

# 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 어체 상자 제함기 동작 분석에 관한 연구

정성현\*, 전철웅\*\*, 손정현\*\*\*,#

\*부경대학교 대학원 기계설계공학과, \*\*부경대 산업과학기술연구소, \*\*\*부경대학교 기계설계공학과

## A Motion Analysis Study of Casers for Fish Boxes using Computer Simulation

Sung-Heon Jung\*, Chul-Woong Jun\*\*, Jeong-Hyun Sohn\*\*\*,#

\*Graduate of Mechanical Design Engineering PKNU,

\*\*Research institute of Industrial Science & Technology PKNU,

\*\*\*Department of Mechanical Design Engineering PKNU

(Received 4 March 2019; received in revised form 10 March 2019; accepted 16 March 2019)

### ABSTRACT

In this country, mackerel landing, sorting, and packing are mostly performed manually, which is time consuming and labor intensive. An unloading automation system saves time and labor by automating the landing, sorting, and packing processes. Casers are devices for manufacturing packing boxes for fish used by unloading automation systems. The caser design in this study is for mackerel packing boxes. This caser makes a packing box based on a press using the caser's slide crank. When the caser makes a packing box, the manufacturing sequence is determined by the caser's production guide and assisting rod. The caser design in this study is simulated using a multi-body dynamics program. The simulation is used to analyze the caser and to visualize the box-making sequence.

**Key Words** : Caser(제함기), Multi-body Dynamics(다물체동역학), Computer Simulation(컴퓨터 시뮬레이션), Fish Box(어체상자), Motion Analysis(동작 분석)

### 1. 서 론

국내에서는 고등어의 양륙, 선별, 포장까지 대부분 수작업으로 이루어지고 있다. 작업이 수작업으로 진행이 되기 때문에 시간과 노동력이 많이 소요된다. 현대 사회는 고령화가 갈수록 심화될 뿐만

아니라. 양륙, 선별, 포장의 작업 노동자 수도 점점 줄어드는 추세이다. 이러한 추세에 맞춰 고등어 양륙 자동화 시스템은 양륙, 선별, 포장까지 자동화하여 시간과 노동력을 단축 할 수 있다. 양륙 자동화 시스템에서 제함기는 고등어 포장 상자를 제작하는 기계이다. 만들어져 있는 상자를 사용하게 되면 공간이 한정적이기 때문에 많은 양의 상자를 적재할 수 없다. 제작되지 않은 시트 상태의 상자는 공간을 효율적으로 사용할 수 있다. 그러므로 많은 양

# Corresponding Author : [jhsohn@pknu.ac.kr](mailto:jhsohn@pknu.ac.kr)

Tel: +82-51-629-6166, Fax: +82-51-629-6150

Copyright © The Korean Society of Manufacturing Process Engineers. This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 3.0 License (CC BY-NC 3.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

의 시트 상태의 상자를 제합기를 통해 즉시 제작하여 사용하면 공간을 효율적으로 사용할 수 있으며, 제합기를 통해 상자를 제작하는 노동력도 감축할 수 있다.

최근 제합기의 어체상자 제작과정 분석을 위한 동역학적 모델링과 관련한 선행연구가 수행되었다. 그러나, 이 논문에서는 제합기 설계와 관련한 내용은 포함되지 않았다. 본 연구에서는 양륙 자동화 시스템용 어체 상자 제작을 위한 제합기의 설계를 포함하였다. 대다수의 제합기는 시트형 상자를 사각 형태로 펼치는 방식을 통해 상자를 제작하고 있다.<sup>[1]</sup> 본 연구에서 고려한 어체상자 제작을 위한 제합기는 포머의 프레스 방식을 통해 상자를 제작하는 방법을 사용하였으며, 실제 사용될 어체상자를 고려하여 제합기의 보조기구를 설계하였다. 제합기 포머의 프레스 방식은 모터를 이용한 슬라이드 크랭크(sliding crank)를 사용하였으며, 제합기의 보조기구는 에어 실린더 방식(air cylinder type)을 사용하였다. 상용동역학 해석프로그램인 RecurDyn을 이용하여 슬라이드 크랭크 기구 시뮬레이션을 수행하여 설계된 제합기의 상자 제작중의 동작을 분석하여 설계를 검토하였다.

## 2. 제합기 설계

### 2.1 제합기 구조

제합기는 Fig. 1과 같이 이송 파트(Part), 제작 파트 2가지로 구성되어있다. 상자 이송 파트는 제합기에 적재되어있는 시트형 상자를 한 장씩 이송시키는 파트이며, 컨베이어(Conveyor)를 통해 상자를 이송한다. 상자가 제작되었을 때 상자가 형태를 유지할 수 없으므로, 컨베이어에 의해 이송될 때 접촉제를 투여한다. 제합기의 제작 파트는 제합기에 사용되는 상자의 기본 형태에 따라서 다양하게 설계된다. 어체 상자에 사용되는 상자는 Fig. 2와 같다. Fig. 2와 같은 어체 상자를 제작하기 위해서 포머를 이용한 프레스 방식을 선택하였다. 제합기의 포머는 수직 운동을 해야 하므로 모터 구동에 의한 슬라이드 크랭크 방식을 고려하였다. 프레스에 의한 상자 제작방식은 상자의 제작 가이드(guide)가

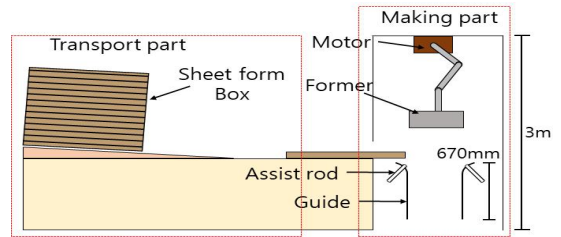


Fig. 1 Caser for fish box

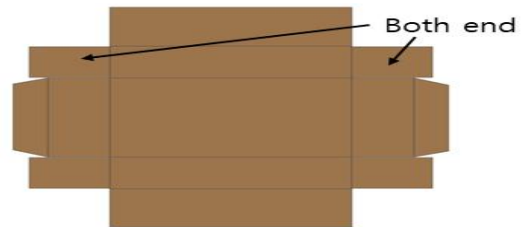


Fig. 2 Packing box

필요하다. 제작 가이드는 4개의 면으로 되어있으며 가이드와의 접촉을 통해 상자의 형태를 잡아준다. 또한, 4면 제작 가이드의 높이 차이를 통해 상자가 제작되는 순서를 결정할 수 있다. 어체 상자는 제작할 때 접히는 부분이 많으므로 포머에 의한 프레스 방식으로만 제작하기 어려운 부분이 있다. 그러므로 상자가 프레스 방식으로 접힘과 동시에 제합기에 보조기구로 상자의 양 끝 날개 부분을 접어 상자를 제작한다.

### 2.2 어체상자용 제합기 설계

제작 가이드는 상자의 크기에 따라서 맞출 수 있도록 제합기에 고정시키지 않고 유동적으로 간격을 조절할 수 있게 하였다. 설계된 제합기의 제작 가이드는 높이가 670mm이며, Fig. 3과 같다. 제작 가이드는 가로 면과 세로 면의 20mm의 높이차를 두어 상자가 접히는 시간 차이를 주었다. 이 시간 차이를 통해 상자가 한꺼번에 접히지 않고 순차적으로 접히게 하였다.

제합기의 포머는 슬라이드 크랭크로 설계를 하였다. 포머가 제작 가이드의 끝까지 내려가기 위해 모터에 연결되는 링크의 길이는 300mm로, 포머가 600mm 왕복운동을 할 수 있게 하였다.

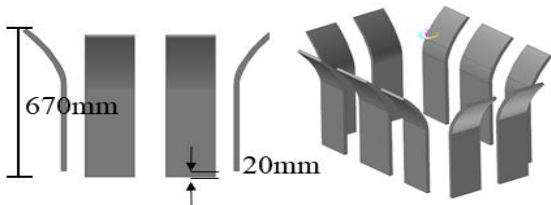


Fig. 3 Guide of caser

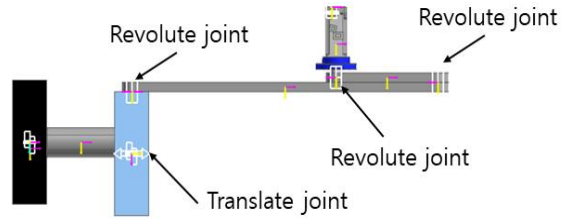


Fig. 6 Former of caser

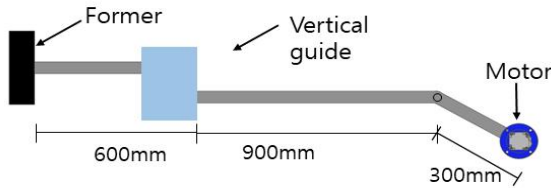


Fig. 4 Slide crank mechanism of former

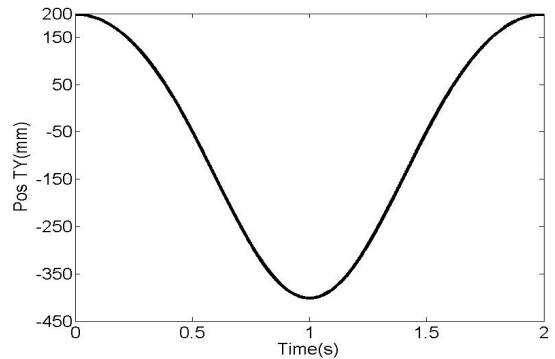


Fig. 7 position of former

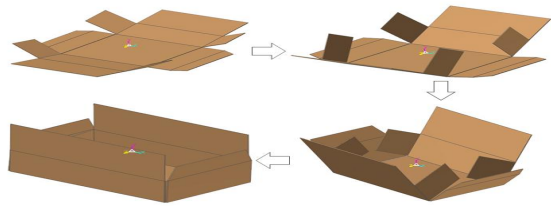


Fig. 5 Production process of box

### 3. 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 제한기의 동작 분석

제한기의 크기와 가이드의 위치를 맞추기 위해 900mm의 링크를 연결하였다. 모터에 연결된 링크는 모터 회전에 의해 회전 운동을 한다. 포머가 수직 운동을 하기 위해서 제한기 프레임에 연결되는 수직 가이드를 설계하였으며 수직 가이드와 연결하여 포머의 병진 운동을 하게 하였다. 설계된 슬라이드 크랭크 및 포머는 Fig. 3과 같다.

제한기의 보조기구는 제작 가이드에 의해 상자가 접히는 중 상자의 양 끝 날개 부분을 접는 역할을 한다. 보조기구는 지면에 45° 기울어져 있으며 직선 운동을 통해 상자의 양 끝을 밀어서 접는 방식이다. 이동 거리는 가이드의 상단부 위치에서 양 끝 날개 부분이 완전히 접히는 거리로써 약 160mm이다. 보조기구는 짧은 시간 안에 이동해야 하므로 에어 실린더로 설계하였다. 포머, 가이드, 보조기구를 통해 상자가 제작되는 순서는 Fig. 5에 도시하였다.

시뮬레이션에 사용된 프로그램 RecurDyn은 현재 다물체동역학, 유연 다물체동역학, 접촉 해석 등에 사용이 되며, 시스템의 동적인 거동 예측이나 하중 계산, 진동 문제가 포함된 자동차, 항공우주, 산업 및 건설 기기와 같은 시스템의 해석에 다양하게 사용되는 프로그램이다. 본 연구에서는 설계한 제한기의 동작 분석 및 설계 검증을 위해 RecurDyn으로 슬라이드 크랭크 기반인 포머를 동역학적으로 모델링 하였다. 포머는 Fig. 6과 같이 모델링 하였으며, 각 링크에는 모터의 회전에 따른 회전 운동을 할 수 있는 회전 조인트, 수직 가이드에는 링크의 회전 운동을 병진 운동으로 바꿔주기 위해 지면과 병진 조인트로 구속하였다. 모터와 링크를 연결한 회전 조인트는 3.14(rad/s)의 속도로 회전할 수 있도록 구동구속을 주었다. 포머의 동작을 확인하기 위해서 2초간 시뮬레이션

하였으며 Fig. 7과 같이 포머가 왕복운동에 의해 설계와 같이 600mm 이동하는 것을 확인하였다.

제합기의 상자 제작 시뮬레이션을 위해 먼저 제합기에 사용될 상자를 모델링 하였다. 상자의 밀도를 측정하기 위해 175×130×3 규격을 가진 상자의 무게를 측정하였다. 측정된 무게는 12.7g으로 측정되었으며, 부피를 통해 밀도를 계산하였다. 계산된 밀도의 값은 1.85e-7(kg/mm<sup>3</sup>)의 밀도 값을 가진다. Fig. 8과 같이 시뮬레이션에 사용될 상자를 모델링 하였으며, 밀도 값을 통해 계산된 상자의 전체 무게는 약 0.3kg이다. 동역학 시뮬레이션에서는 형상이 변하지 않는 강체로 모델링 하였다. 그러므로 상자가 접히는 것을 표현하기 위해 각 파트 별로 모델링 하여 상자가 접히는 부분을 회전조인트로 모델링 하였다. 실제 제합기에서는 상자가 제작되고 난 후 접착제의 본딩을 통해 형상이 유지가 된다. 시뮬레이션에서 형상 유지를 하기 위해서 회전 조인트의 마찰력으로 상자의 형상 유지를 표현하였다.<sup>[2]</sup> 제합기의 제작 가이드와 보조기구는 Fig. 10과 같이 모델링 하였다. 제합기의 보조기구는 에어 실린더를 통해 직선 운동을 하므로 병진 조인트로 구속하였다. 보조기구는 순간적인 움직임을 표현하기 위해 0.2초 동안 160mm 이동하도록 구동구속을 주었다. 구동구속은 계단함수(step fuction)를 사용하였다. 제합기는 포머와 상자, 제작 가이드와 상자, 보조기구와 상자의 접촉을 통해 상자 제작이 이루어진다. 포머와 상자의 접촉은 상자의 병진 조인트의 구동구속을 통해 상자의 움직임을 표현하였다. 상자의 구동구속은 포머의 동작 분석 시뮬레이션 결과의 속도 프로파일을 추출하여 적용하였다.<sup>[3]</sup> 추출한 속도 프로파일은 Fig. 10과 같다. 제작 가이드와 상자, 보조기구와 상자의 접촉은 Solid-Solid 접촉 요소를 사용하여 Fig. 11과 같이 적용하였다.<sup>[4,5]</sup>

제합기의 상자 제작 시뮬레이션은 제작 파트의 제작 속도에 맞춰 1초간 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션에서 상자는 포머의 속도 프로파일에 맞춰 수직 운동을 하게 되며 먼저 제작 가이드와 접촉을 하게 된다. 가이드와 접촉을 하는 중에 보조기구가 상자의 양 끝 날개 부분을 밀어서 접고 제작 가이드에 의해 완전히 상자가 제작된다. 상자의

제작 순서는 Fig. 12에 나타내었다. 시뮬레이션에 의한 상자 제작을 확인하기 위해 Fig. 8의 1번 조인트와 2번 조인트를 통해 회전각을 확인하였으며, Table 1과 같이 회전각이 약 90°로 원하는 상자 형태로 제작되는 것을 확인하였다.

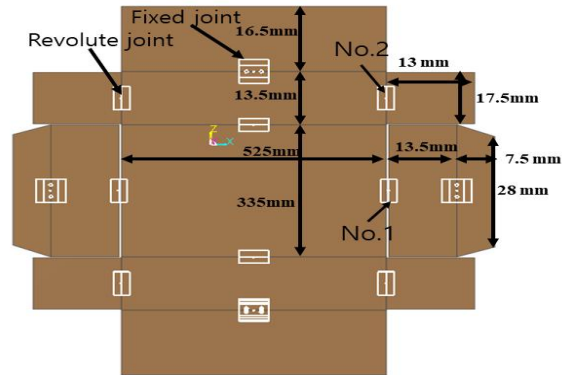


Fig. 8 Box modeling

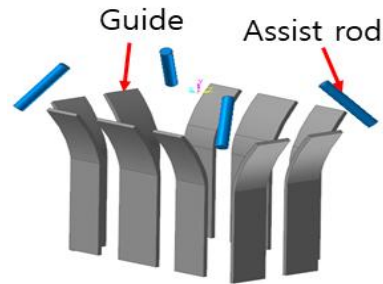


Fig. 9 Guide and assist rod

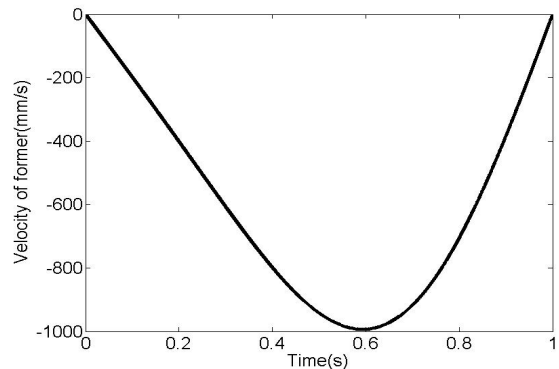


Fig. 10 Velocity profile of former

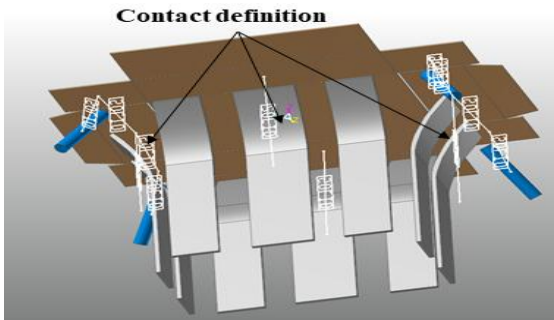


Fig. 11 Contact point

Table 1 Angle of revolute joint

| Joint                | Angle(°) |
|----------------------|----------|
| No. 1 revolute joint | 91.8     |
| No. 2 revolute joint | 90.3     |

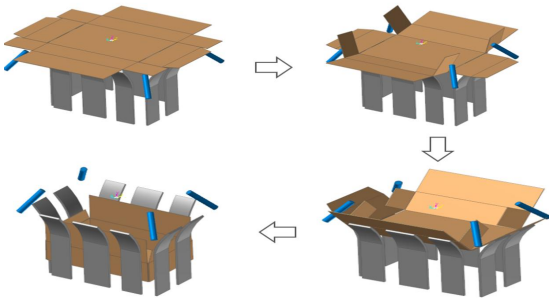


Fig. 12 Simulation process of caser

조인트의 회전 각도와 상자의 위치 및 속도를 통해 제한기의 동작을 분석하였다. 박스는 포머에 의해 움직이게 되는데 초기 위치 150(mm)에서 ~ 나중 위치 450(mm)까지 600mm 이동한다. Fig. 13

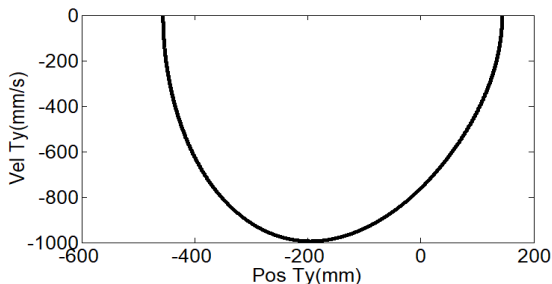


Fig. 13 Box speed vs box position

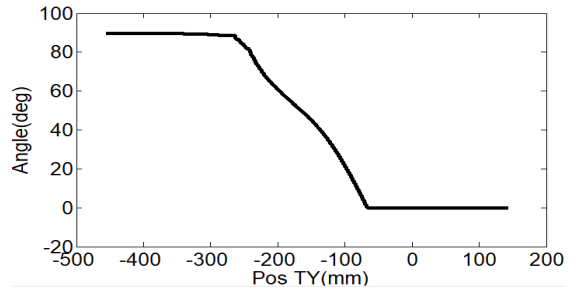


Fig. 14 Angle of revolute joint #1 vs box position

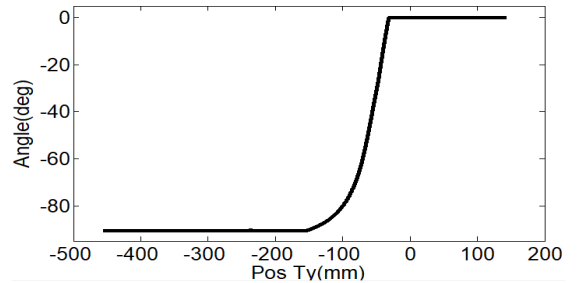


Fig. 15 Angle of revolute joint #2 vs box position

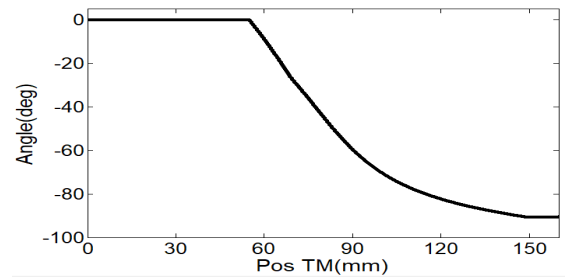


Fig. 16 Angle of revolute joint #2 vs assist rod position

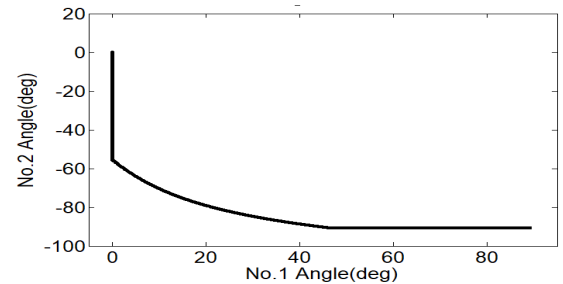


Fig. 17 Angle of revolute joint #2 vs angle of revolute joint #1

는 박스 이동 거리에 따른 속도를 나타내었다. Fig. 14와 Fig. 15는 박스 이동 거리에 따른 조인트의 회전 각도를 나타내었다. 1번 조인트는 박스가 -67 ~ -300mm 이동 시 회전하는 것을 확인할 수 있으며, 2번 조인트는 -34 ~ -150mm 이동 시 회전하는 것을 확인할 수 있다. Fig. 16은 보조기구 위치에 따른 2번 조인트의 각도를 나타낸다. 보조기구가 약 60(mm) 이동 하였을 때 접촉하여 2번 조인트가 회전하는 것을 알 수 있으며, 회전 각도는 90° 에 수렴하는 것을 확인할 수 있다. Fig. 17은 1번 조인트의 회전 각도에 따른 2번 조인트의 회전 각도를 나타낸다. 이 그래프는 설계된 제한기의 제작 순서에 맞춰 2번 조인트가 1번 조인트보다 먼저 접하고 난 뒤, 1번 조인트가 접하는 것을 나타낸다.

#### 4. 결 론

고등어 양륙 자동화 시스템은 양륙, 선별 포장까지 일련의 작업을 자동화하는 시스템이다. 제한기는 양륙 자동화 시스템에서 포장의 한 부분으로 시트 상태의 상자를 고등어의 포장 상자로 자동으로 제작하는 기계이다. 본 연구에서는 실제 제한기에 사용될 어체 상자에 맞춰 프레스형 제한기를 설계하고 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 제한기는 슬라이드 크랭크 방식을 이용하여 포머의 프레스 방식으로 설계하였으며, 프레스 방식의 제작 한계점을 보완하기 위해 보조기구로 보완하였다. 설계된 제한기는 동역학 시뮬레이션프로그램을 통해 포머의 동작을 분석하였다. 포머의 동역학 시뮬레이션으로 속도 프로파일을 추출하였으며, 속도 프로파일을 기반으로 제한기의 상자 제작 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 시간은 실제 제한기 제작 시간을 기반으로 1초 동안 수행하였다. 시뮬레이션 결과, 상자에 연결된 회전 조인트의 회전 각도를 통해 제한기의 작동동작을 확인하였다.

#### 후 기

“이 논문은 2015년 해양수산부 재원으로 한국 해양과학 기술 진흥원의 지원을 받아 수행된 연구

임 (한국형 피쉬 펌프와 연계된 양륙 자동화 시스템국산화).”

#### REFERENCES

1. Kim, M. G., “A Study on the Development of Flexible Box Erecting Machine for Improving Work Efficiency with Decision Policy for Task Priority”, A Thesis for a master’s degree, Korea Aerospace University, Republic of Korea, 2016.
2. Park, J. H., Yoo, H. H., Hwang, Y., Bae, D. S., “Inverse Dynamic Analysis of Constrained Multibody Systems Considering Friction on Kinematic Joints”, Journal of Mechanical Science and Technology, pp. 665-671, 1999.
3. Lee, J. Y., Hyun, C. H., “Torque control of DC Motor Using Velocity Profile Based Acceleration/Deceleration Control”, International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, pp. 36-41, 2012.
4. RecurDyn, RecurDyn Manual, Function bay, pp. 1261-1294, 2016
5. Margarida M., Pedro M., Paulo F., Hamid M. L., “Compliant contact force models in multibody dynamics: Evolution of the Hertz contact theory”, Mechanism and Machine Theory, pp. 99-121, 2012.