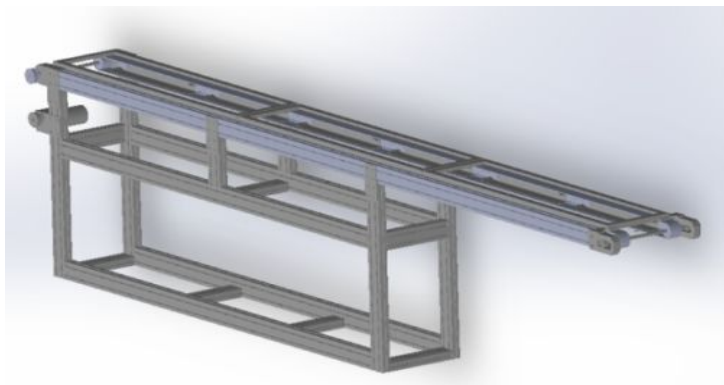


Fig. 2-4 Structure of semi-automated diffusion cover feeder

반자동 LED 패널 피더에 탑재되는 각 패널의 무게는 5 kg으로 피더에는 최대 6개의 패널을 탑재할 수 있고, 반자동 확산판 커버 피더에 탑재되는 각 커버의 무게는 7 kg으로 피더에 최대 3개의 커버를 탑재할 수 있다. LED 융합조명 조립 중에 피더에는 LED 패널과 확산판 커버의 무게에 의해 하중이 발생한다. LED 패널 피더에는 30 kg의 하중이 발생하고 확산판 커버 피더에는 21 kg의 하중이 발생한다. 하중조건은 각 피더에 발생하는 하중을 균일 분포하중으로 가정하여 피더의 이송라인에 설정하였고 피더들의 하중조건은 Fig. 2-5와 Fig. 2-6에 나타내었다. 각 피더 프레임의 재질은 알루미늄 합금으로 되어 있고, 나머지 부분은 일반 구조강으로 구성되어 있다. 반자동화된 각 피더의 구조해석에 이용된 피더의 물성치는 Table 2-1에 나타내었다.

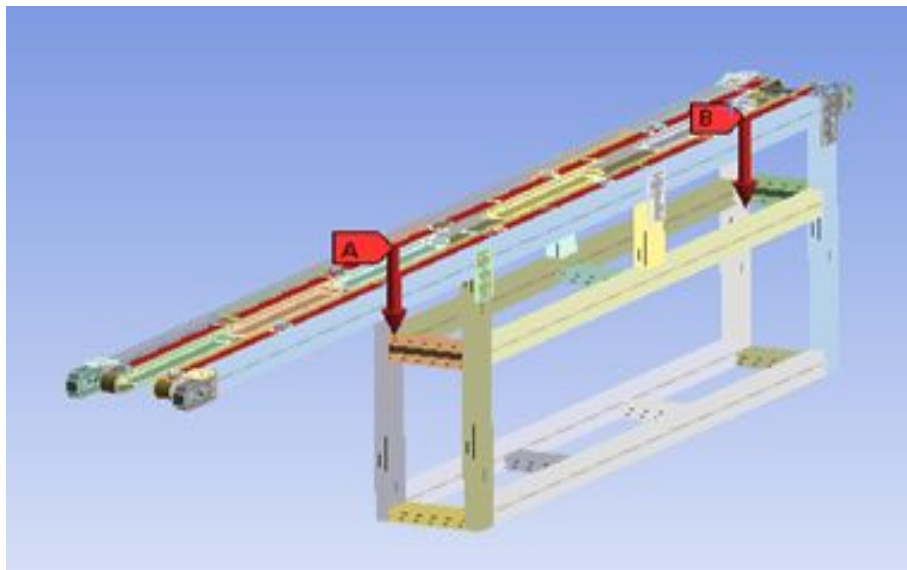


Fig. 2-5 Force condition of semi-automated LED panel feeder

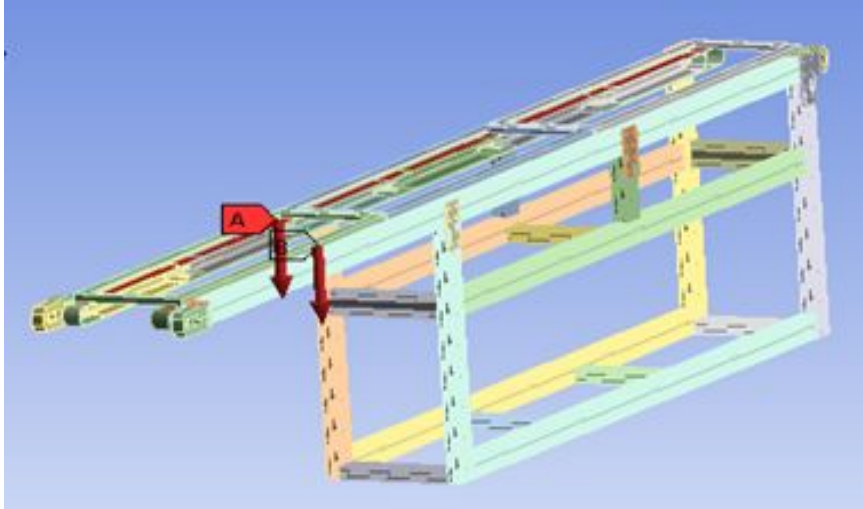


Fig. 2-6 Force condition of semi-automated diffusion cover feeder

Table 2-1 Material properties of semi-automated feeder

Properties of Aluminum				
Density	Young's module	Poisson's ratio	Tensile yield strength	Tensile ultimate strength
2770kg/m ³	71GPa	0.33	280MPa	310MPa
Properties of Structural Steel				
Density	Young's module	Poisson's ratio	Tensile yield strength	Tensile ultimate strength
7850kg/m ³	200GPa	0.3	250MPa	460MPa

1. 시험하중에 의한 피더의 안정성 및 피로수명 분석

LED 융합조명 조립과정 중 반자동 LED 패널 피더에 발생하는 30 kg 하중에 대한 구조해석을 수행하였다. Fig. 2-7에 나타난 바와 같이 패널 피더의 최대 총변형량은 0.012989 mm로 이송라인은 지지하는 상단프레임의 중앙에서 발생하였다. Fig. 2-8에 나타난 바와 같이 최대 등가응력은 2.4379 MPa로 프레임이 지지하는 이송라인의 중앙부에서 발생하며, 최대 등가응력은 피더의 재료물성치의 항복강도를 나누어 시스템의 안전계수를 구하는데 사용된다. Fig. 2-9에 나타난 바와 같이 최소 안전계수는 15로, 이 값은 정상 안전계수 1.5~2를 충분히 만족시킨다. 분석 결과, LED 패널 피더는 LED 융합조명을 조립하는 중 이송라인에 발생하는 30 kg 하중에 대하여 충분한 안정성을 갖는다. 시험 하중 30 kg에 대한 LED 패널 피더의 해석 결과는 Table 2-2에 정리하였다.

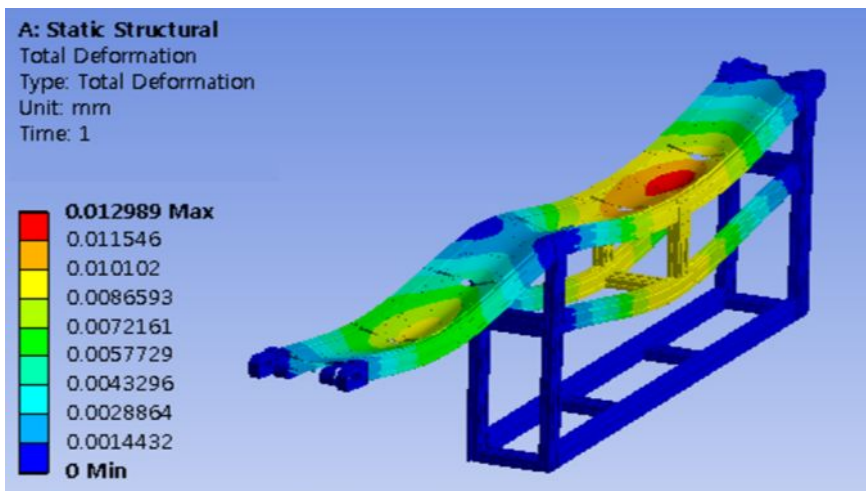


Fig. 2-7 Total deformation of semi-automated LED panel feeder

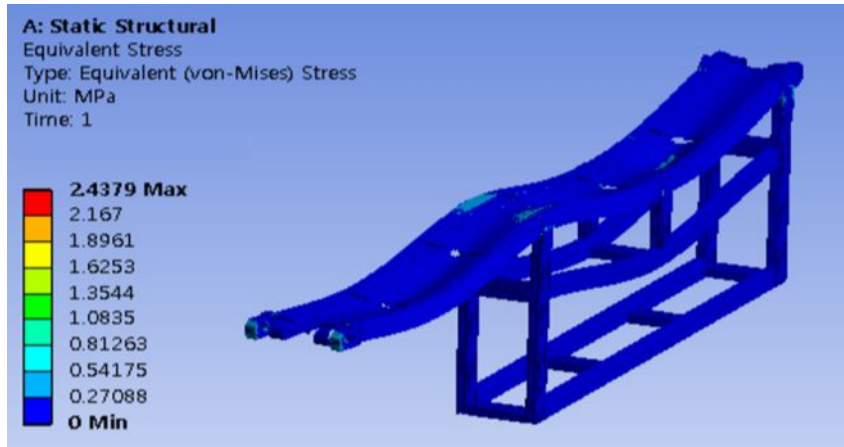


Fig. 2-8 Equivalent stress of semi-automated LED panel feeder

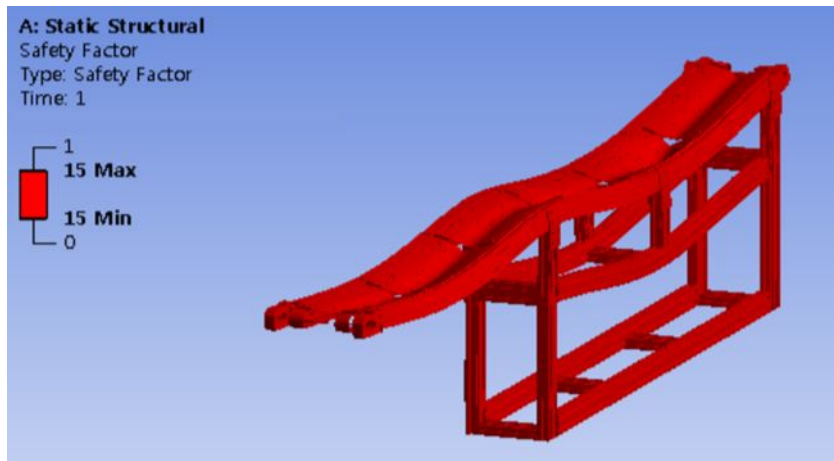


Fig. 2-9 Safety factor of semi-automated LED panel feeder

Table 2-2 Analysis results of semi-automated LED panel feeder

Test force	Total deformation	Equivalent stress	Safety factor
294 N (30 kg)	0.01299 mm	2.4379 MPa	15

확산판 커버 피더에 탑재된 커버의 무게에 의해 발생하는 시험하중 21 kg에 대한 피더의 안정성을 분석하였다. Fig. 2-10에 나타낸 바와 같이 최대 총변형량은 0.073755 mm로 피더 이송라인의 끝단에서 발생한다. Fig. 2-11에 나타낸 바와 같이 최대 등가응력은 7.0274 MPa로 이송라인의 끝단에서 발생한다. Fig. 2-12에 나타낸 바와 같이 21 kg 하중에 대한 최소 안전계수는 15로, 이 값은 정상범위의 안전계수 1.5~2를 충분히 만족시킨다. 분석결과, 확산판 커버 피더는 LED 융합조명 조립과정 중에 발생하는 시험하중 21 kg에 대하여 충분한 안정성을 갖는다. 시험하중 21 kg에 대한 확산판 커버 피더의 구조해석 결과는 Table 2-3에 나타내었다.

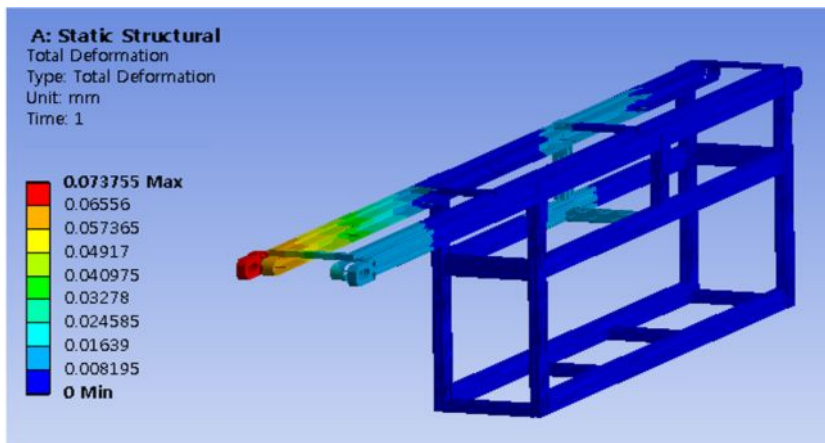


Fig. 2-10 Total deformation of semi-automated diffusion cover feeder

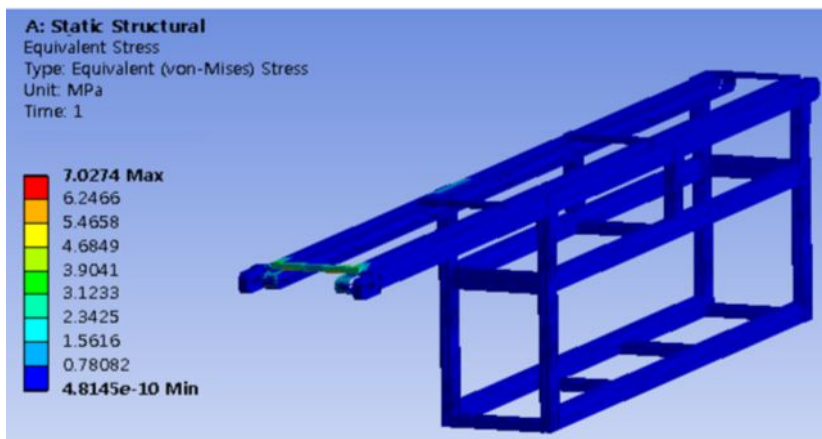


Fig. 2-11 Equivalent stress of semi-automated diffusion cover feeder

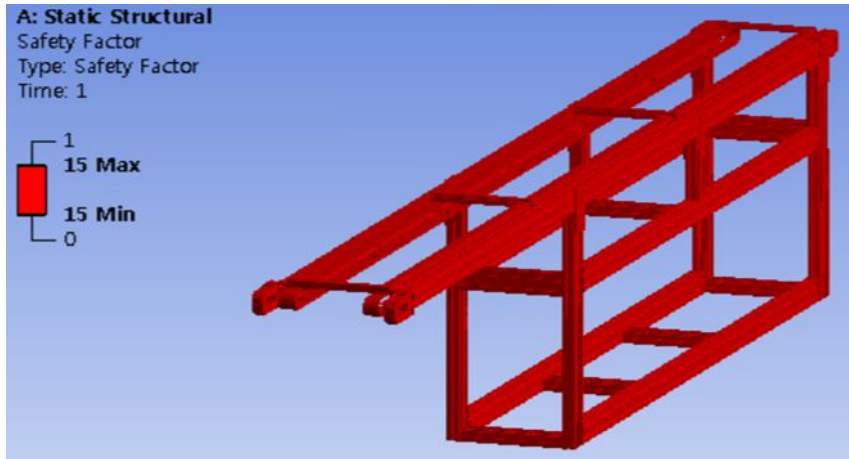


Fig. 2-12 Safety factor of semi-automated diffusion cover feeder

Table 2-3 Analysis results of semi-automated diffusion cover feeder

Test force	Total deformation	Equivalent stress	Safety factor
205.8 N (21 kg)	0.073755 mm	7.0274 MPa	15

주기적인 하중을 받는 피더 이송라인의 안정성을 판단하기 위해 피더 시스템의 피로수명을 분석하였다. 주기적인 하중을 받는 물체의 피로를 판단하기 위해 굿맨 (Goodman) 이론을 적용하였다. 굿맨의 피로 방정식은 금속의 실험적 피로 데이터와 다른 재질과의 상관관계를 나타내는 방정식이다. 주기하중에서 응력의 진폭과 평균값을 각각 최대 사이클 하중과 극한 인장강도로 나눈 값의 합은 설계 안전계수의 역수와 같다. 굿맨의 피로 방정식으로부터 최대 사이클 하중을 계산할 수 있고 결과 값을 해당 재료의 S-N선도에 적용하면 피로수명을 예측할 수 있다. 굿맨의 피로모델은 Fig 2-13에 나타내었다.

조립과정에서 발생하는 각 피더의 시험하중이 피더의 이송라인에 반복적으로 가해질 때 피로수명을 시뮬레이션하였다. 피로수명 분석에 사용된 하중조건은, 앞선 각 피더의 구조해석에 이용된 시험하중 조건 30 kg과 21 kg하중을 사용하였다. LED 패널 피더와 확산판 커버 피더의 최소 피로수명은 1,000,000 cycle로 피더의 이송라인과 이송라인을 받치고 있는 프레임의 연결부에서 발생하며, 각각 LED 패널 피더와 확산판 커버 피더의 최소 피로수명은 일반 강재의 최소 피로수명을 만족시킨다. LED 패널 피더의 최소 피로수명은 Fig. 2- 14에 나타내었고, 확산판 커버 피더의 최소 피로수명은 Fig. 2-15에 나타내었다.

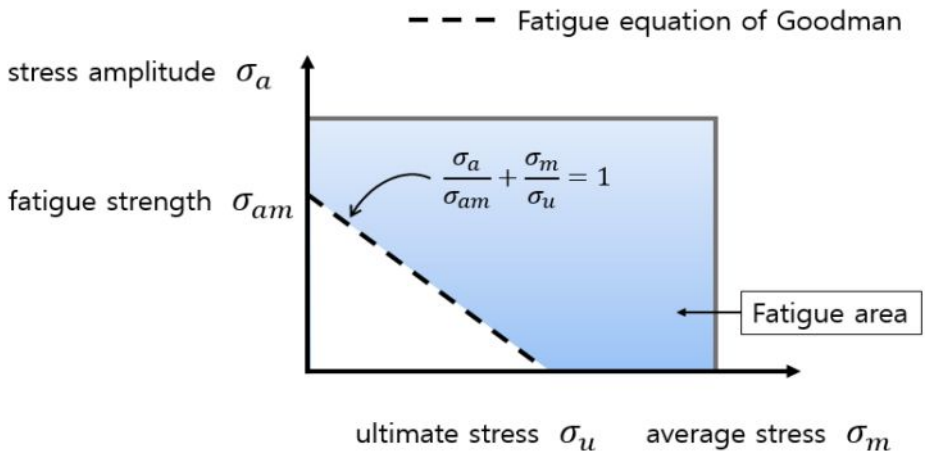


Fig. 2-13 Goodman fatigue model

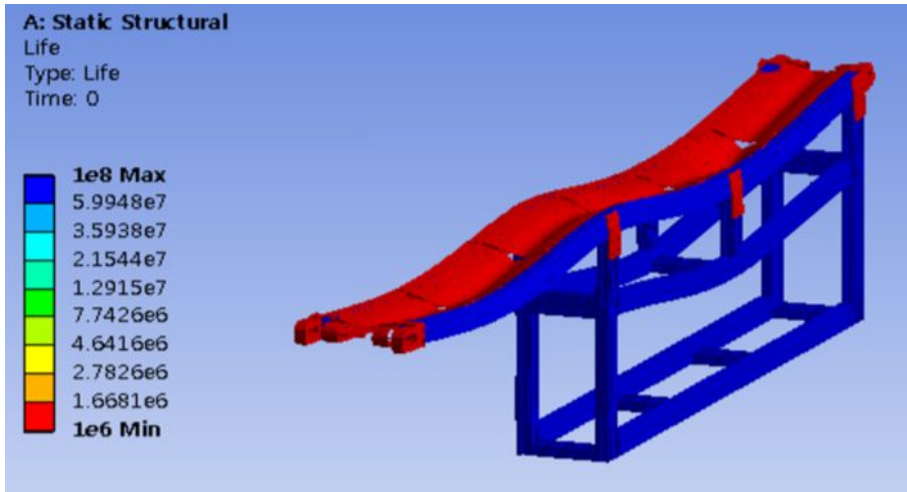


Fig. 2-14 Fatigue life of existing LED panel feeder

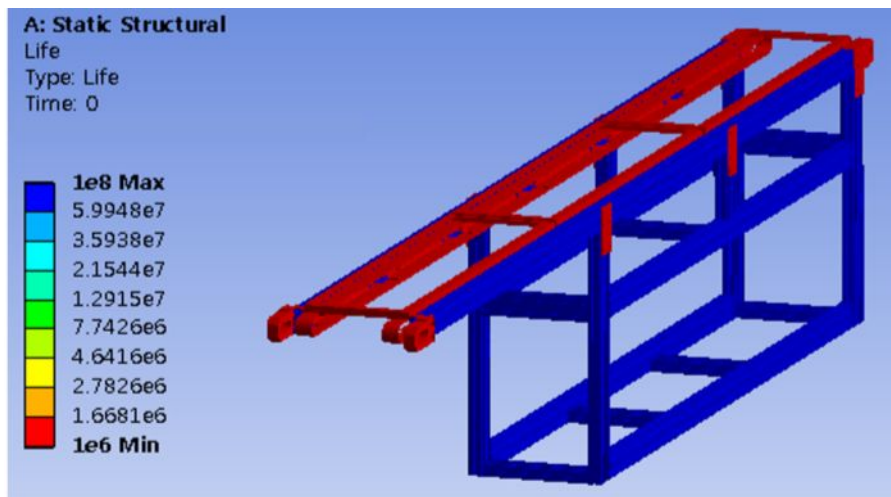


Fig. 2-15 Fatigue life of existing diffusion cover feeder

2. 피더시스템의 한계하중 분석

각 반자동 피더 시스템이 구조적으로 어느 정도의 하중까지 버틸 수 있는지 시뮬레이션하였다. 각 피더의 한계하중 분석에 사용된 재료 물성치는 시험하중에 대한 구조해석에 사용된 물성치 Table 2-1과 같다. 하중조건은 이송라인에 균일 분포하중으로 적용하였고, 정상 범위 안전계수 값 1.5~2를 만족시키는 각 피더의 한계 하중 값을 구하였다.

한계 하중 1,800 kg에 대한 반자동 LED 패널 피더의 최대 총변형량은 0.7793 mm로 이송라인을 지지하는 상단 프레임의 중앙에서 발생하며 Fig. 2-16에 나타내었다. 최대 등가응력은 146,27 MPa로 응력은 이송라인의 중앙부에서 발생하고 Fig. 2-17에 나타내었다. Fig. 2-18에 나타낸 바와 같이, 시스템의 최소 안전계수는 1.7901로 정상 범위의 안전계수 1.5~2를 만족시키므로 LED 패널 피더가 1,800 kg까지의 하중에 대하여 안정한 것으로 판단된다. 반자동 LED 패널 피더의 한계하중에 대한 구조해석 결과는 Table 2-4에 나타내었다.

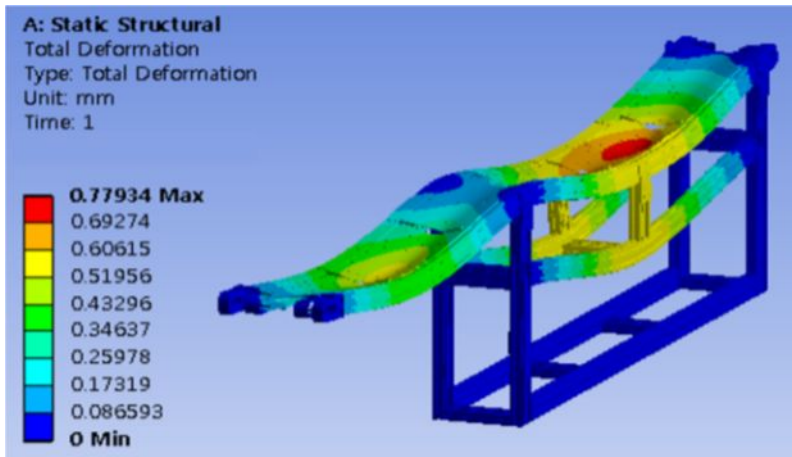


Fig. 2-16 Total deformation for limit load of semi-automated LED panel feeder

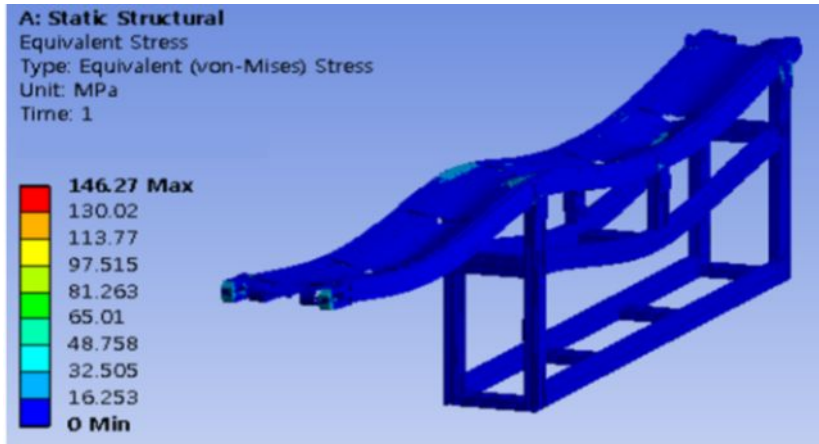


Fig. 2-17 Equivalent stress for limit load of semi-automated LED panel feeder

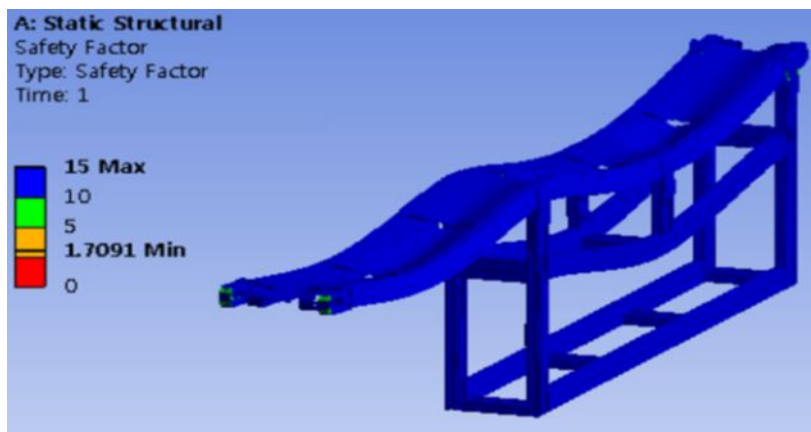


Fig. 2-18 Safety factor for limit load of semi-automated LED panel feeder

Table 2-4 Analysis results for limit load of semi-automated LED panel feeder

Test force	Total deformation	Equivalent stress	Safety factor
17,640 N (1,800 kg)	0.77934 mm	146.27 MPa	1.7091

한계하중 460 kg에 대한 반자동 확산판 커버 피더의 최대 총변형량은 1.6156 mm로 피더 이송라인의 끝단에서 발생하고, Fig. 2-19에 나타내었다. 최대 등가응력은 153.93 MPa로 이송라인의 끝단에서 발생하며, Fig. 2-20에 나타내었다. Fig. 2-21에 나타낸 바와 같이 한계하중 460 kg에 대한 확산판 커버 피더의 최소 안전계수는 1.6241이고, 이 결과 값은 정상 범위의 안전계수 1.5~2를 만족시키므로 확산판 커버 피더는 460 kg까지의 하중에 대하여 안전한 것으로 판단된다. 한계하중 460 kg에 대한 반자동 확산판 커버 피더의 구조해석 결과는 Table 2-5에 나타내었다.

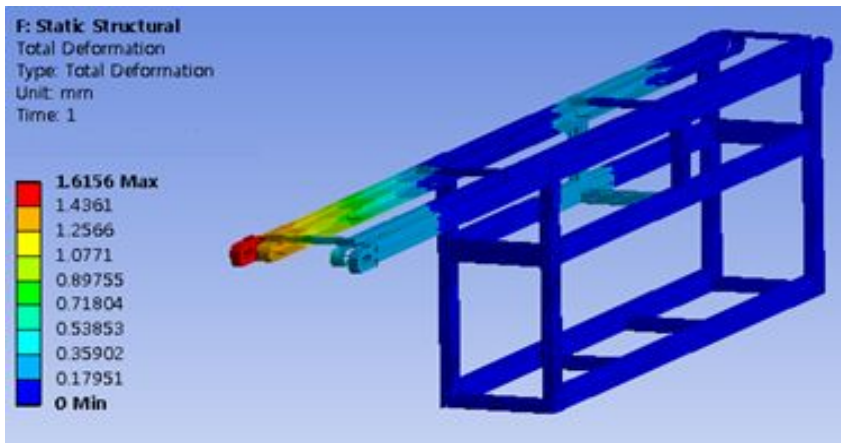


Fig. 2-19 Total deformation for limit load of semi-automated diffusion cover feeder

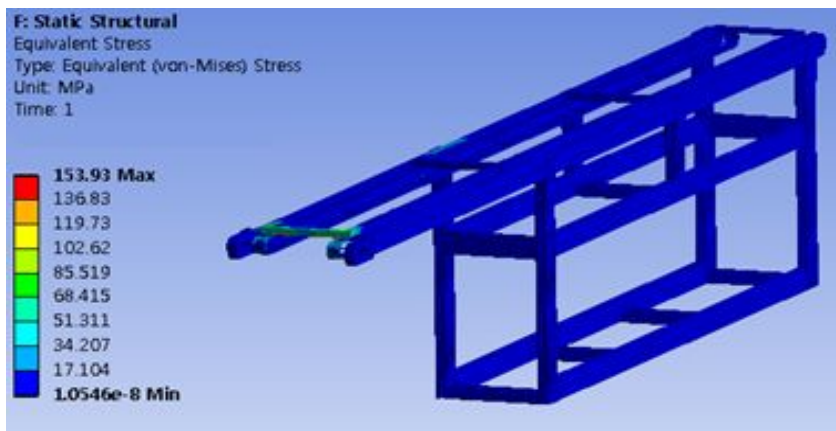


Fig. 2-20 Equivalent stress for limit load of semi-automated diffusion cover feeder

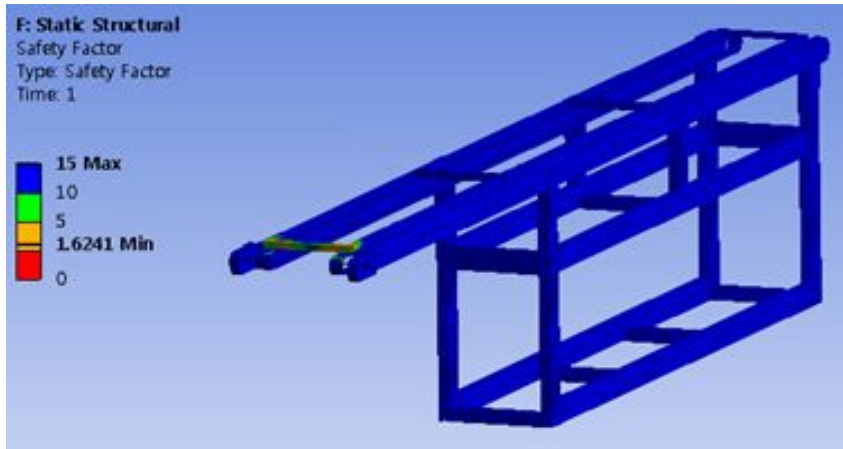


Fig. 2-21 Equivalent stress for limit load of semi-automated diffusion cover feeder

Table 2-5 Analysis results for limit load of semi-automated diffusion cover feeder

Test force	Total deformation	Equivalent stress	Safety factor
4,508 N (460 kg)	1.6156 mm	153.93 MPa	1.6241

제3절 반자동 피더 시스템의 이송라인 벨트 동특성 분석

컨베이어 벨트는 정적 분석과 동적 분석을 적용하여 분석할 수 있다. 정적 분석 방법은 길이가 짧은 컨베이어 벨트 분석에 적절하다. 길이가 길고 부피가 큰 컨베이어 벨트를 설계할 때 정적 분석 기술을 적용하면, 벨트의 구동 과정에서 과도한 벨트 장력과 구조 하중, 구동 슬립, 벨트의 처짐 등 여러 문제들이 발생할 수 있기 때문에, 길고 부피가 큰 벨트를 분석할 때에는 상호작용하는 유연한 시스템으로 다루는 시각이 필요하다. 동적 분석은 부피가 큰 컨베이어에 대한 분석 비용을 절감할 수 있고 분석 시간을 줄일 수 있다^[2].

각 반자동 피더 시스템에서 컨베이어 벨트의 구동 성능을 테스트하기 위해, 가상 공학기법을 이용하여 가상 시제품(virtual prototype)을 개발하였고 벨트가 구동될 때 벨트의 장력, 액추에이터의 토크, 구동 풀리의 각속도 각가속도를 시뮬레이션하였다. 각 피더는 “ㄱ”모양의 구조로 피더의 끝단에 구동 풀리가 위치하여 벨트를 감아올린다. 각 피더의 컨베이어 벨트를 ADAMS상에서 모델링하였다. 모델링한 각 피더의 컨베이어 벨트는 Fig. 2-22와 Fig. 2-23에 나타내었다. 또한, ADAMS를 이용한 시스템의 모델링 과정은 Fig. 2-24에 나타내었다.

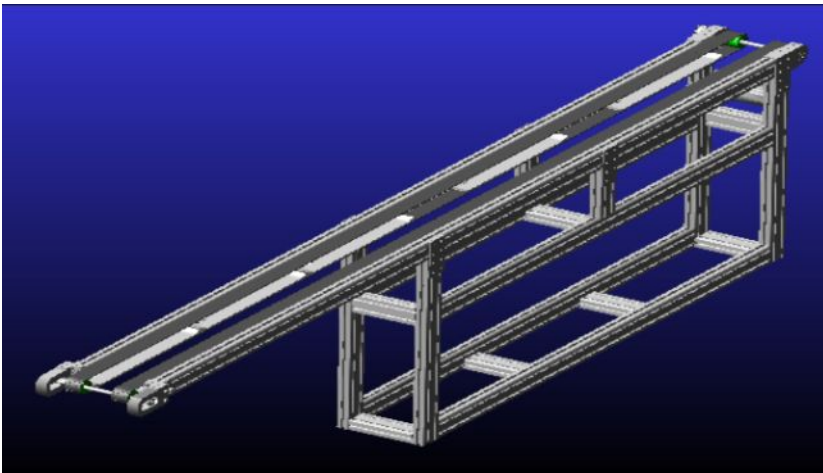


Fig. 2-22 Virtual prototype of semi-automated LED panel feeder

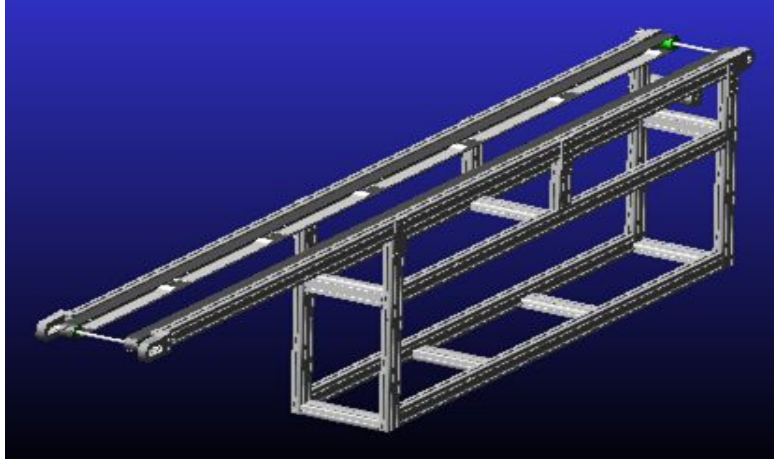


Fig. 2-23 Virtual prototype of semi-automated diffusion cover feeder

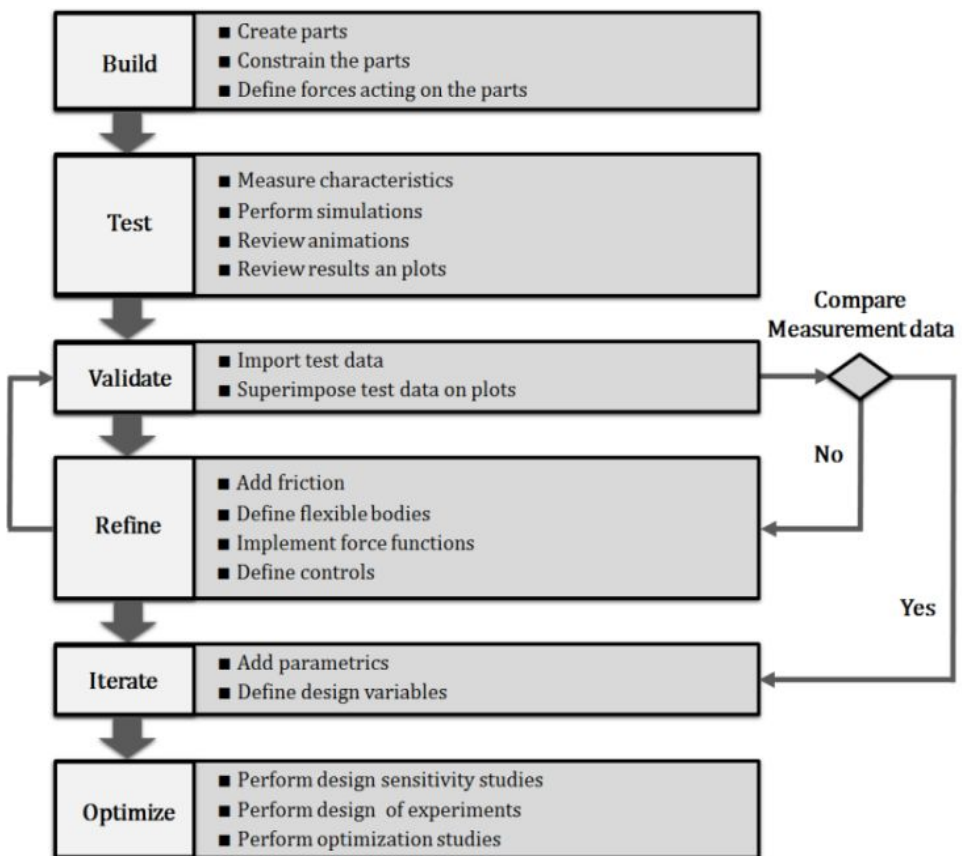


Fig. 2-24 Process of ADAMS modeling

모델링한 각 피더 벨트 컨베이어는 구동축에 30 RPM으로 모션 조건을 주어 5초 동안 시뮬레이션을 수행하였다. 반자동 피더의 동특성 분석 결과, 벨트 컨베이어의 장력은 벨트의 가동이 시작되는 단계에서 급격히 상승하여 1초 이후 정상 가동단계에서 감소되어 일정 범위에서 안정적으로 유지된다. 액추에이터의 토크는 컨베이어 벨트를 감아올리는 가동 시작 단계에서 급격히 상승하고, 이후 정상 가동단계에서 일정한 범위 내 안정적으로 유지된다. 구동 풀리의 각속도는 선형적으로 증가하는 경향을 보이고 각가속도는 일정한 값으로 유지되는 경향을 보인다.

Fig. 2-25에 나타낸 바와 같이 반자동 LED 패널 피더의 벨트 장력은 가동 시작단계에서 200 N의 최대 장력을 보이고, 정상 가동단계에서 135~137 N으로 유지된다. 액추에이터의 토크는 Fig. 2-26에 나타낸 바와 같이 9,478.3 N-mm까지 상승하고 정상 가동단계에서 4,800~4,900 N-mm의 범위에서 안정적으로 유지된다. 구동 풀리의 각속도와 각가속도는 Fig. 2-27에 나타낸 바와 같이, 각속도는 150 deg/sec까지 선형적으로 증가하는 경향을 보이고 각가속도는 30 deg/sec²으로 일정한 경향을 보인다.

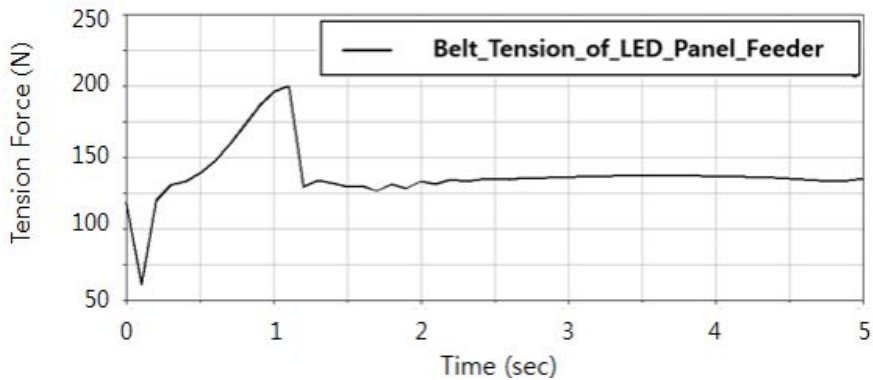


Fig. 2-25 Belt tension of semi-automated LED panel feeder

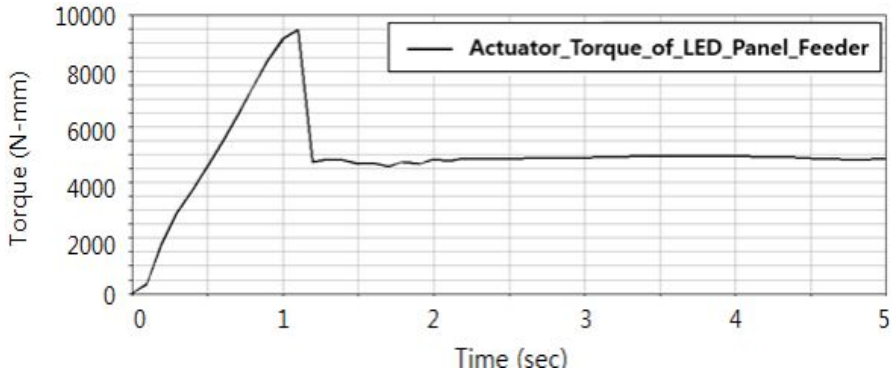


Fig. 2-26 Actuator torque of semi-automated LED panel feeder

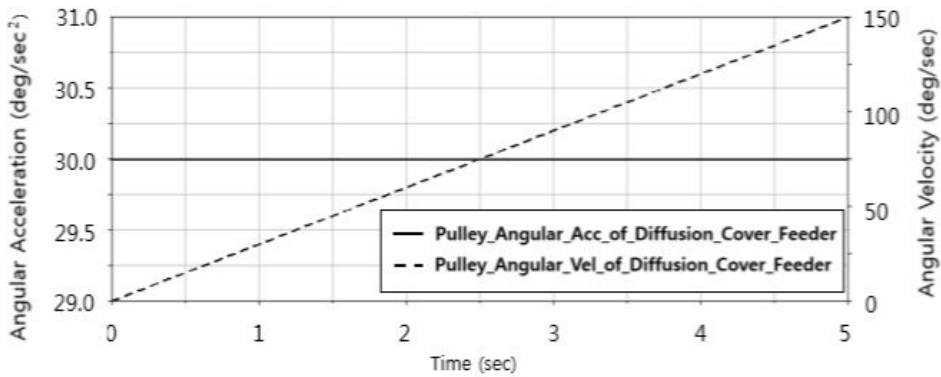


Fig. 2-27 Angular acceleration and velocity of driving pulley for semi-automated LED panel feeder

반자동 확산판 커버 피더의 벨트 동특성 분석 결과, 벨트 컨베이어의 장력은 Fig. 2-28에 나타낸 바와 같이 가동 시작단계에서 316 N까지 상승한 후 정상 가동단계에서 감소하여 233~235 N의 범위로 유지된다. 액추에이터의 토크는 Fig. 2-29에 나타낸 바와 같이 가동 시작단계에서 14,743.8 N-mm까지 상승한 후 정상 가동단계에서 8,300~8,400 N-mm의 범위로 안정적으로 유지된다. 커버 피더에서 구동 풀리의 각속도와 각가속도는 Fig. 2-30에 나타낸 바와 같이, 각속도는 0~150 deg/sec까지 선형적으로 증가하고 각가속도는 30 deg/sec²으로 일정한 경향을 보인다.

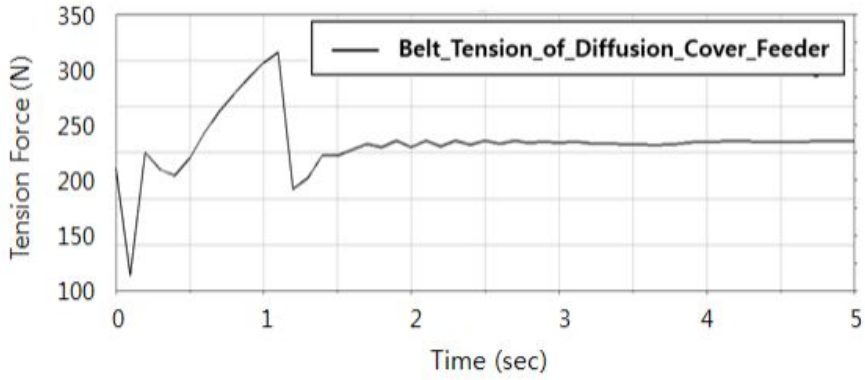


Fig. 2-28 Belt tension of semi-automated diffusion cover feeder

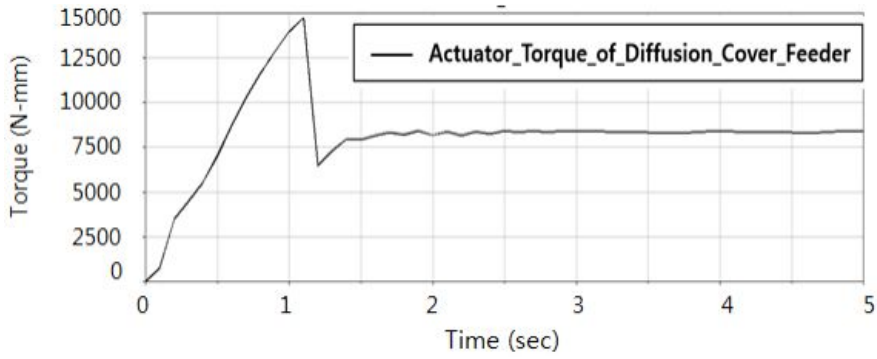


Fig. 2-29 Actuator torque of semi-automated diffusion cover feeder

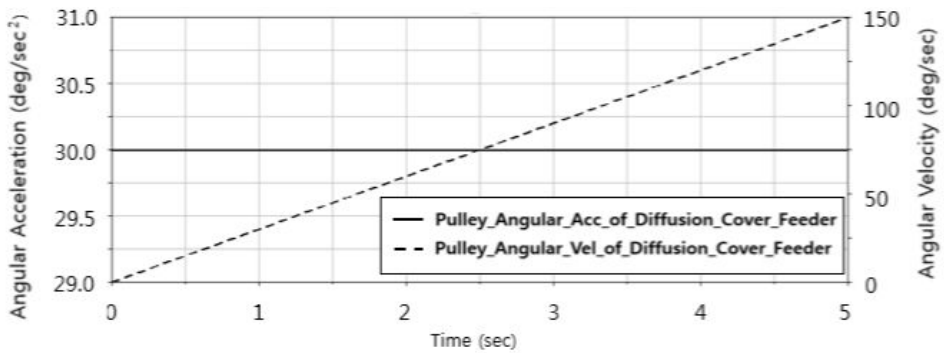


Fig. 2-30 Angular acceleration and velocity of driving pulley for semi-automated diffusion cover feeder

제 3 장 전자동 피더 시스템

제1절 전자동 피더 시스템의 공정 및 구조

반자동 피더 시스템은 수동으로 LED 패널과 확산판 커버를 공급하는 반면, 전자동 피더 시스템은 LED 패널과 확산판 커버를 자동화 공정으로 공급할 수 있는 매거진 시스템을 개발하여 LED 융합조명 조립을 자동화하고 소모되는 인력을 최소화하였다. 각 전자동 피더의 매거진 시스템은 LED 패널과 확산판 커버를 카트리리지 형식으로 저장하고 있어서, 각 피더는 조립공정에 소비된 패널과 커버는 카트리지를 교체 하는 것만으로도 간단히 패널과 커버를 보충할 수 있다. 앞선 시스템의 이점으로 인하여 전자동 피더 시스템은 적은 인력으로 더욱 빠르고 지속적으로 LED 융합조명을 조립할 수 있다.

LED 패널 피더의 매거진은 저장된 LED 패널을 진공척이 집어 올릴 수 있도록 밀어 올린다. 밀어 올려진 LED 패널은 진공척에서 집어 피더의 지그(Jig)에 놓여진다. 첫 번째 LED 패널이 놓여지게 되면 두 번째 패널이 피더의 지그에 놓일 수 있도록 피더의 지그가 앞으로 이송된다. 두 번째 패널까지 놓여지게 되면 메인 컨베이어의 진공척이 이동하여 피더의 지그에 놓여진 두 개의 패널을 들어올려 메인 컨베이어의 지그로 이송된다. 이송된 두 개의 패널은 메인 컨베이어 지그에 안착되어 조명 틀에 패널을 고정시키기 위한 자동화 스큐류 작업과 전극의 납땜 작업을 거친다. 전자동 LED 패널 피더의 구조와 LED 패널 피더의 매거진은 각각 Fig. 3-1과 Fig. 3-2에 나타내었다.

전자동 확산판 커버 피더 시스템은 확산판 커버가 저장된 카트리지가 중간에 위치하고 커버 피더의 pusher가 카트리지에 저장된 커버를 밀어 피더의 판으로 이송한다. 피더의 판은 커버가 올려지면 진공척이 커버를 집어 올릴 수 있도록 올라간다. 올려진 커버는 진공척에 의해 메인 컨베이어로 이송되고, 앞선 LED 패널 피더의 공정에서 납땜 까지 일련의 공정과정을 거친 조립 모듈에 프레스링 공정을 통해 고정된다. 전자동 확산판 커버 피더의 구조와 확산판 커버 피더의 매거진 카트리지는 각각 Fig. 3-3과 Fig. 3-4에 나타내었다.

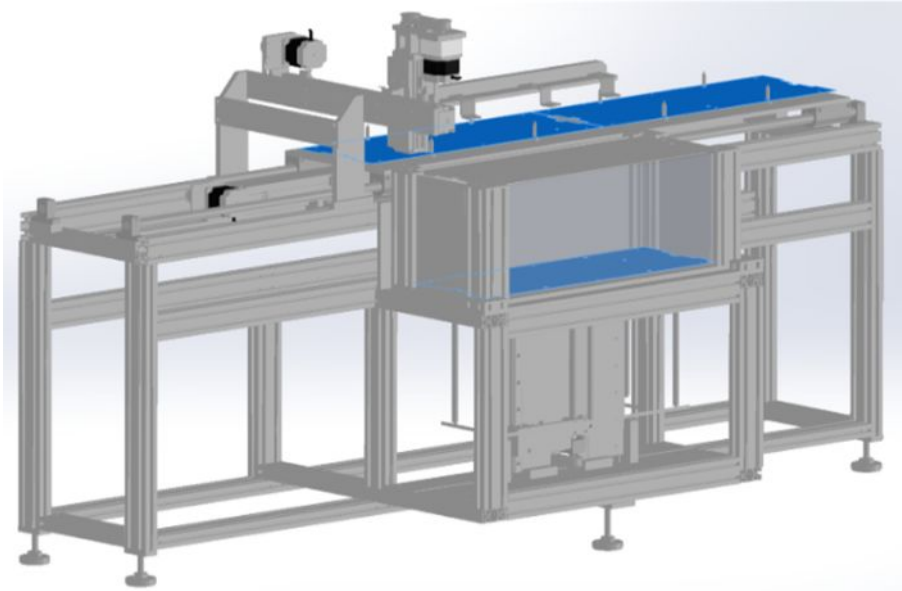


Fig. 3-1 Structure of automated LED panel feeder

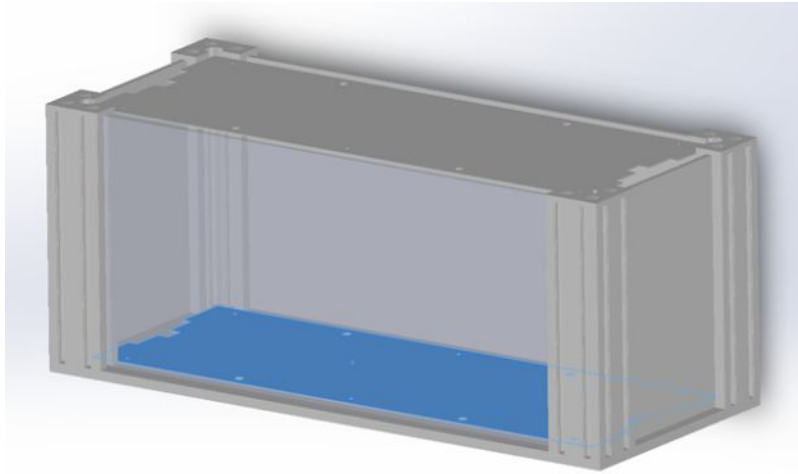


Fig. 3-2 Magazine of automated LED panel feeder

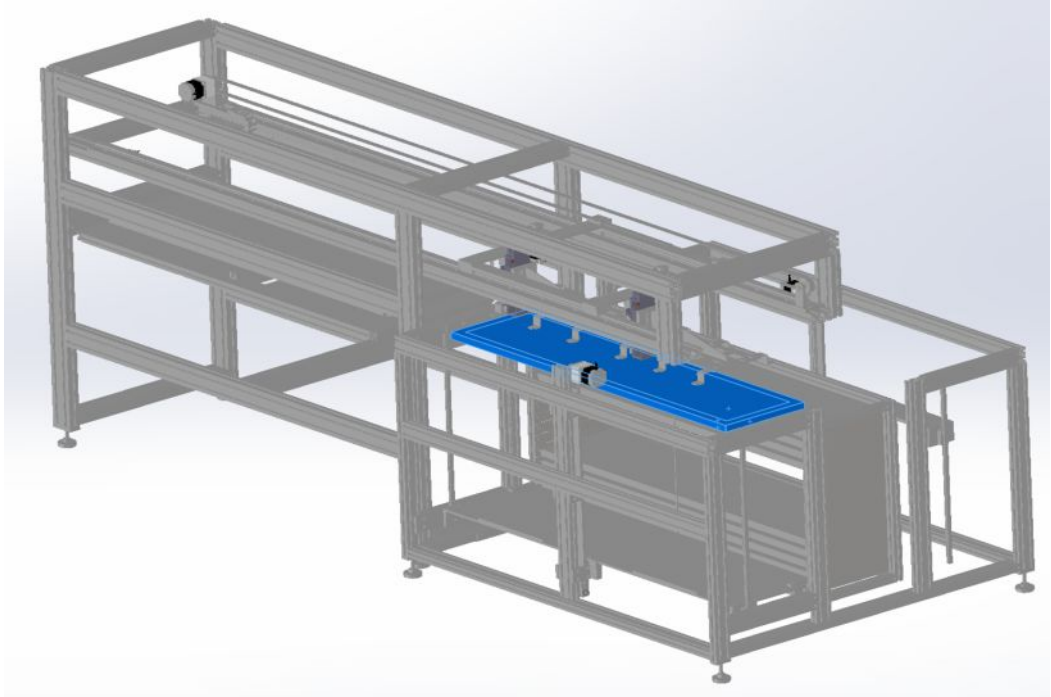


Fig. 3-3 Structure of automated diffusion cover feeder

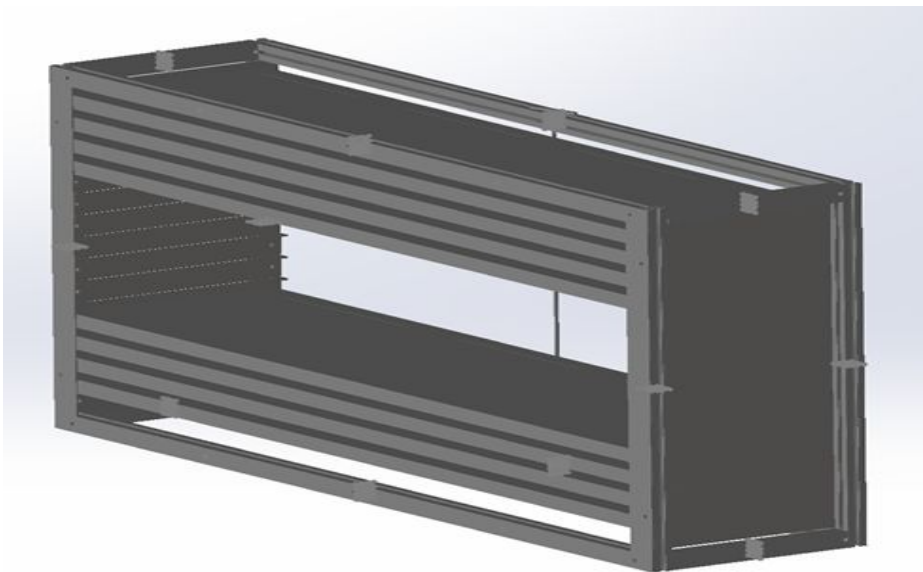


Fig. 3-4 Magazine cartridge of automated diffusion cover feeder

전자동 LED 패널 피더의 매거진에는 60개의 LED 패널을 탑재할 수 있으므로, 매거진 내에 LED 패널이 60개 탑재됐을 때 하중이 매거진 시스템과 피더에 미치는 영향을 분석하였다. 전자동 LED 패널에서 메인 컨베이어로 이송되는 LED 패널은 반자동 LED 패널에서 이송하는 LED 패널과 동일한 모델이고, 각 패널의 무게는 5 kg으로 Fig. 3-5와 같이 패널 60개에 해당하는 무게 300 kg이 매거진내의 LED 패널을 들어올리는 판에 균일 분포하중으로 가해지도록 설정하였다. 전자동 확산판 커버 피더의 매거진 카트리지에는 최대 14개의 커버가 탑재되고, 탑재된 커버의 하중이 확산판 커버 피더에 미치는 영향을 분석하였다. Fig. 3-6과 같이 각 커버의 무게는 7 kg으로 14개의 커버 무게에 해당하는 무게 98 kg이 커버 피더의 카트리지에 균일 분포하중으로 가해지도록 설정하였다. 각 피더의 프레임은 알루미늄 합금으로 구성되어 있고 나머지 부분은 일반 구조강으로 이루어져있다. 전자동 각 피더의 구조해석에 이용된 재료 물성치는 Table 3-1에 나타내었다. 앞선 하중 조건에서 각 피더 시스템의 구조해석을 수행함으로써, LED 패널 피더의 매거진 시스템과 확산판 커버 피더의 안정성을 판단하였다.

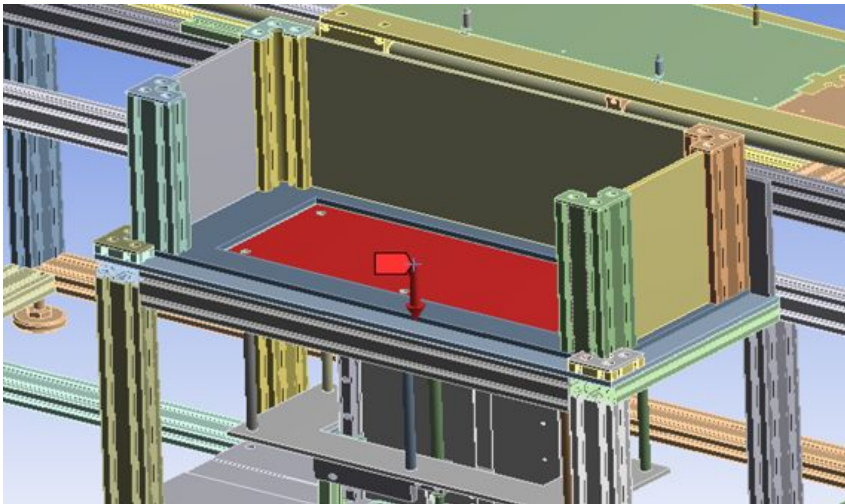


Fig. 3-5 Force condition of automated LED panel feeder

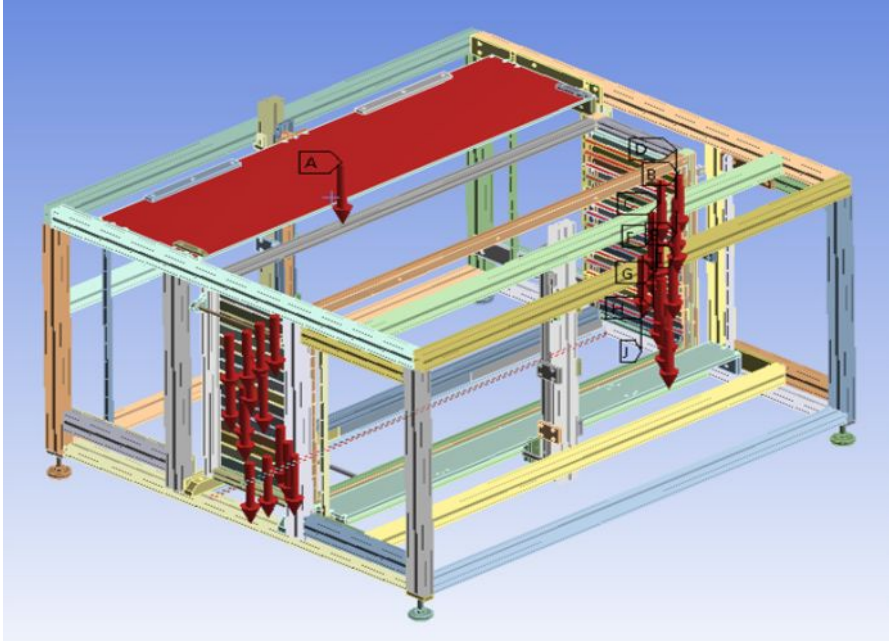


Fig. 3-6 Force condition of automated diffusion cover feeder

Table 3-1 Material properties of automated feeder

Properties of Aluminum				
Density	Young's module	Poisson's ratio	Tensile yield strength	Tensile ultimate strength
2770kg/m ³	71GPa	0.33	280MPa	310MPa
Properties of Structural Steel				
Density	Young's module	Poisson's ratio	Tensile yield strength	Tensile ultimate strength
7850kg/m ³	200GPa	0.3	250MPa	460MPa

제2절 전자동 피더 시스템의 구조해석

1. 시험하중에 의한 피더의 안정성 및 피로수명 분석

LED 융합조명을 조립하는 공정에서 전자동 LED 패널 피더 시스템이 LED 패널을 공급하는 과정 중 매거진에 탑재된 패널의 무게 300 kg 하중에 대한 구조해석을 수행하였다. 시험하중 300 kg에 대한 LED 패널 피더의 분석결과는 다음과 같다. 총변형량은 0.47351 mm로, Fig. 3-7과 같이 매거진을 지지하고 있는 피더의 프레임에서 최대 총변형량이 발생한다. 최대 등가응력은 157.44 MPa로, Fig. 3-8에 나타난 바와 같이 매거진에 탑재된 패널을 밀어올리는 판을 받치고 있는 봉의 연결부에서 발생한다. 최소 안전계수는 1.5879로, Fig. 3-9과 같이 최대 등가응력은 매거진의 ROD 연결부에서 발생한다. 안전계수 결과 값이 정상 범위의 안전계수 1.5~2값을 만족하지만, 매거진 시스템이 충분한 안정성을 갖지 못한다. 시험하중 300kg에 대한 전자동 LED 패널 피더의 안정성 분석결과는 Table 3-2에 나타내었다.

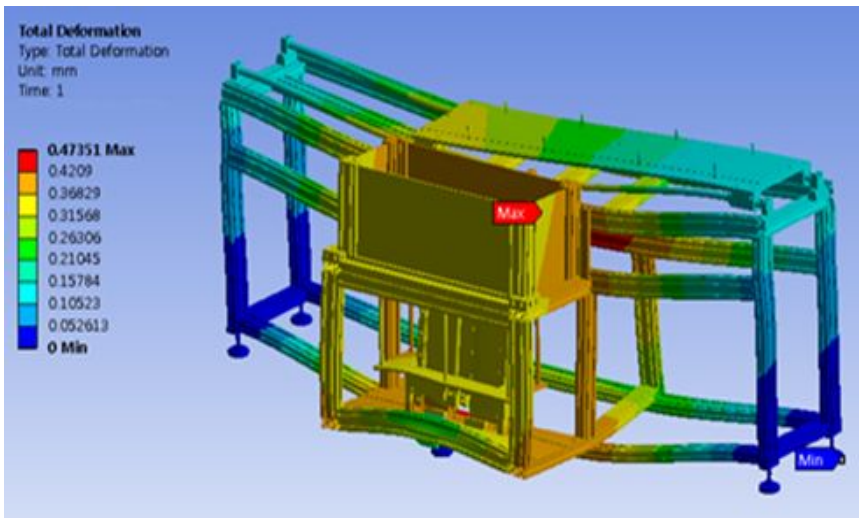


Fig. 3-7 Total deformation of automated LED panel feeder

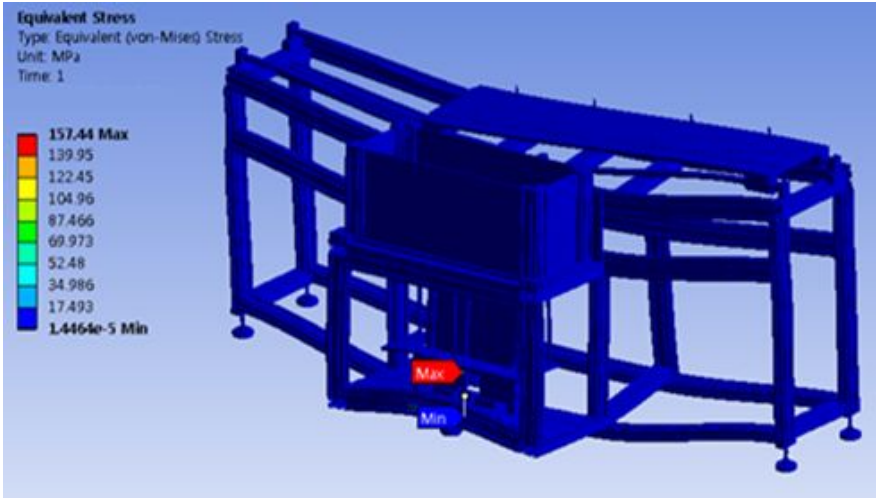


Fig. 3-8 Equivalent stress of automated LED panel feeder

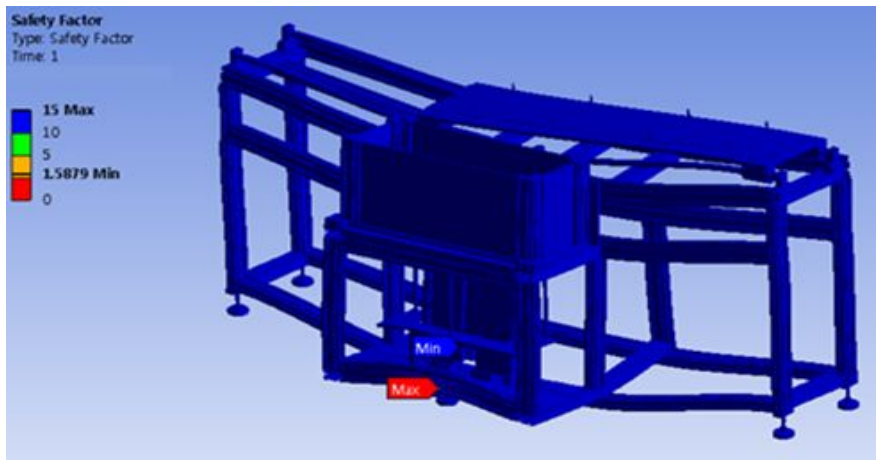


Fig. 3-9 Safety factor of automated LED panel feeder

Table 3-2 Analysis results of automated LED panel feeder

Test force	Total deformation	Equivalent stress	Safety factor
2940 N (300 kg)	0.47351 mm	157.44 MPa	1.5879

전자동 확산판 커버에는 각 7 kg의 확산판 커버가 이송 판과 카트리지에 탑재된다. 매거진의 카트리지는 최대 14개의 커버가 탑재되고 카트리지에서 옮겨진 커버를 진공척 쪽으로 들어올리는 이송판은 하나의 커버를 이송한다. 구조해석에 이용한 하중 조건은 이송판에 커버 하나의 무게 7kg과 매거진의 카트리지에 커버 14개의 무게 98kg 으로 각 하중을 균일 분포하중으로 가정하여 설정하였다. 피더와 카트리지의 프레임은 알루미늄 합금으로 이루어져 있고 나머지 부분은 일반 구조강으로 구성되어 있다. 확산판 커버 피더의 구조해석 결과, Fig. 3-10에 나타낸 바와 같이 총변형량은 0.13267 mm이고 이송부 판의 가장자리 중앙에서 최대 변형량이 발생한다. Fig. 3-11에 나타낸 바와 같이 등가응력은 20.877 MPa로 카트리지를 받치고 있는 프레임에서 발생한다. Fig. 3-12에 나타낸 바와 같이 안전계수는 13.412로, 이 값은 정상 안전계수 1.5~2를 충분히 만족하므로 피더는 확산판 커버의 무게에 대하여 안정한 것으로 판단된다. 시험하중 105 kg에 대한 구조해석 결과는 Table 3-3에 나타내었다.

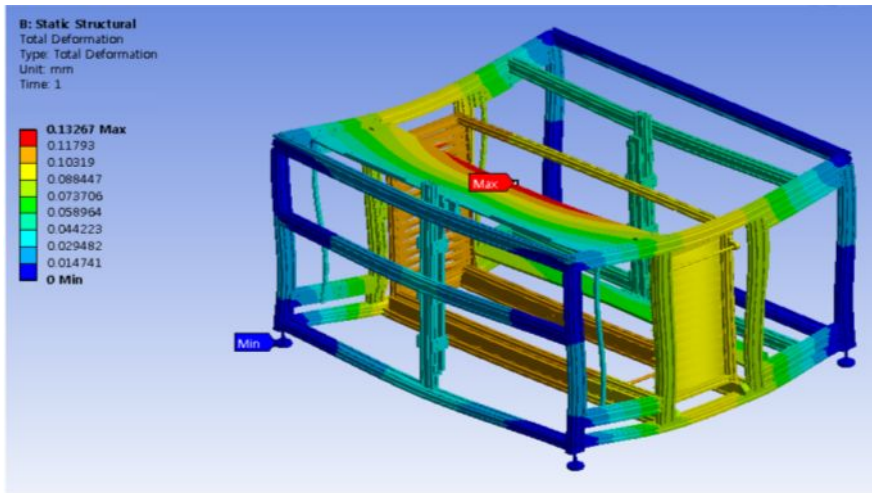


Fig. 3-10 Total deformation of automated diffusion cover feeder

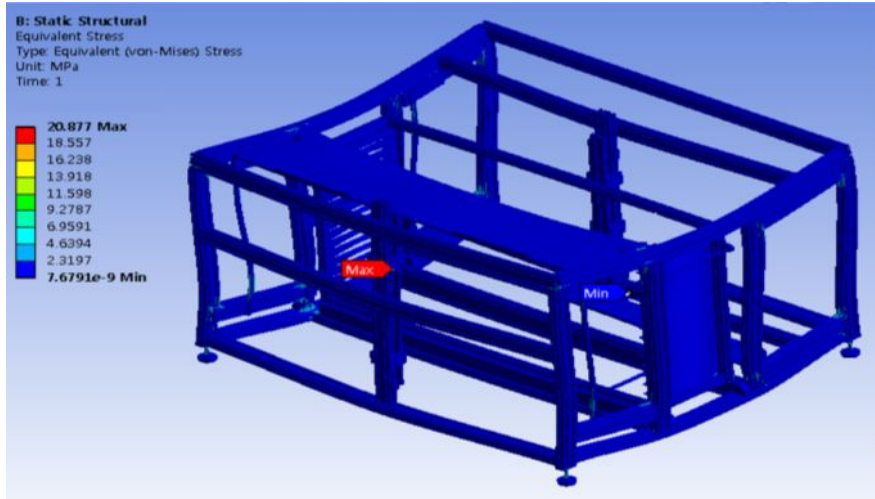


Fig. 3-11 Equivalent stress of automated diffusion cover feeder

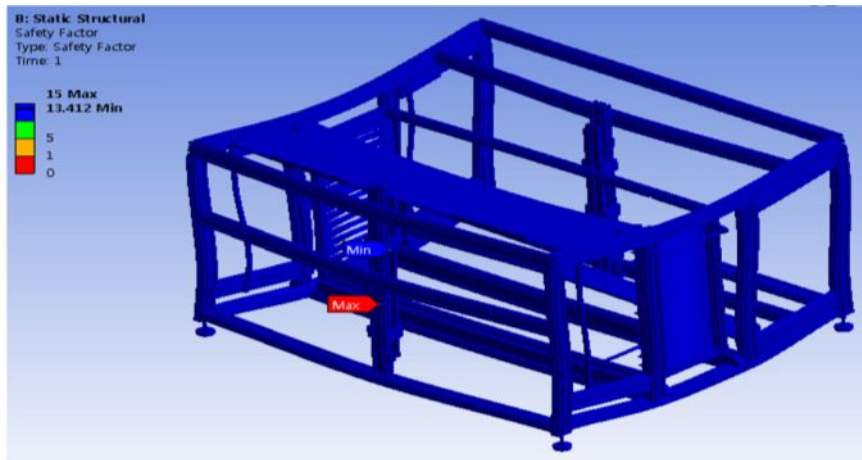


Fig. 3-12 Safety factor of automated diffusion cover feeder

Table 3-3 Analysis results of automated diffusion cover feeder

Test force	Total deformation	Equivalent stress	Safety factor
1029 N (105 kg)	0.078482 mm	20.877 MPa	13.412

굿맨이론을 통하여 각 피더의 공정과정 중에 발생하는 시험하중 300 kg과 105 kg이 주기적으로 가해질 때 각 피더 시스템의 피로수명을 분석하였다. Fig. 3-13에 나타낸 바와 같이 LED 패널 피더는 300 kg의 하중에 대하여 최소 피로수명은 572,360 cycle을 갖으며 매거진에 탑재된 패널을 밀어 올리는 판을 받치고 있는 봉의 연결부에서 발생한다. Fig. 3-14에 나타낸 바와 같이 확산판 커버 피더는 105 kg의 하중에 대하여 최소 피로수명 1,000,000 cycle을 갖으며 확산판 커버가 탑재된 카트리지를 받치는 프레임에서 발생한다. 일반 강재의 최소 피로수명은 1,000,000 cycle로, LED 패널 피더는 LED 용합 조명 조립과정에서 발생하는 하중에 대하여 피로수명은 만족시키지 못하며 지속적으로 발생하는 하중에 대하여 매거진 시스템에서 파괴가 발생할 수 있다. 확산판 커버 피더는 일반 강재의 피로 수명을 만족시키므로 반복되는 시험하중에 대하여 안정성을 갖는다.

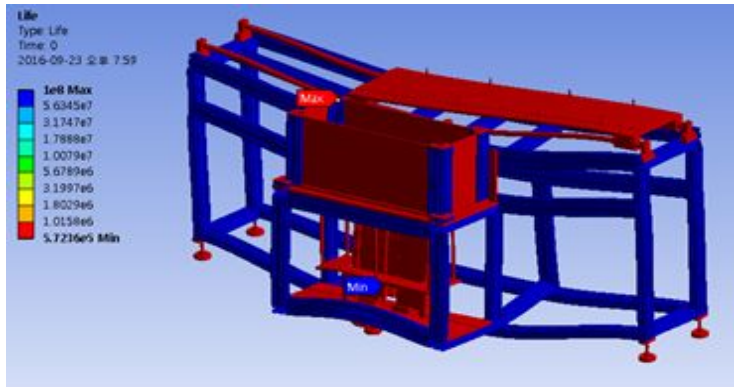


Fig. 3-13 Fatigue life of automated LED panel feeder

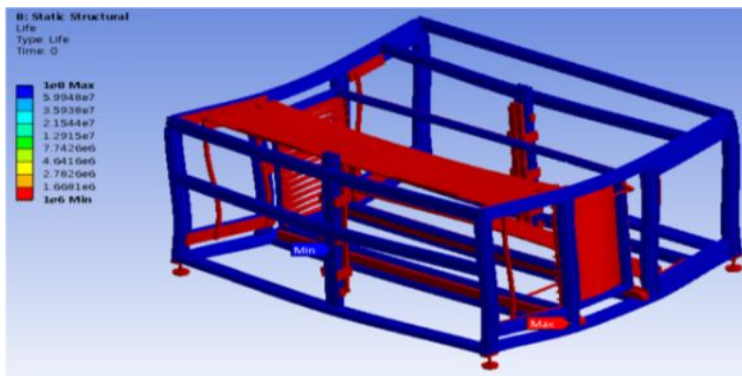


Fig. 3-14 Fatigue life of automated diffusion cover feeder

2. 전자동 LED 패널 피더 시스템의 모델별 안정성 비교

시험하중 300 kg에 대한 전자동 LED 패널 피더의 구조해석 및 피로수명 분석 결과, 패널 피더는 시험하중에 대하여 충분한 안정성을 갖지 못하므로 피더 시스템에 지지점을 추가하여 지지점이 5개인 기존의 model_A와 지지점이 6개인 model_B의 구조 안정성을 비교하였다. 각 model의 최소 안전계수가 정상 안전계수 범위 1.5~2를 만족시키는 하중을 구함으로써, 지지점을 추가한 모델이 얻을 수 있는 안정성을 분석하였다. Fig. 3-15에 model_A의 구조를 나타내었고 Fig. 3-16에 model_B의 구조를 나타내었다.

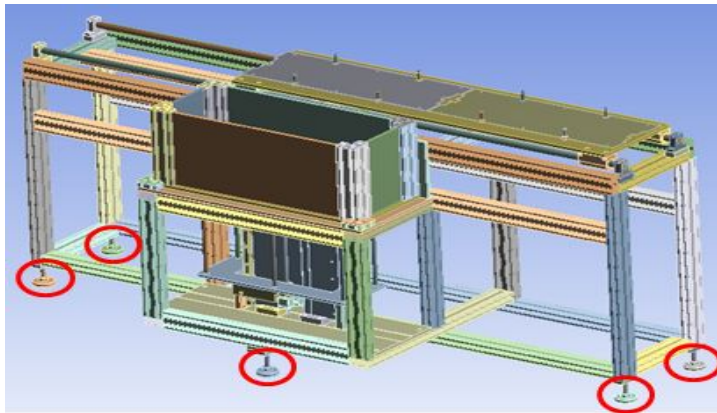


Fig. 3-15 Structure of model_A

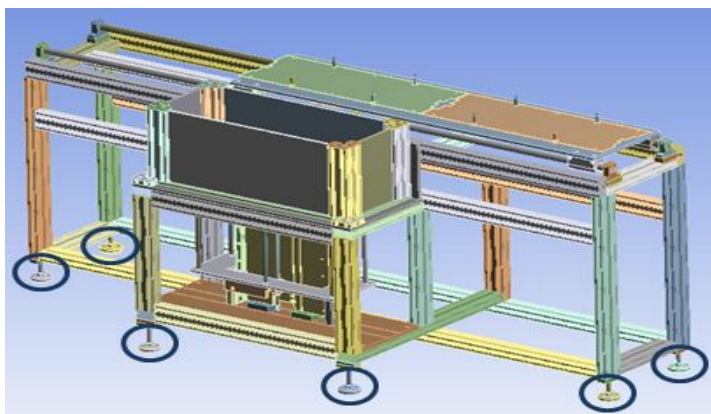


Fig. 3-16 Structure of model_B

패널 피더 model_A의 적정 시험하중 250 kg에 대한 안정성 분석 결과, Fig. 3-17에 나타낸 바와 같이 총변형량은 0.3946 mm이며 매거진을 지지하는 피더의 프레임에서 발생한다. Fig. 3-18에 나타낸 바와 같이 등가응력은 131.2 MPa로, 매거진에 탑재된 패널을 밀어 올리는 판을 받치는 봉의 연결부에서 발생한다. Fig. 3-19에 나타낸 바와 같이 최소 안전계수는 1.9055로 매거진을 받치고 있는 하부 프레임에서 발생하며, 결과 값은 정상 안전계수 1.5~2값을 만족하므로 model_A는 250 kg까지 버틸 수 있다. 지지점 추가에 따른 model_B의 적정 시험하중 500 kg에 대한 안정성 분석 결과, 총변형량은 Fig. 3-20에 나타낸 바와 같이 0.69193 mm로, 패널이 탑재되는 매거진을 받치는 피더의 프레임에서 발생한다. Fig. 3-21에 나타낸 바와 같이 등가응력은 125.1 MPa로 매거진을 받치는 피더의 프레임에서 발생한다. Fig. 3-22에 나타낸 바와 같이 최소 안전계수는 1.9985로 매거진을 받치는 피더의 프레임에서 발생하고, 이 값은 정상 안전계수 1.5~2를 만족하므로 model_B는 500 kg까지 버틸 수 있다. 각 모델의 결과 값은 Table 3-4에 비교하여 나타내었다. LED 패널 피더가 지지점을 추가함으로써 2배 더 많은 하중을 버틸 수 있고 응력이 발생하는 부분이 패널을 들어올리는 판에 연결된 봉의 연결부에서 피더의 프레임으로 바뀌어 응력에 대하여 더욱 안정성을 갖는 것을 알 수 있다.

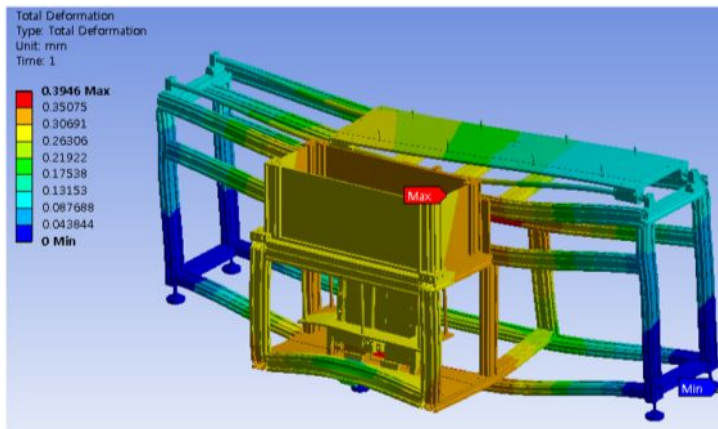


Fig. 3-17 Total deformation of model_A

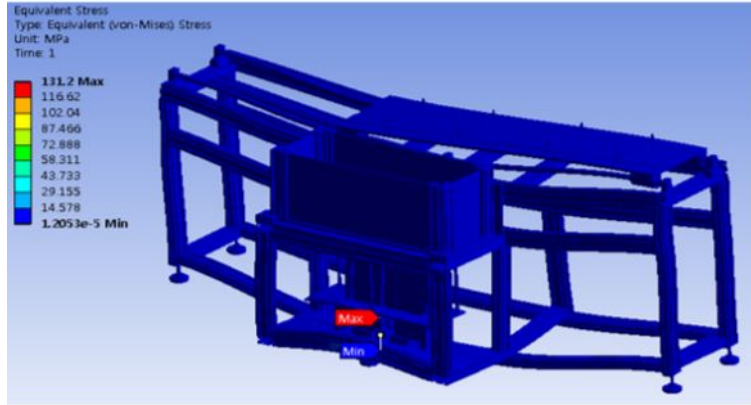


Fig. 3-18 Equivalent stress of model_A

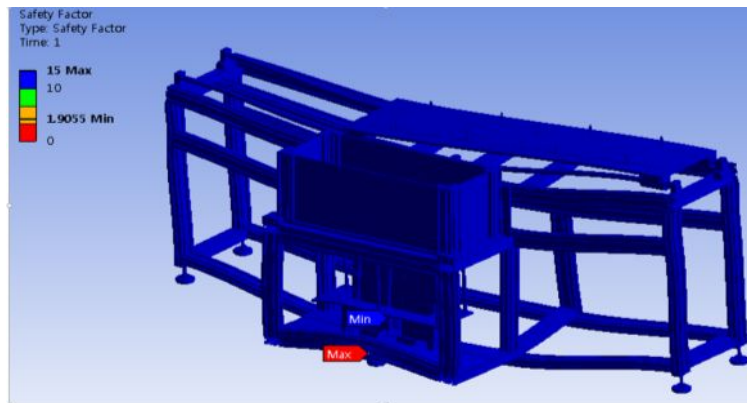


Fig. 3-19 Safety factor of model_A

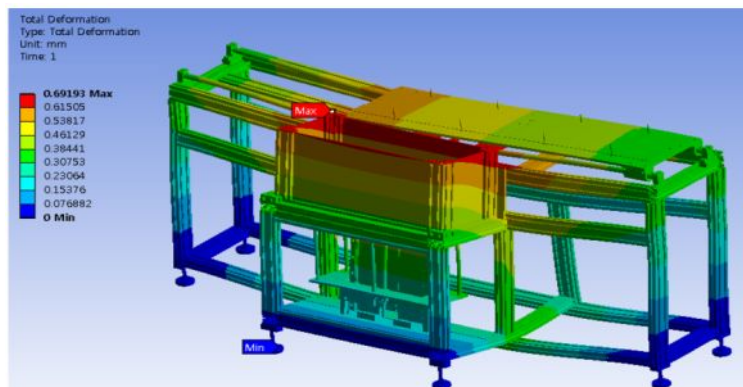


Fig. 3-20 Total deformation of model_B

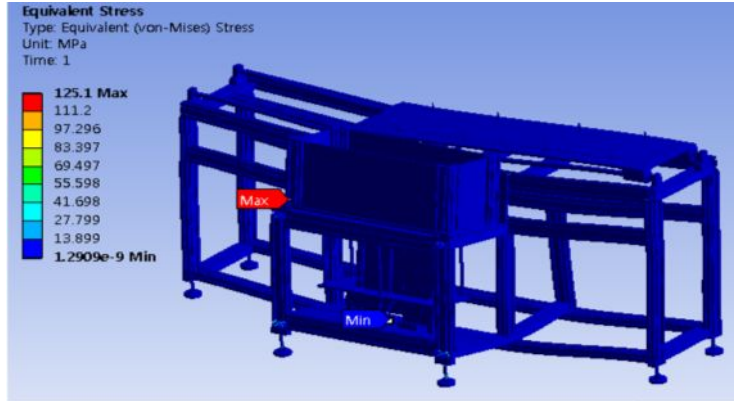


Fig. 3-21 Equivalent stress of model_B

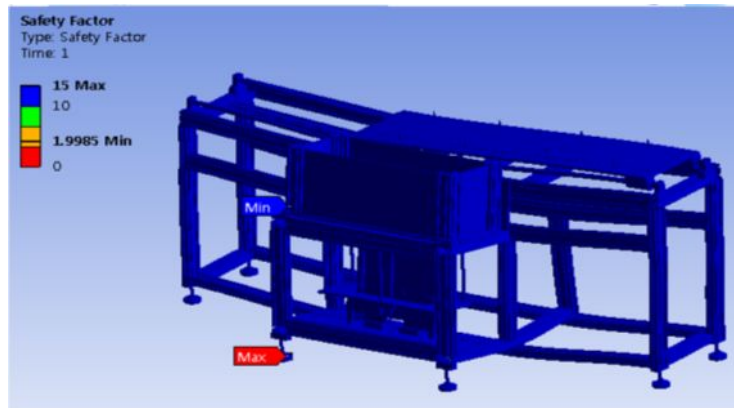


Fig. 3-22 Safety factor of model_B

Table 3-4 Analysis results of comparison for feeder model

	Test force	Total deformation	Equivalent stress	Safety factor	Panel number
model_A (5EA)	2,450 N (250 kg)	0.3946 mm	131.2 MPa	1.9055	50 EA
model_B (6EA)	4,900 N (500 kg)	0.69193 mm	125.1 MPa	1.9985	100 EA

제3절 전자동 피더 시스템의 가상시제품 개발

전자동 LED 패널 피더와 확산판 커버 피더의 공정 과정을 시뮬레이션 하기 위해 ADAMS상에서 각 피더의 이송부의 공정 시간을 설정하고 공정에 따른 이송부의 움직임 구현하였다. ADAMS상에서 구현한 각 이송부는 볼스크류를 통하여 모터의 회전 운동을 직선운동으로 변환함으로써 이송부는 이동한다. 공정 시간에 따른 각 피더 시스템 이송부의 동적 상태량을 파악하여, 설정된 공정시간 동안의 작업 공정을 완료하기 위한 이송부의 동적 특성량 변위, 속도, 가속도를 도출할 수 있는 가상시제품을 개발하였다.

1. LED 패널 피더의 가상시제품

전자동 LED 패널 피더에서 이송부들의 움직임은 Fig. 3-23에 나타내었다. A는 매거진 플레이트(magazine plate)가 LED 패널을 밀어올리는 공정이다. B는 진공척 슬라이드1로, 매거진에서 들어 올려진 LED 패널을 진공척이 집어올리고 피더의 지그에 내려놓는 공정이다. C는 진공척 슬라이드2로, 진공척에 의해 집어 올려진 LED 패널을 지그로 이송하는 공정이다. D는 피더의 지그 슬라이드로, 첫 번째 LED 패널이 진공척에 의해 피더의 지그 상단에 위치하고 지그에 안착되면 두 번째 패널이 안착할 수 있게 지그가 전진하는 공정이다. A부터 D까지의 공정과정 1 cycle을 20.5초 동안 수행하도록 설정하고 첫 번째 패널을 위치시킨 이후 앞선 공정과정들을 반복하여 두 번째 패널을 피더의 지그로 이송하는 공정을 시뮬레이션 하였다. 공정을 마친 두개의 LED 패널은 메인 컨베이어의 진공척에 의해 메인 컨베이어에 이송되고 오토 스크류 작업과 솔더링(soldering) 작업을 거쳐 하나의 모듈로 조립된다.

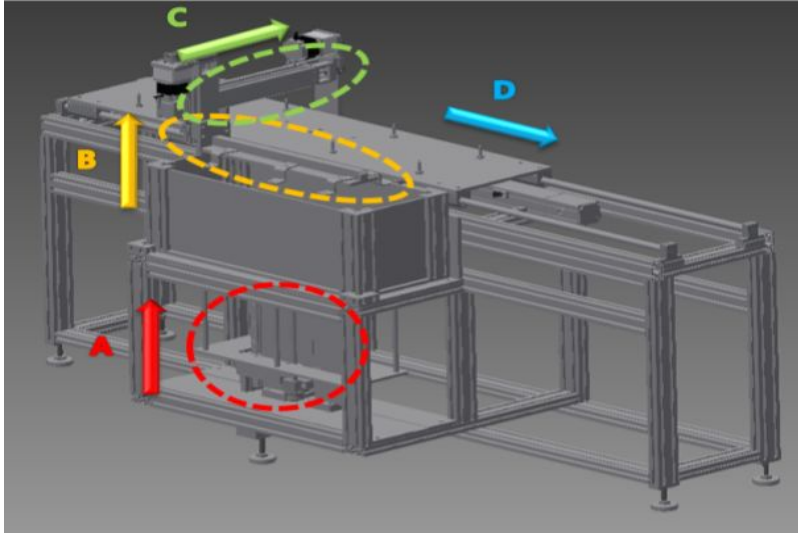


Fig. 3-23 Process of automated LED panel feeder

ADAMS을 통하여 모델링한 후 시뮬레이션을 실행하여 전자동 LED 패널 피더에서 이송부 시스템의 동적 거동을 3차원 애니메이션으로 가시화하고 각 요소별 동적 상태량에 대한 그래프를 구하였다.

매거진 플레이트는 Fig. 3-24과 같은 직선운동을 통해 LED 패널을 들어올린다. Fig. 3-25는 매거진 플레이트의 동적 상태량들이다. (a)는 매거진 플레이트의 공정 시간에 따른 변위 그래프이다. 매거진 플레이트는 0.5초 동안 카트리리지 쪽으로 10 mm 상승한 후 0.5초부터 LED 패널을 밀어 올린다. 0.5초 이후 플레이트는 진공척이 패널을 집을 수 있도록 1.5초 동안 260 mm상승한다. 진공척이 첫 번째 패널을 이송한 후, 플레이트는 진공척이 두 번째 패널을 집어 올릴 수 있도록 1.5 mm 상승한다. 진공척이 두 번째 패널을 이송한 이후 플레이트는 제자리에 위치하기 위해 하강한다. (b)는 매거진 플레이트의 속도로 그래프에서 볼 수 있듯이 플레이트의 변위량에 맞추어 포물선 형태를 그리며 플레이트가 LED 패널을 밀어 올릴 때 최대 5.4 mm/sec의 속도를 보인다. (c)는 매거진 플레이트의 가속도에 대한 그래프이다. 가속도의 그래프에서 미소한 양의 노이즈가 발생함을 볼 수 있는데, 플레이트의 속도 그래프를 보면 속도에 미치는 영향은 미미한 것을 볼 수 있다.

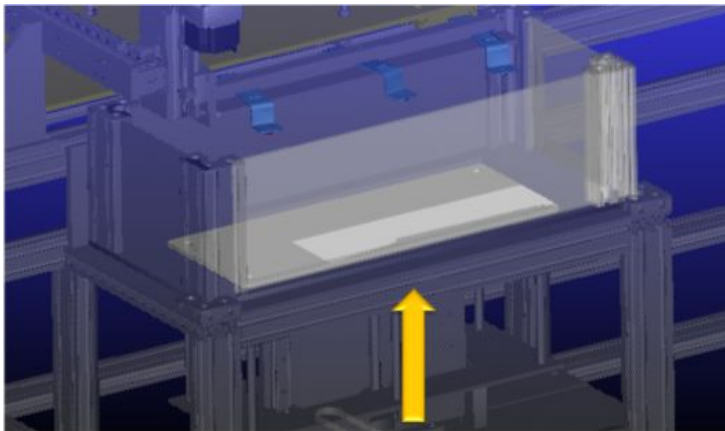
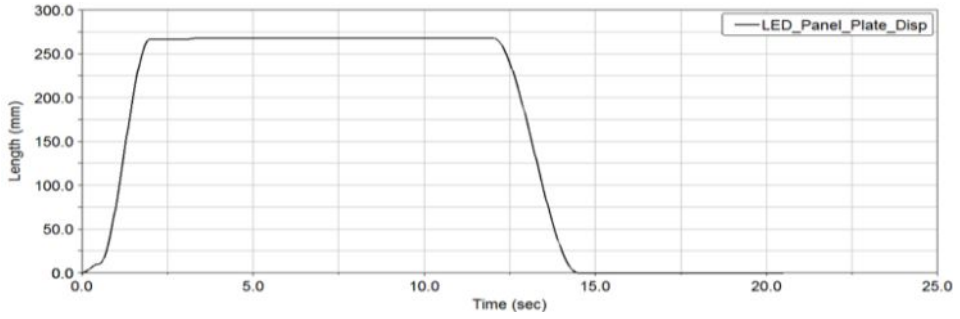
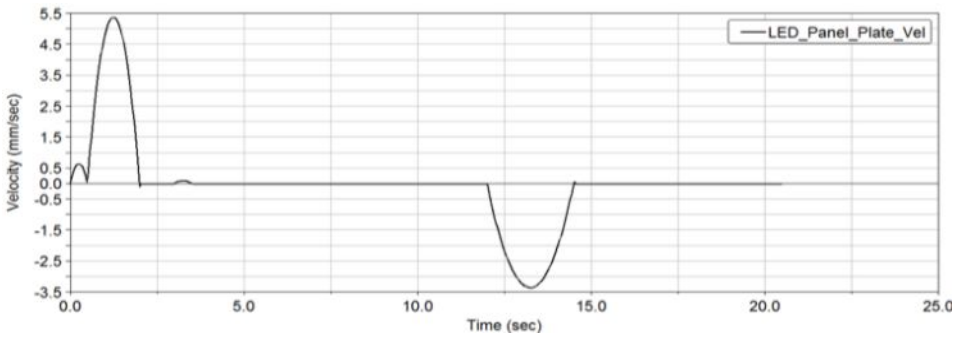


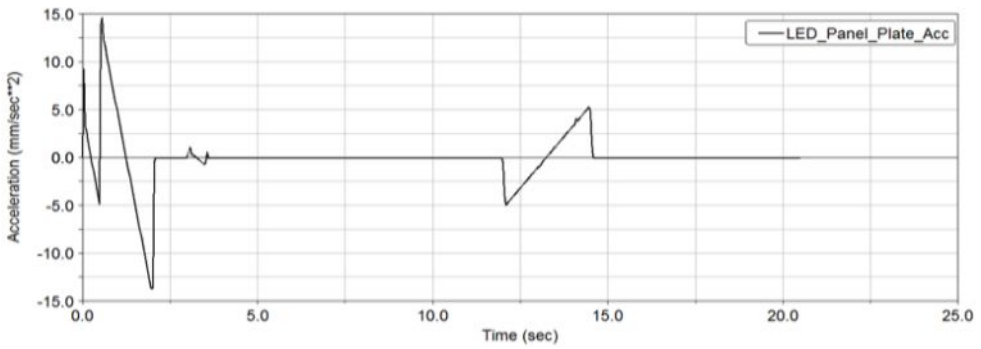
Fig. 3-24 Magazine plate



(a) Displacement of magazine plate



(b) Velocity of magazine plate



(c) Acceleration of magazine plate

Fig. 3-25 Dynamic characteristics of magazine plate

진공척 슬라이드1은 Fig. 3-26와 같이 진공척의 상·하 움직임으로 LED 패널을 매거진에서 들어올리고 피더 지그에 안착시키는 공정을 수행한다. Fig. 3-27은 진공척 슬라이드1의 동적 상태량들이다. (a)는 진공척 슬라이드1의 변위 그래프로, 공정 시간에 따른 진공척의 변위량이다. 2.5초에 진공척이 매거진에서 첫 번째 LED 패널을 집어올리고 지그로 이송되어 6초에 진공척이 내려와 피더의 지그에 안착시킨 후 7.5초에 다시 상승된다. 두 번째 패널은 앞선 첫 번째 패널의 이송과정을 반복하여 피더의 지그에 안착된다. (b)는 진공척 슬라이드1의 속도로, 진공척이 LED 패널을 집기 위해 슬라이드는 최대 37.6 mm/sec의 속도로 이동하고 피더의 지그에는 최대 55.5 mm/sec의 속도로 하강한다. (c)는 진공척 슬라이드1의 가속도 그래프이다.

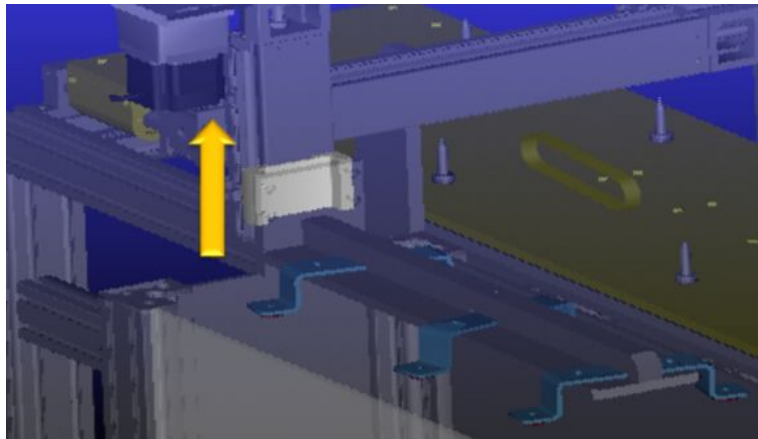
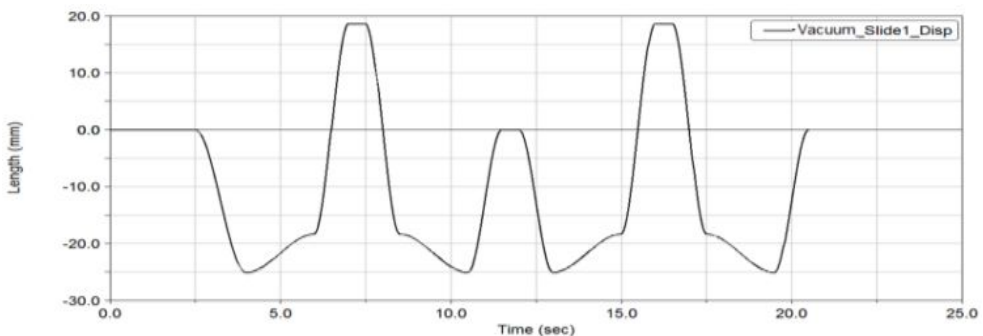
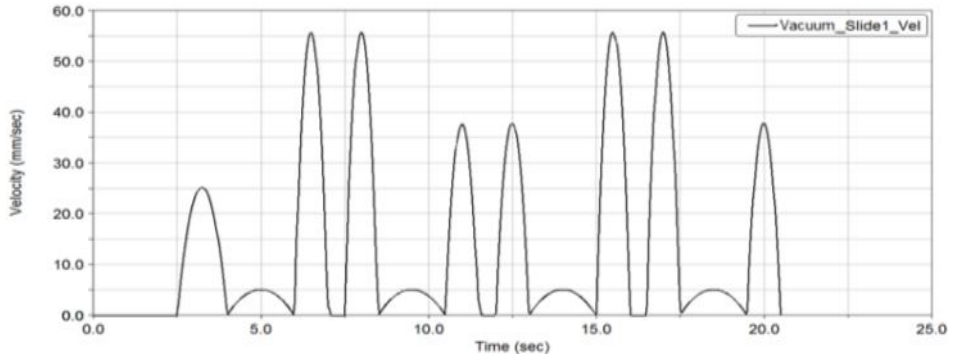


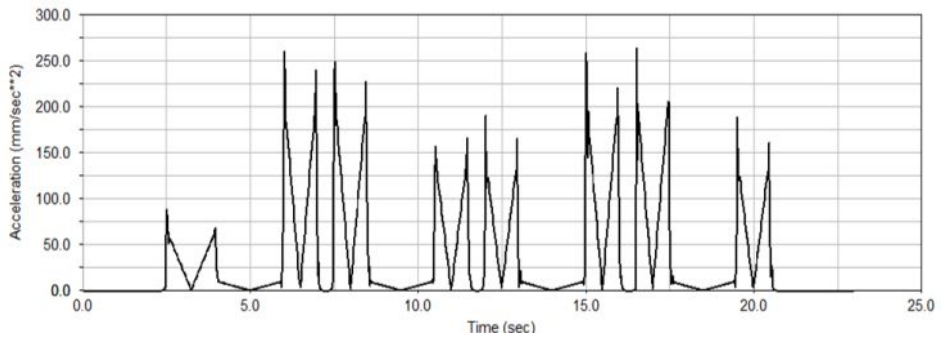
Fig. 3-26 Vacuum slide1



(a) Displacement of vacuum slide1



(b) Velocity of vacuum slide1



(c) Acceleration of vacuum slide1

Fig. 3-27 Dynamic characteristics of vacuum slide1

Fig. 3-28은 진공척 슬라이드2는 진공척의 좌·우 움직임으로, 진공척에 의해 들어올린 LED 패널 들을 피더의 지그로 이송한다. 진공척 슬라이드2의 동적 상태량들은 Fig. 3-29에 나타내었다. (a)는 진공척 슬라이드2의 변위량 그래프로, 4초에 진공척은 LED 패널을 집어 올린상태로 피더의 지그로 이동하고 패널을 내려놓은 이후 8.5초에 두 번째 패널을 이송하기 위해 매겨진으로 다시 이동한다. 두 번째 패널을 지그로 이송하기 위해 앞선 공정과정이 반복된다. (b)는 진공척 슬라이드2의 속도 그래프로, 슬라이드는 250 mm/sec의 속도로 이동한다. (c)는 가속도 그래프로 슬라이드의 각 공정마다 피크가 발생하지만, 이러한 피크는 노이즈로 변위와 속도 그래프에 미치는 영향이 미미함을 알 수 있다.

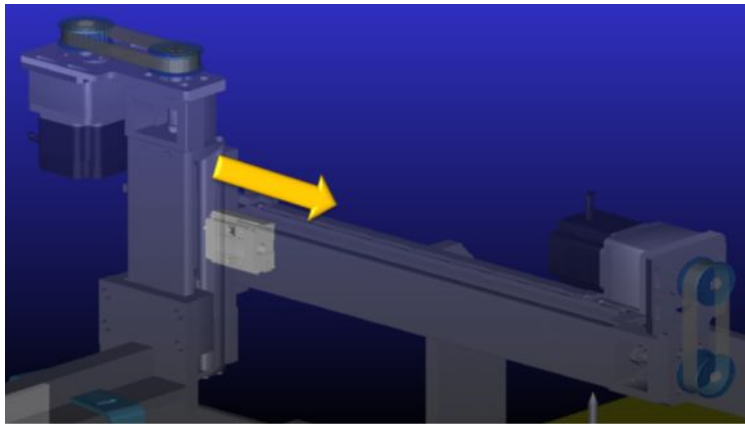
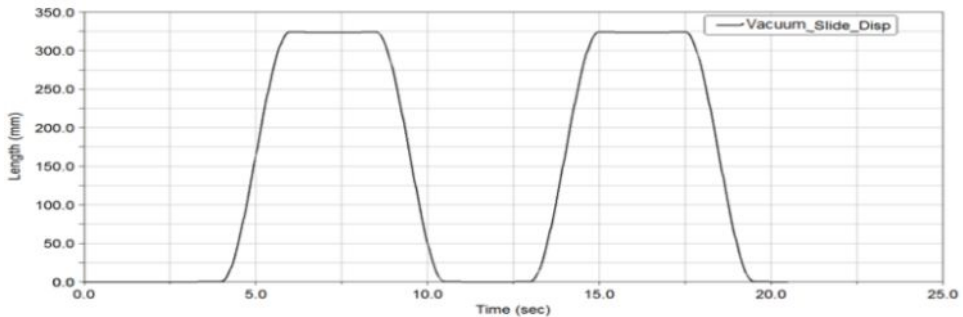
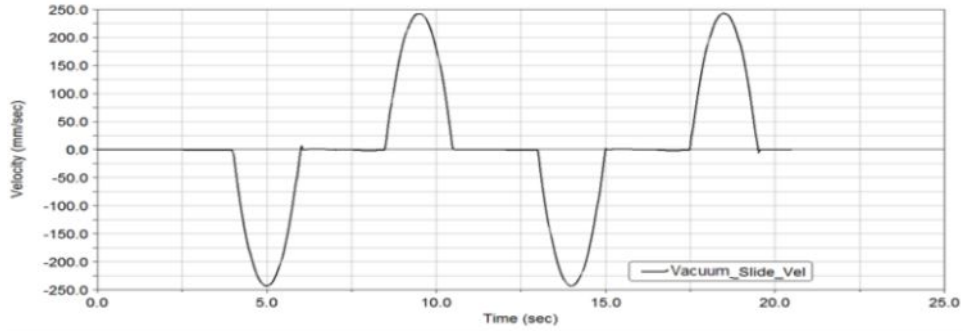


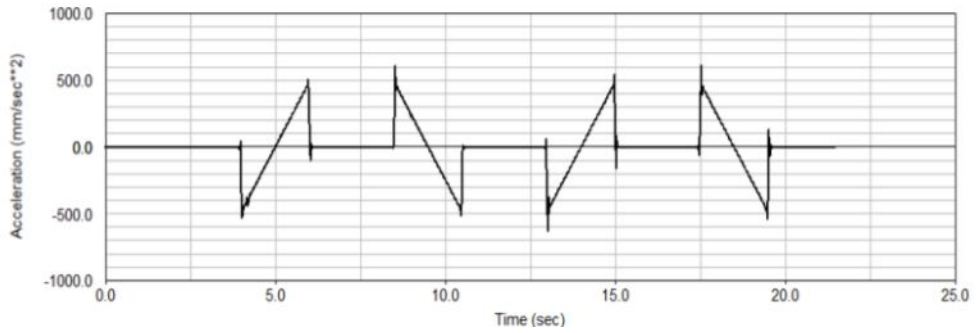
Fig. 3-28 Vacuum slide2



(a) Displacement of vacuum slide2



(b) Velocity of vacuum slide2



(c) Acceleration of vacuum slide2

Fig. 3-29 Dynamic characteristics of vacuum slide2

지그 슬라이드는 Fig. 3-30와 같이 피더 지그의 전·후 움직임에 관여한다. Fig. 3-31은 지그 슬라이드의 동적 상태량이다. (a)는 지그 슬라이드의 변위 그래프로, 첫 번째 LED 패널이 올려지고 지그에 두 번째 패널이 올려질 수 있도록 9초에 지그가 앞으로 이동한다. (b)는 지그의 속도로, 585 mm를 최대 590 mm/sec의 속도로 이동한다. (c)는 지그 슬라이드의 가속도 그래프로 선형적인 경향을 보이며 증가한다.

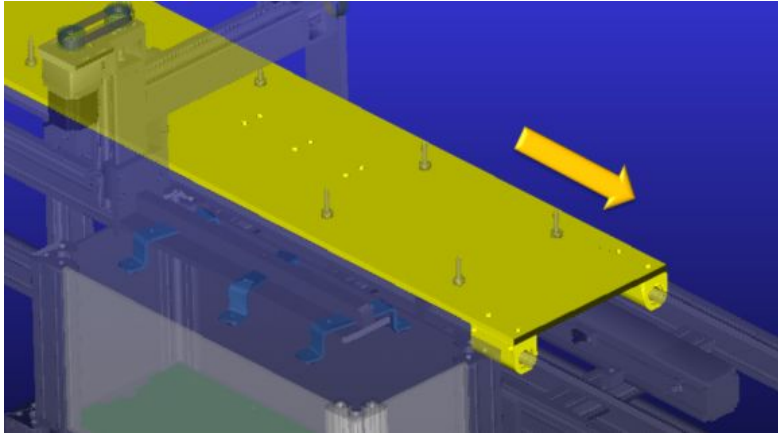
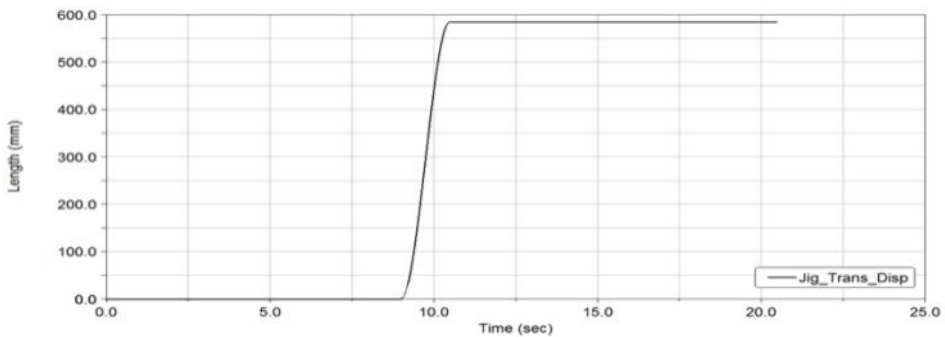
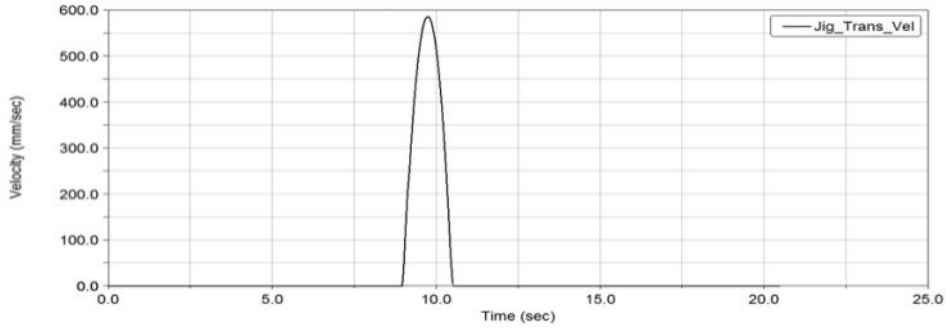


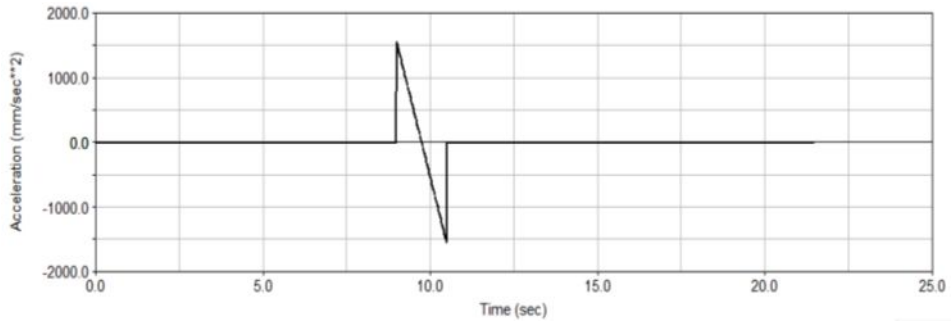
Fig. 3-30 Jig slide



(a) Displacement of jig slide



(b) Velocity of jig slide



(c) Acceleration of jig slide

Fig. 3-31 Dynamic characteristics of jig slide

시뮬레이션 결과, LED 패널 피더는 20.5초 동안 다음과 같은 공정과정이 수행된다. 매거진 플레이트는 카트리지에 저장된 LED 패널을 들어올리기 위해 공정이 시작된 후 0.5초 동안 카트리지로 상승된다. 매거진 플레이트는 2초까지 진공척 쪽으로 LED 패널을 들어 올리고, 2.5초에 진공척이 들어 올려진 패널을 집어 올린다. 3초에 매거진 플레이트는 진공척이 두 번째 패널을 집을 수 있도록 1.5 mm가 상승되고 대기한다. 4초에 진공척이 첫 번째 패널을 피더의 지그로 이송한 후, 6초에 진공척이 하강하여 LED 패널을 지그에 내려놓고 7.5초에 다시 상승된다. 8.5초에 진공척은 카트리지의 상단에 위치하기 위해 이동된다. 9초에 피더의 지그는 두 번째 패널이 안착할 수 있도록 앞으로 이동된다. 진공척은 10.5초에 하강하여 두 번째 패널을 매거진으로 부터 집어 올리고 12초에 패널을 집은 상태로 상승된다. 12초 동시에 비어있는 매거진 플레이트는 하강하여 제자리에 위치한다. 13초에 두 번째 패널은 진공척에 의해 피더의 지그로 이송된다. 피더의 지그 상단에 위치한 진공척은 15초에 하강하여 두 번째 패널을 지그에 안착시킨 후 16.5초에 상승된다. 두 번째 패널까지 지그에 안착시키고 진공척은 17.5초에 매거진의 상단으로 돌아온다. 19.5초에 진공척은 다음 패널을 집어 올릴 준비를 하기 위해 하강된다. 20.5초에 진공척이 하강을 마치면 LED 패널 피더의 공정 1 cycle이 완료된다. 공정시간 동안 LED 패널 피더의 이송부 변위는 Fig. 3-32에 나타내었다.

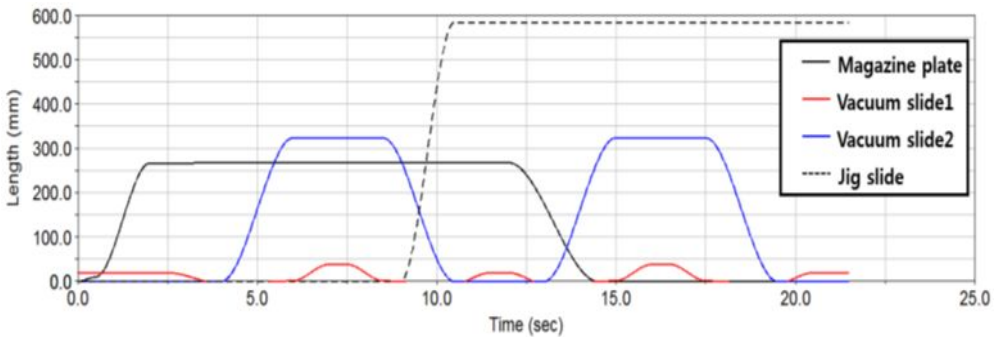


Fig. 3-32 Displacement for conveying unit of LED panel feeder during process time

2. 확산판 커버 피더의 가상시제품

전자동 확산판 커버 피더에서 이송부들의 움직임을 Fig. 3-32에 나타내었다. 확산판 커버 피더는 다음과 같은 공정 순서를 갖는다. A는 확산판 커버를 밀기 위해 높이를 조절하는 공정이다. B는 커버 푸셔가 커버를 반대편 플레이트로 미는 공정이다. C는 푸셔가 커버를 밀기 전에 커버 플레이트의 높이를 조절하는 공정이다. D는 패널을 진공 척으로 이송하는 공정이다. E는 집어들린 확산판 커버를 메인 컨베이어로 이송하는 공정이다. A부터 E까지의 공정과정 1 cycle을 22.5초 동안 수행하도록 설정하고 커버 피더의 공정을 시뮬레이션 하였다. 이송되어진 확산판 커버는, 앞선 LED 패널 피더에서 이송된 패널을 스crews 작업과 솔더링 작업을 거친 하나의 모듈에 안착되어 프레스작업을 통해 LED 융합조명으로 조립된다.

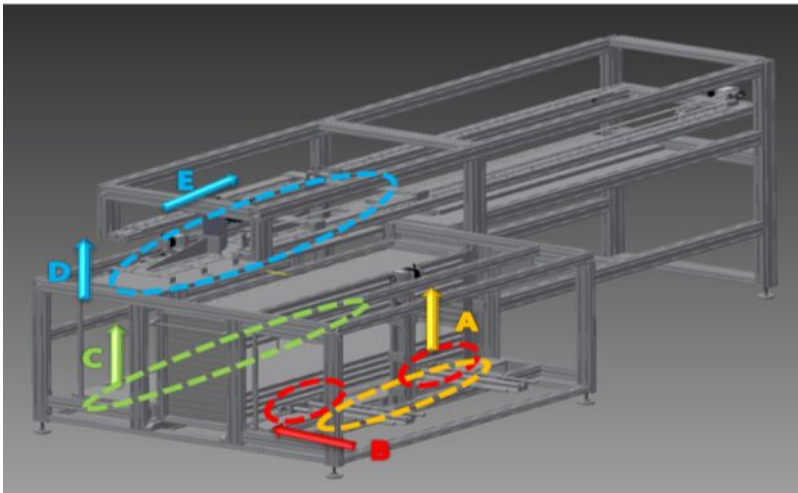


Fig. 3-33 Process of automated diffusion cover feeder

푸셔가 장착된 플레이트의 슬라이드는 확산판 커버를 밀어 넣기 전에 푸셔가 커버와 높이를 맞추는 플레이트의 상·하 움직임으로 Fig. 3-33에 나타내었다. 푸셔 플레이트 슬라이드의 동적 상태량은 Fig. 3-34에 나타내었다. (a)는 푸셔 플레이트 슬라이드의 변위 그래프로, 하단에 위치한 푸셔가 확산판 커버를 밀어 넣기 위해 커버와 푸셔 플레이트가 높이를 맞추기 위해 50 mm 상승한다. (b)는 푸셔 플레이트 슬라이드의 속도 그래프로, 최대 50 mm/sec의 속도로 이동한다. (c)는 푸셔 플레이트 슬라이드의 가속도 그래프이다.

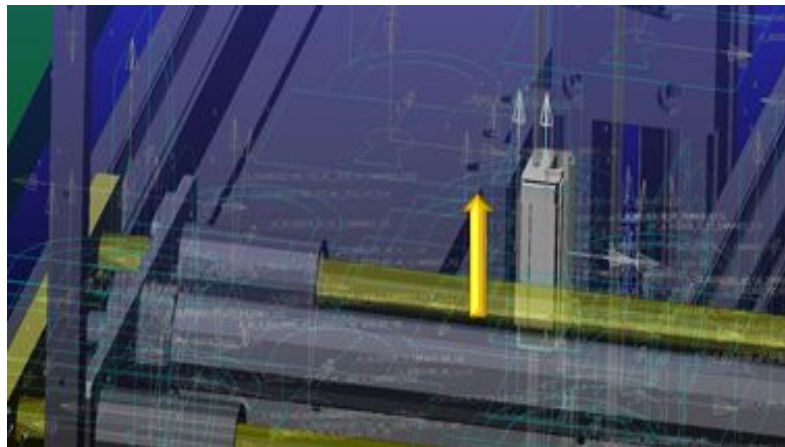
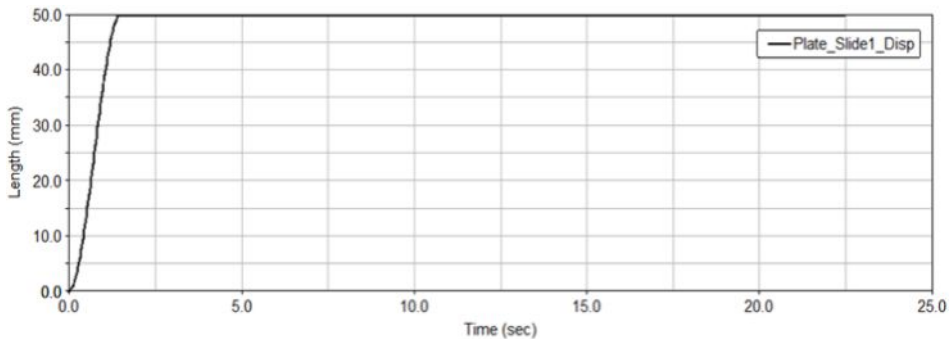
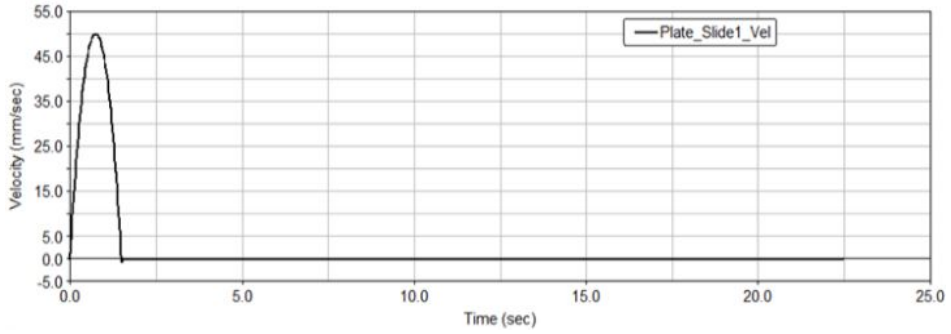


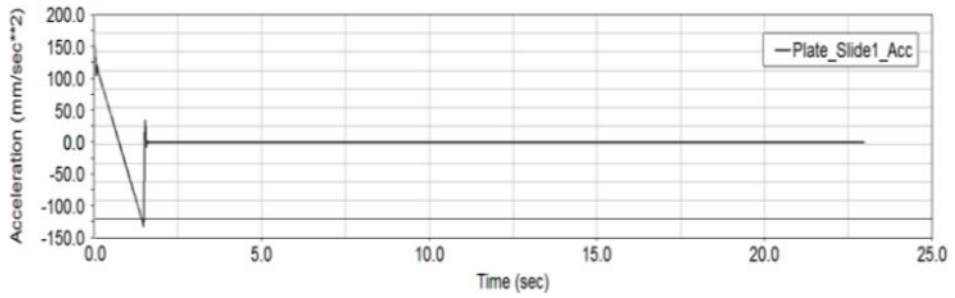
Fig. 3-34 Pusher plate slide



(a) Displacement of pusher plate slide



(b) Velocity of pusher plate slide



(c) Acceleration of pusher plate slide

Fig. 3-35 Dynamic characteristics of pusher plate slide

커버 플레이트의 슬라이드는 Fig. 3-35와 같이 플레이트의 상·하 움직임에 관여한다. 푸셔가 커버와 높이를 맞추면, 푸셔와 반대편에 위치한 커버가 올려 질 플레이트는 카트리지에 저장된 확산판 커버와 높이를 맞춘다. Fig. 3-36은 커버 플레이트의 동적상태량이다. (a)는 슬라이드의 변위량으로, 1.5초에 카트리지에 저장된 커버와 높이를 맞추기 위해 플레이트가 26.5 mm 이동한다. 이후, 커버가 플레이트에 탑재되면 5초에 599 mm 상승하여 커버를 진공척 쪽으로 들어올린다. (b)는 각 공정에 따른 슬라이드의 속도 그래프로, 1.5초에 39.8 mm/sec의 속도로 상승하고 5초에 359.4 mm/sec의 속도로 상승한다. (c)는 슬라이드의 가속도 그래프이다.

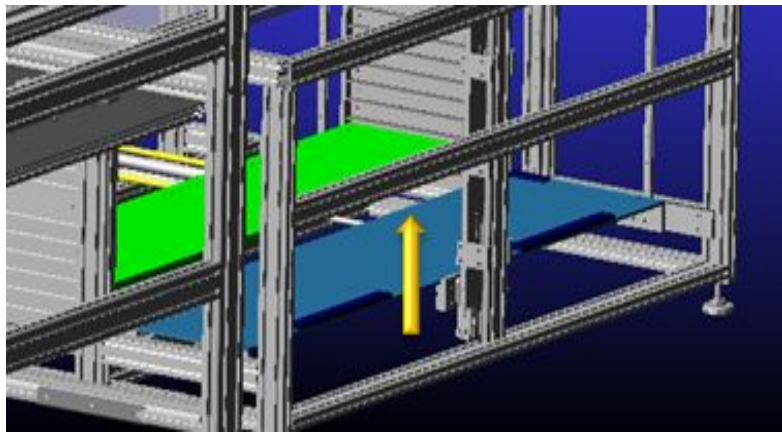
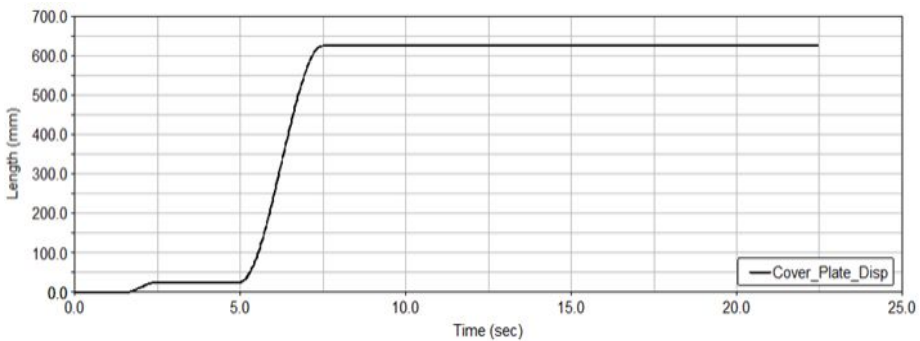
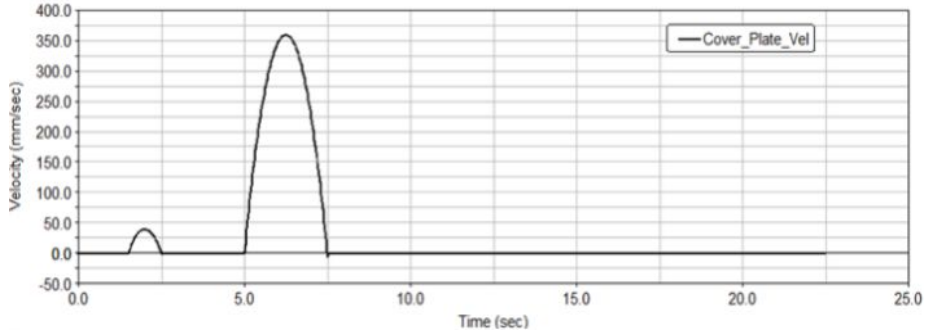


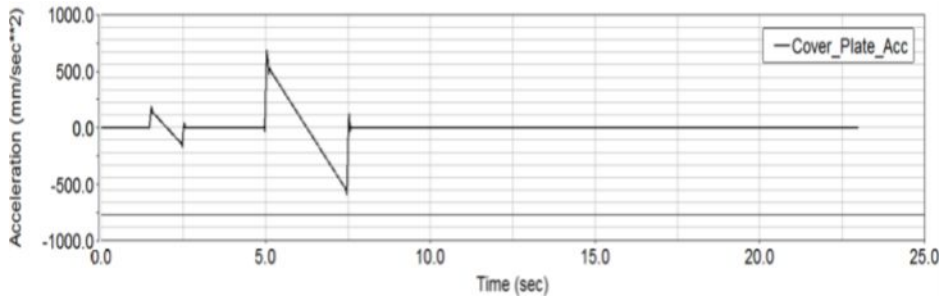
Fig. 3-36 Cover plate slide



(a) Displacement of cover plate slide



(b) Velocity of cover plate slide



(c) Acceleration of cover plate slide

Fig. 3-37 Dynamic characteristics of cover plate slide

푸셔는 Fig. 3-37과 같이 카트리지에 저장된 확산판 커버를 커버 플레이트로 밀어 넣는다. Fig. 3-38에 커버 푸셔의 동적 상태량을 나타내었다. (a)는 커버 푸셔의 변위량으로 2.5초에 확산판 커버를 커버 플레이트로 밀어 넣는다. 푸셔는 커버를 이송시킨 후 5.5초에 제자리에 위치한다. (b)는 푸셔의 속도 그래프로 푸셔는 6.2 mm/sec의 속도로 이동하고 47 mm/sec의 속도로 커버를 밀어 넣는다. (c)는 커버 푸셔의 가속도로 노이즈가 발생하지만 속도에 미치는 영향은 미미하다.

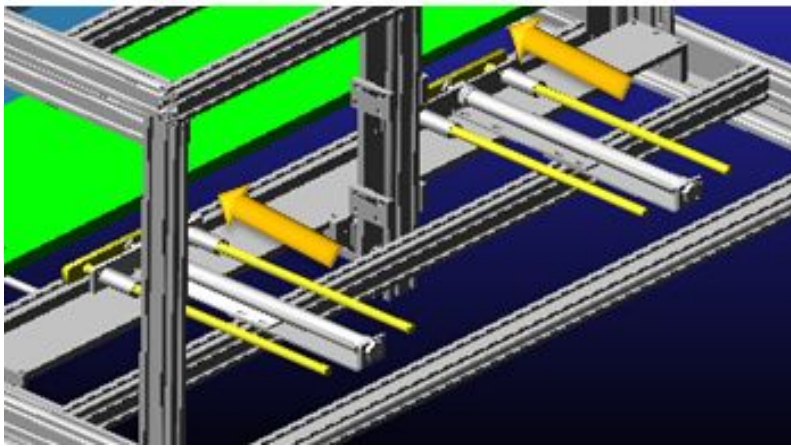
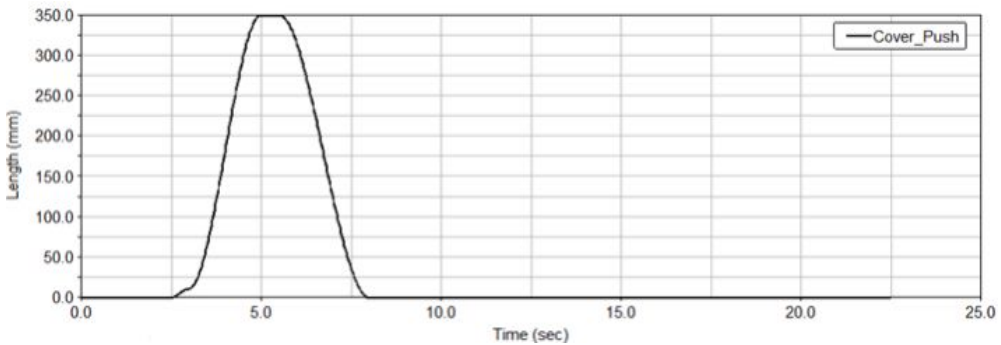
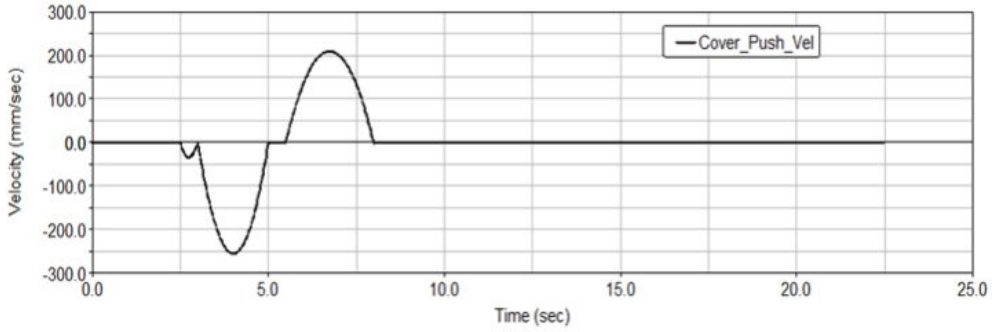


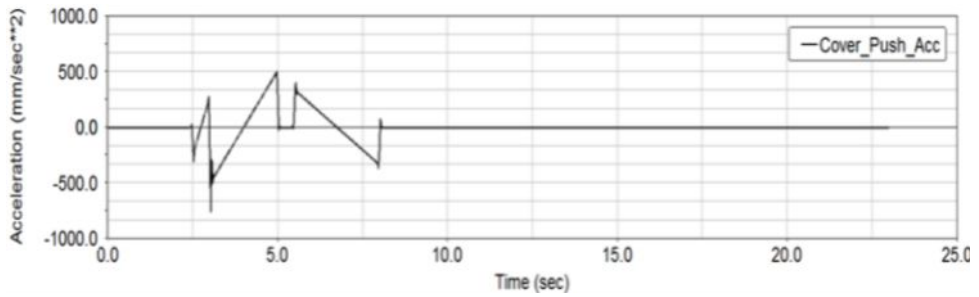
Fig. 3-38 Cover pusher



(a) Displacement of cover pusher



(b) Velocity of cover pusher



(c) Acceleration of cover pusher

Fig. 3-39 Dynamic characteristics of cover pusher

진공척 슬라이드1은 Fig. 3-39과 같이 진공척의 상·하 움직임으로, 커버 플레이트에 의해 커버가 올라오면 진공척이 하강하여 커버를 집어서 들어올린다. 진공척 슬라이드의 동적 상태량은 Fig. 3-40에 나타내었다. (a)는 슬라이드의 변위량으로, 7.5초에 커버를 집기 위해 하강하고 커버를 집어서 들어올린다. 이후 15초에 메인 컨베이어에 이송되어 있는 조립된 LED 용합조명 모듈에 커버를 안착시키고 프레싱 작업을 통해 커버를 모듈에 장착시킨다. (b)는 슬라이드의 속도 그래프로, 103 mm/sec로 하강하여 55 mm/sec로 들어올린다. 이후 LED 용합조명에 커버를 안착시키는 공정은 55 mm/sec로 수행된다. (c)는 진공척 슬라이드의 가속도이다.

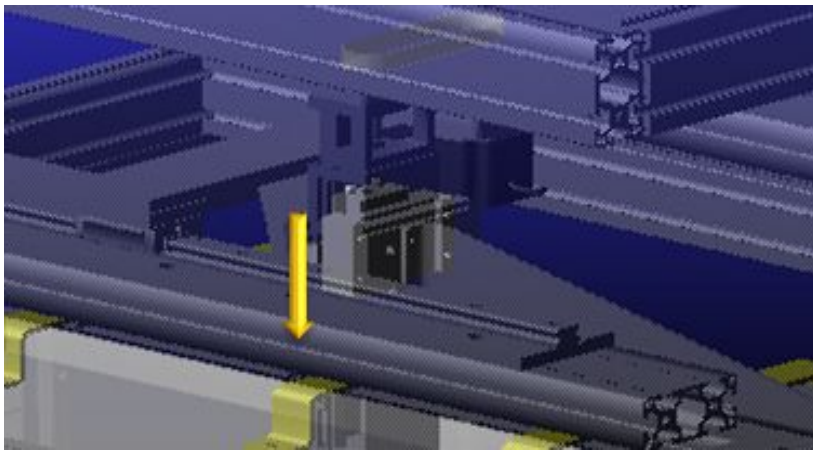
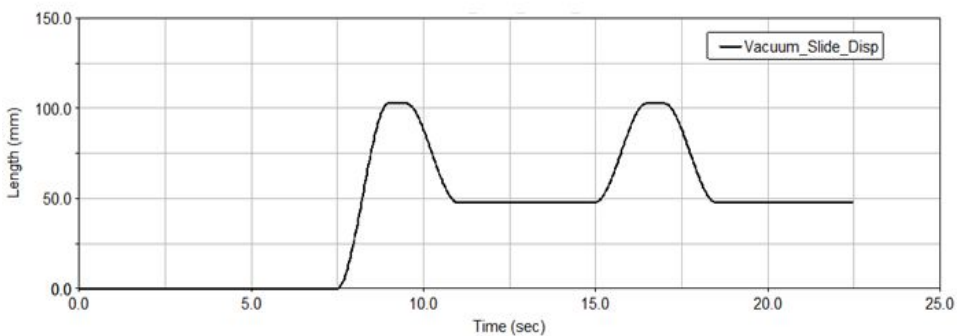
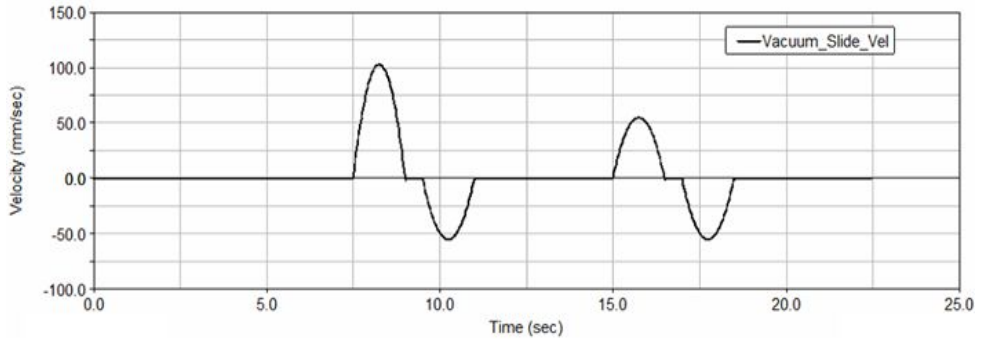


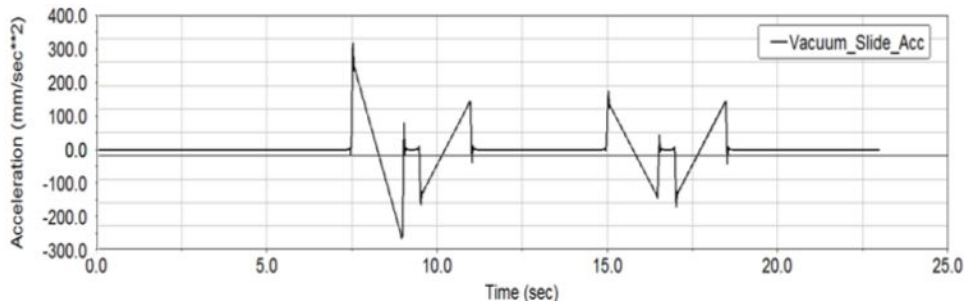
Fig. 3-40 Vacuum slide1



(a) Displacement of vacuum slide1



(b) Velocity of vacuum slide1



(c) Acceleration of vacuum slide1

Fig. 3-41 Dynamic characteristics of vacuum slide1

진공척 슬라이드2는 Fig. 3-41과 같이 진공척의 전·후의 움직임에 관여하는 이송부로 진공척이 집어 올린 커버를 메인 컨베이어의 LED 융합조명 모듈로 이송한다. Fig. 3-42에 슬라이드2의 동적 상태량을 나타내었다. (a)는 진공척의 전·후 움직임의 변위량 그래프로, 11초에 메인 컨베이어로 이동하여 진공척이 커버를 내려놓으면 18.5초에 제자리에 다시 위치한다. (b)는 진공척 슬라이드2의 속도로, 진공척은 599.8 mm/sec의 속도로 왕복한다. (c)는 진공척 슬라이드2의 가속도 그래프이다.

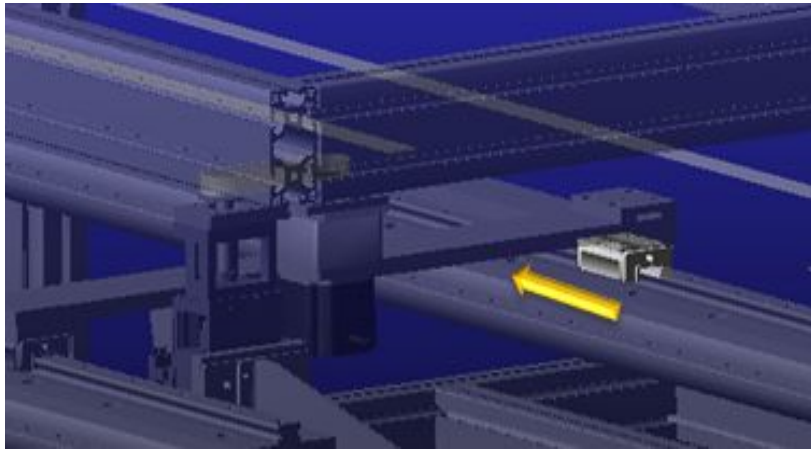
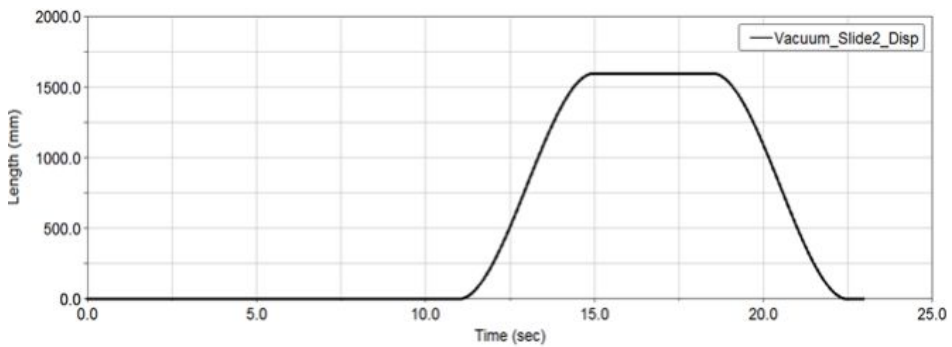
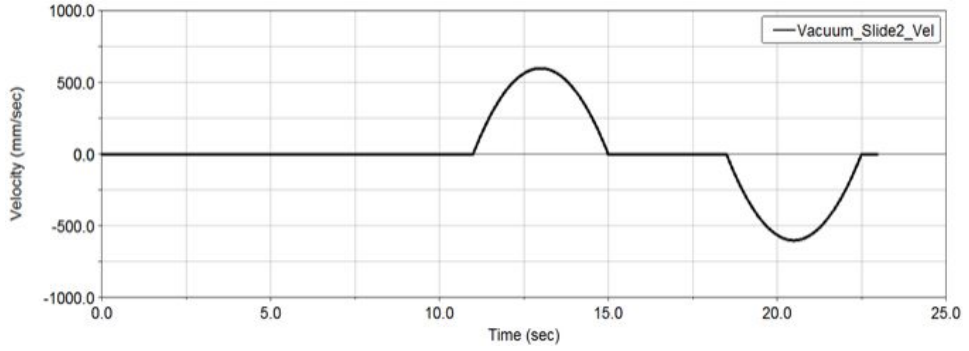


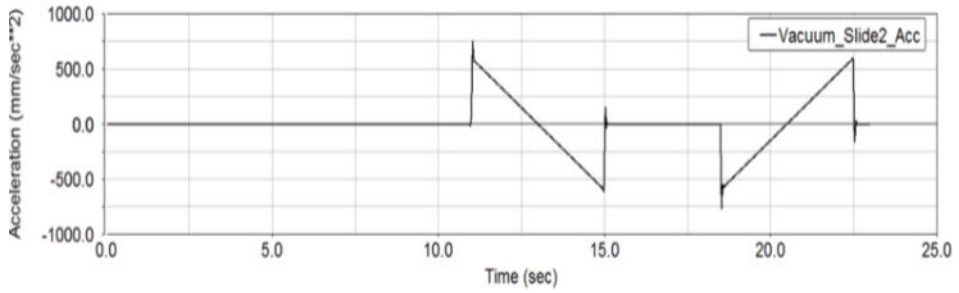
Fig. 3-42 Vacuum slide2



(a) Displacement of vacuum slide2



(b) Velocity of vacuum slide2



(c) Acceleration of vacuum slide2

Fig. 3-43 Dynamic characteristics of vacuum slide2

시뮬레이션 결과, 확산판 커버 피더는 22.5초 동안 다음과 같은 공정과정이 수행된다. 공정이 시작되고 1.5초 동안 푸셔가 탑재된 푸셔 플레이트는 카트리지에 저장된 커버를 밀기 위한 푸셔의 높이를 조정한다. 1.5초에 푸셔가 카트리지에 저장된 커버를 밀어 넣기 전 푸셔의 반대편에 위치한 커버 플레이트는 커버에 맞추어 높이가 조절된다. 커버와 높이가 맞춰진 푸셔는 2.5초에 카트리지에 저장된 커버로 전진한다. 3초에 푸셔는 커버 플레이트로 커버를 밀어 넣는다. 커버가 탑재된 커버 플레이트는 5초에 진공척 쪽으로 커버를 들어올린다. 5.5초에 푸셔는 제자리에 위치한다. 들어 올려진 커버는 7.5초에 진공척이 하강하여 집고 9.5초에 상승된다. 11초에 커버는 진공척이 피더에서 메인 컨베이어의 조립된 모듈의 상단에 위치하도록 이송된다. 조립된 모듈의 상단에 위치한 진공척은 15초에 하강하여 커버를 조립 모듈에 안착시킨 후 프레싱작업을 통해 커버를 조립하고 17초에 다시 상승된다. 18.5초에 상승된 진공척은 다시 피더로 이송되어 22.5초에 제자리에 위치한다. 22.5초 까지 공정을 마치면 확산판 커버 피더는 공정과정 1 cycle이 완료된다. 공정시간 동안 확산판 커버 피더의 이송부 변위는 Fig. 3-44에 나타내었다.

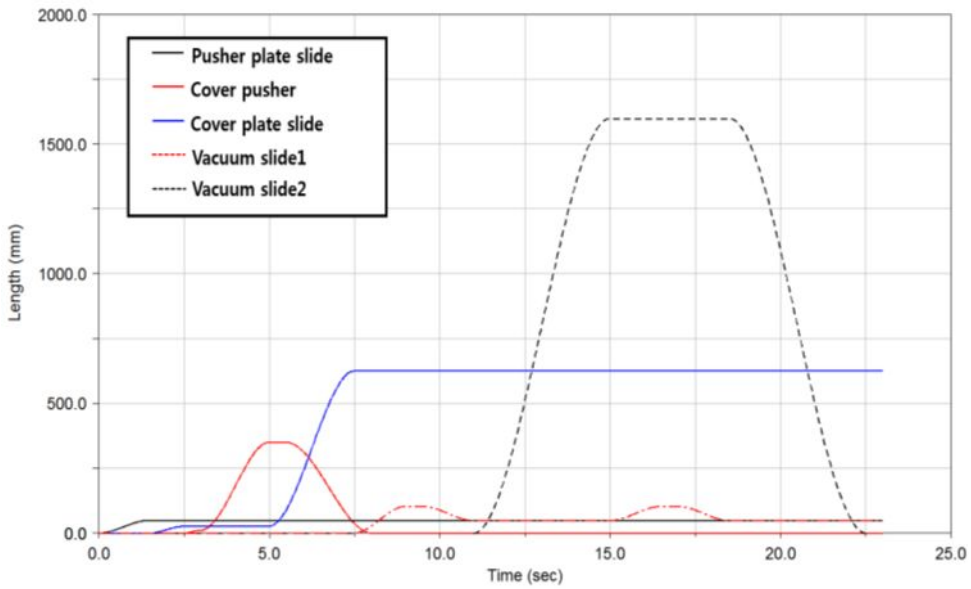


Fig. 3-44 Displacement for conveying unit of diffusion cover feeder during process time

제 5 장 결 론

본 논문에서는 LED 융합조명 자동화 조립 시스템의 피더의 안정성과 동특성 분석에 관하여 연구하였다. 설계된 반자동 피더와 전자동 피더의 공정과정에서 발생하는 하중에 대하여 시스템의 안정성을 분석하였다. 또한 시제품을 제작하지 않고 각 시스템의 이송부를 구현하여 적정 공정시간 동안의 작업을 수행하기 위한 이송부 움직임을 시뮬레이션하였다. 본 논문의 주요 연구 결론은 다음과 같다.

1. 연구결론

1. 반자동 피더 시스템의 안정성을 분석하기 위해 LED 패널과 확산판 커버를 이송하는 각 피더 시스템의 이송라인에 발생하는 하중에 대하여 구조해석을 수행하였고 시스템이 지속적으로 패널과 커버를 이송할 때 피로수명을 분석하였다. 반자동 LED 패널 피더와 확산판 커버 피더는 부품을 이송하며 발생하는 하중에 대하여 충분한 안정성을 보이고 충분한 피로수명을 갖추었다.

2. 각 피더의 이송라인에 정상 안전계수 범위 1.5~2를 만족시키는 하중을 도출하여 시스템이 어느 정도의 하중까지 버틸 수 있는지 시뮬레이션을 통해 반자동 피더 시스템의 한계하중을 분석하였다. 시뮬레이션 결과 각 피더는 공정과정에서 발생하는 하중보다 더 큰 하중을 버틸 수 있다.

3. 피더 시스템을 제작하기 앞서 이송라인을 구현하여 벨트의 장력, 엑추에이터의 토크, 구동 풀리의 각속도 및 각가속도를 도출함으로써 반자동 피더 시스템의 이송라인 벨트 동특성을 분석하였다. 시뮬레이션 결과 벨트가 정상적으로 구동함을 확인하였고 실제 시스템을 제작할 때 이송라인의 모터의 용량을 비교 및 선정할 수 있다.

4. 전자동 피더 시스템의 각 카트리지에 저장되어 있는 패널 60개와 커버 14개의 무게에 해당하는 하중이 시스템에 가해질 때 시스템의 안정성과 피로수명을 분석하였다. 분석결과 LED 패널 피더는 안전계수 범위는 만족하지만 충분한 안정성과 피로수명을 갖추지 못하였고 확산판 커버는 충분한 안정성과 피로수명을 보였다. 안정성이 부족한 LED 패널 시스템에 지지점을 추가하여 기존의 지지점이 5개인 시스템과 비교하였다. 비교 결과, 기존 시스템은 응력이 매거진의 얇은 봉에서 발생하지만 지지점을 추가한 모델은 매거진의 프레임에서 발생됨을 확인하였고 기존 시스템에 비해 더 큰 응력을 버틸 수 있음을 확인하였다.

5. 전자동 피더 시스템의 가상시제품을 개발하여 각 전자동 피더 시스템의 이송부를 ADAMS상에서 구현하고 공정과정을 시뮬레이션하였다. 시제품을 만들지 않고 설정된 공정시간 동안 각 시스템 이송부의 변위, 속도, 가속도를 도출할 수 있는 가상시제품을 개발하였다. 가상시제품을 개발함으로써 설계상 문제를 발견하여 개발시간을 단축할 수 있고 여러 가지 설계사양을 변화시켜 시스템의 성능을 테스트하여 제품의 질을 향상시킬 수 있는 설계 모듈을 개발하였다.

2. 향후계획

본 논문에서는 LED 융합조명 자동화 조립시스템에서 설계된 LED 패널 피더와 확산판 커버 피더를 분석하였다. LED 패널 투입부터 확산판 커버를 조립하는 마지막 공정까지 시뮬레이션을 하면 자동화 조립 시스템의 tack time table을 도출할 수 있고 조립 시스템의 시간당 생산횟수(UPH)를 도출할 수 있다. 피더 시스템 외에 LED 융합조명 조립공정을 ADAMS상에서 구현하여 전 공정에 대한 추가적인 시뮬레이션이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Jeong, S. H., Cha, K. R., Shin, B. S., Na, Y. C., “Development of Virtual Prototype for Separator Winding and Inserting Machine of Battery Assembly,” KSPE Conference, 2002. 5., pp. 727- 730, 2002.
2. Chen, Yan., Xue, He., “Model and Dynamic Simulation of Belt Conveyor,” International Conference on Intelligent System Design and Engineering Application, 2010. 10., pp. 949-951, 2010.
3. Jeong, S. H., Choo, S. W., “A Study on Stability Analysis of LED Lighting Convergence Production System using FEM,” KSPE Conference, 2015. 12., pp. 363-364, 2015.
4. Jeong, S. H., Cha, K. R., Kim, H. U., Na, Y. C., “Development of Virtual Prototype for Labeling Unit on the Automatic Battery Manufacturing Line,” KSMTE Conference, 2002. 4., pp. 357-362, 2002.
5. Kang, H. J., Kim, B. H., Kim, D. K., Choi, H. S., Yoo, C. Y., “A Study on Structural Analysis of Bladder Press System,” KSMPE Conference, 2013. 5., pp. 107-107, 2013.
6. Cheong, S. H., Choi, S. D., Kweon, H. K., Shon, J. Y., “Dynamic Analysis for Performance Improvement of Line Center,” J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 2, No. 2, pp. 75-83, 2003.
7. Choi, Y. S., Lee, W. S., Hwang, I. H., Park, H. K., Jo, H. T., Lee, Y. S., Kim, K. J., Song, S. T., Lee, J. C., “A Study on the Structural Analysis of Automotive Crankshaft Multi Grinding Machine,” J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 11, No. 1, pp. 20~25, 2012.
8. Han, M. S., Jo, J.u., “A Study on Durability of Under Bar at car through Structural and Fatigue Analysis,” J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 14, No. 2, pp. 38-44, 2015.
9. Cho, J. H., Moon, D. J., Lee, J. C., “A Study on the CAE Analysis of Bed of Multi-Tasking Machine for Automotive Power Train Shafts,” J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 14, No.1, pp. 9-14, 2015.

10. Jeong, J. U., Kwon, S. J., Chu, B. S., Park, J. Y., “Unified-type Design and Structural Analysis for Mecanum Wheel Performance Improvement,” J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 13, No. 2, pp. 117-123, 2014.
11. Jeong, S. H., Park, G. H., Moon, J. H., “A Study on Design of Stiffness Structure for RCM manipulator,” KSPE Conference, 2012. 10., pp. 755-756, 2012.
12. Kwon, Y. J., 2001, "Rigid body dynamic analysis of upper and lower jaw-bones for the calculation of the impact force applied on a dental implant system," 2001 Korea ADAMS User Conference.
13. Choi, J. H., “Development of Excavator Simulation Model using ADAMS/AMESim program,” KSPE Conference, 2012. 5., pp. 35-36, 2012.
14. Moon, D. H., Lee, J. S., Baek, S. G., Jhang, B. L., Kim, Y. G., “Developing Automatic Lens Module Assembly System Using 3D Simulation,” The Korea Society for Simulation, Vol. 16, No. 2, pp. 65-74, 2007.
15. Chan, D. S. K., “Simulation Modeling in Virtual Manufacturing Analysis for Integrated Product and Process Design,” Assembly Automation, Vol. 23, No. 1, pp. 69-74, 2003.
16. Fowler, J. A. Rose, O., “Grand Challenges in Modeling and Simulation of Complex Manufacturing Systems,” International Journal of Engineering Business Management, Vol. 80, No. 9, pp. 469-476, 2004.
17. Moon, D. H., Cho, H. I. Baek, S. G., “A Case Study of the Design of Robot Welding Station in an Excavator Factory Using 3D Simulation,” Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 15, No. 1, pp. 51-58, 2006.
18. Moon, D. H., Baek, S. G., Zhang, B. L., Jung, J. Y., Kim, Y. K. Song, J. Y., “Application of Virtual Manufacturing in Developing Manufacturing System for the Lens Module of Phone-Camera,” In Preprints of 12th International Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, 2006. 5, pp. 93-98, 2006.