

3축 이송용 로봇의 동적 해석

이석영

인하공업전문대학 기계과

(2015년 8월 4일 접수, 2015년 9월 10일 수정, 2015년 9월 14일 채택)

Dynamic Analysis of a Three-Axis Mechanism for Transfer Robots

Suk Young Lee

Department of Mechanical Engineering, Inha Technical College

(Received 4 August 2015, Revised 10 September 2015, Accepted 14 September 2015)

요 약

본 연구는 연성체와 강체로 구성된 다물체 시스템을 분석한 것이다. 이송용 로봇은 주로 빠른 속도와 넓은 범위의 이동거리의 장점으로 무거운 부품으로 구성된 자동차산업에 사용된다. 주로 3축으로 구성되어 사용되는 이송용 로봇은 커다란 부하를 담당하기 위해 최근에 강도와 강성을 고려하여 개발되어진다. 따라서, 이러한 목적으로 과도모드가 적용된 동적해석을 수행하여 어느 시간과 위치에서 항복되는지 찾기 위해 수행되었다. 이러한 연구의 결과로 로봇의 응력과 변형량을 분석할 수 있었다.

주요어 : 3축, 이송용 로봇, 동적해석, 유연체

Abstract - This research is that analyze multi-body system that have flexible and rigid body. Transfer robots are widely used mainly in automobile industry owing to its capability to handle heavy parts with high speed in wide range of movement. For the transfer robots to widen the application area, a new three-axis mechanism with heavy payload has been recently developed in consideration of the strength and stiffness. For the purpose, transient dynamic analysis is carried out to find the component position yielding a certain time. Though this research, we can analysis stress distribution and deformation of robot component.

Key words : Three-axis, Transfer robot, Dynamic analysis, Flexible body

1. 서 론

제품을 생산하는 공정 중에 부품이나 완제품을 이송하는 로봇이 유용하게 이용되고 있으며 그 응답속도 및 이송거리 확대에 적합한 여러개의 자유도를 가진 로봇이 많이 활용되고 있다. 이러한 로봇은 넓은 작업범위의 확보가 가능하고, 고속으로 고하중의 중량물을 처리할 수 있다. 반면에, 국내 주요생산 설비에

는 일본 및 유럽의 로봇이 이미 선점하고 있어 새로운 개념의 로봇개발의 필요성과 시장선점이 절실하게 요구되고 있다. 이러한 로봇은 구조적 특성으로 인해 응력과 처짐이 발생하므로 작업시간의 지연 및 제품의 파손 위험이 있는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 CAE해석을 통한 설계를 진행하고 있으나,^{(1),(2)} 시스템의 부분 분석은 모델링된 물체에 국한된 정적해석 수준에 그치고 있고 실제 동적거동에 관한 연구는 미비한 실정이다. 또한 실제의 이송 시스템의 경우 정적해석 보다는 동적해석 결과에서 적용성이 높다고 할 수 있다.^{(3),(4)} 따라서, 본 연구에서는 상용 프로그램인 ANSYS V16을 사용하여 다물체 동역학

[†]To whom corresponding should be addressed.
Department of Mechanical Engineering, Inha Technical
College 100 Inha-ro Nam-gu Incheon 402-752 South Korea
Tel : 032-870-2131 E-mail : sylee@inhac.ac.kr

해석을 하여 동적 해석을 수행하고 특히, 대형화된 로봇의 구조상 유연체 해석이 필요하므로 동적부분에 대한 고려가 선행되도록 하였다. 이에 따라, 유연체로 가정하여야 할 부분을 판별하여 해석을 수행하고 로봇을 제어하기 위한 서보모터의 일반적인 제어곡선을 입력하였다.

2. 해석대상

2-1. 구조 및 구성요소

3축 이송용 로봇의 기본구조는 그림 1과 같이 X, Z, T축의 구조로 기어박스를 고정하여 서보모터 구동에 의한 동작을 하는 구조로 이루어지며 로봇의 제원과 부품에 대한 재질 및 무게는 표 1과 그림 2에서 보는 바와 같다.

2-2. 동작원리

3축 이송용 로봇은 그림 3(a)와 같이 T, Z, X축의 구조로 기어 박스를 고정으로 하여 서보모터 구동에 의한 동작을 하는 구조로 이루어지며, 요소별 동적거동은 그림 3(b)와 같이 T축은 각속도 1.57rad/s로 회전을 하고 Z, X축은 각각 1400, 1500mm/s로 직선동작을 하게 되는 기준이 되면서 시간에 따라 가속, 등속 및 감속의 동작을 하게 된다. 이러한 회전, 승강 및

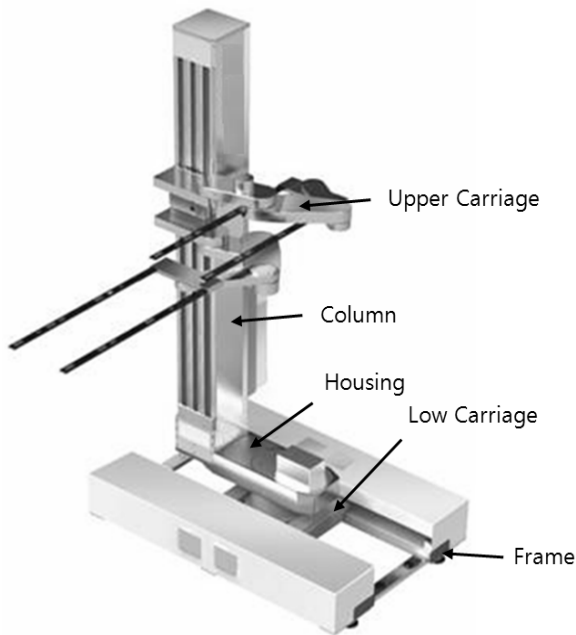


Fig. 1. A Basic structure of robot

주행운동은 동시에 시작되어 3축이 동기화되면서 2.8 초 동안에 동일하게 동작을 마치게 된다.

3. 수치해석

3축 이송용 로봇의 동적 해석을 수행하기 위하여 다물체동역학 해석툴인 ANSYS v16을 사용하여 해석하였다. 또한, 동적하중에 의한 취약한 부품을 대상으로 응력값과 변형량을 계산하기 위하여 컬럼, 하우징 및 하부 캐리지는 플렉시블 몸체로, 하부 프레임(레일)과 상부 캐리지는 강체몸체로 가정하여 계산하는 시간을 단축시켰다. 본 해석은 시간을 과도모드(Transient Mode)로 설정하고 해석진행을 진행하였고 2D설계도를 기반으로 3D모델링에 ANSYS 디자인모듈러를 사용하였으며, 정확한 계산을 위해 최소 60만개 이상의 격자를 생성하였다.

Table 1. Specifications of robot

Items		Specification
Object Size		730×920 Glass
Controlled axis		3
Arm type		Single
Motion range	T-axis	252 deg.
	Z-axis	3,920mm
	X-axis	4,200mm
Speed	T-axis	1.57rad/s
	Z-axis	1,400mm/s
	X-axis	1,500mm/s
Motor Spec	T-axis	2kW AC Servo Motor
	Z-axis	3kW AC Servo Motor
	X-axis	3kW AC Servo Motor
Repeatability		±0.2mm
Weight(kg)		2,215
Position Feedback		ABS Encoders

구분	형상	재질	무게(kg)
X축 Frame		강체	1000
X축 Carriage		AC4C (AL 주물)	350
T축 Housing		AC4C (AL 주물)	210
Z축 Column		AC4C (AL 주물)	330

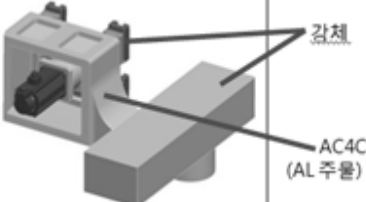

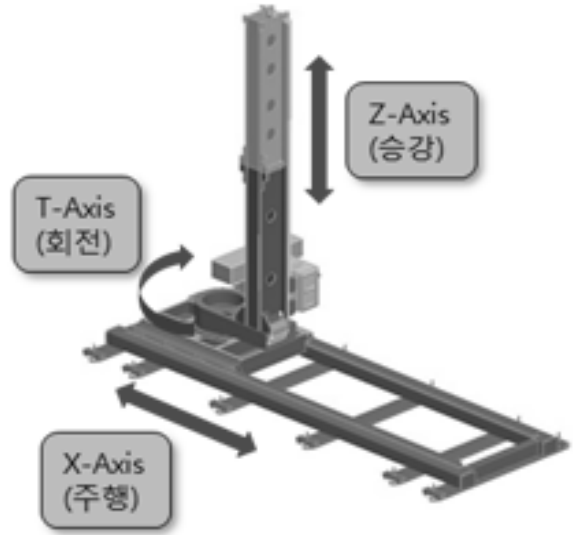
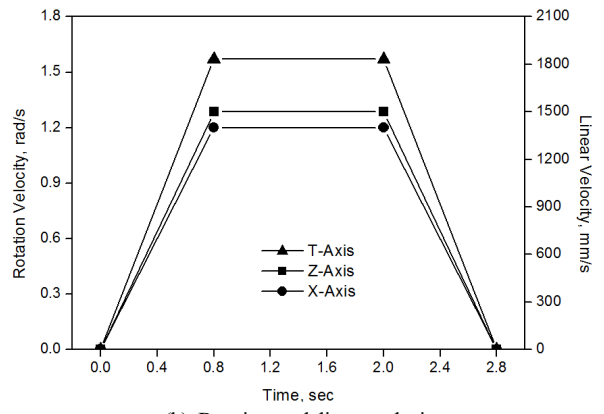
구분	형상	재질	무게(kg)
Z축 Carriage		강체 AC4C (AL 주물)	290
Z축 구동부		MOTOR STEEL AL6061	35

Fig. 2. Components of robot



(a) Dynamic motion of components



(b) Rotation and linear velocity

Fig. 3. Dynamic motion of three components in according to time

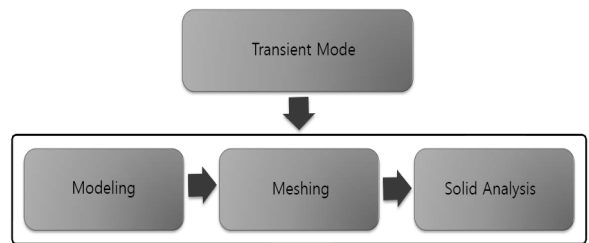


Fig. 4. The method of numerical analysis

3-1. 모델링 및 격자생성

2D설계도를 분석하여 3D모델링 및 격자생성을 그림 5에서 보는 바와 같이 ANSYS 자체에 내장된 디자인모듈러와 격자생성 툴을 사용하여 진행하였다. 격자는 정확하며 빠른 계산을 위해 강체를 제외한 플렉시블 몸체에만 만들어지도록 하였고, 노드수(Nodes)는

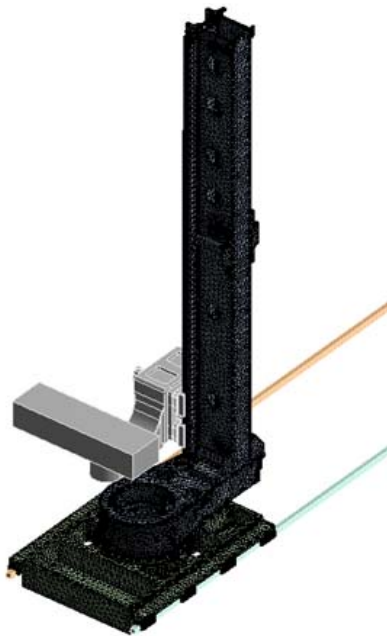


Fig. 5. Modeling and mesh generation

104만개, 엘리먼트수(Elements)는 68만개가 생성되었으며, 계산시간은 12시간 소요되었다.

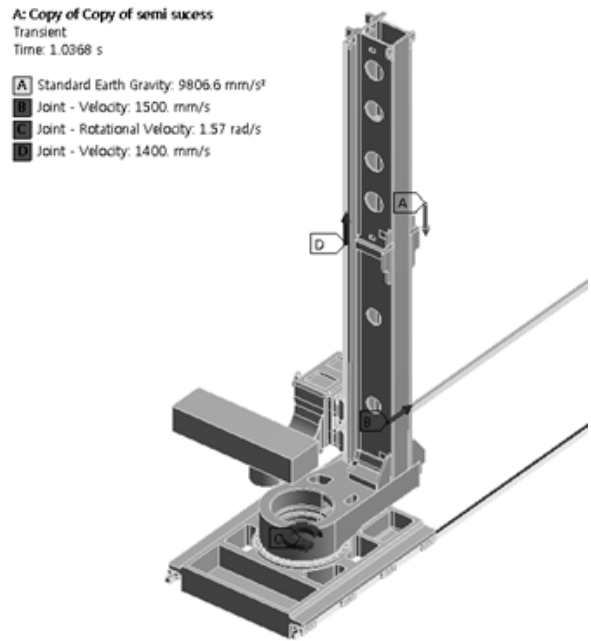
3-2. 경계조건

3축 이송용 로봇에 운동조건을 부여하기 위해서는 그림 6(a)와 같이 T, Z, X축의 기준으로, 요소별 동적 거동을 위해 T축은 각속도 1.57rad/s로 회전, Z, X축은 각각 1400, 1500mm/s로 직선운동을 부여하였으며, 과도모드에 따른 해석을 위해 그림 3(b)와 같이 시간별로 물체가 정지로부터 최대속도를 이루는 동안 구간별로 가·감속 운동을 적용시켰다. 이러한 운동을 위해 그림 6(b)와 같이 부품 연결 구속조건을 T축은 회전을, Z, X축은 직선운동 조건을 부여하였고 프레임(레일) 2개소는 고정하였다.

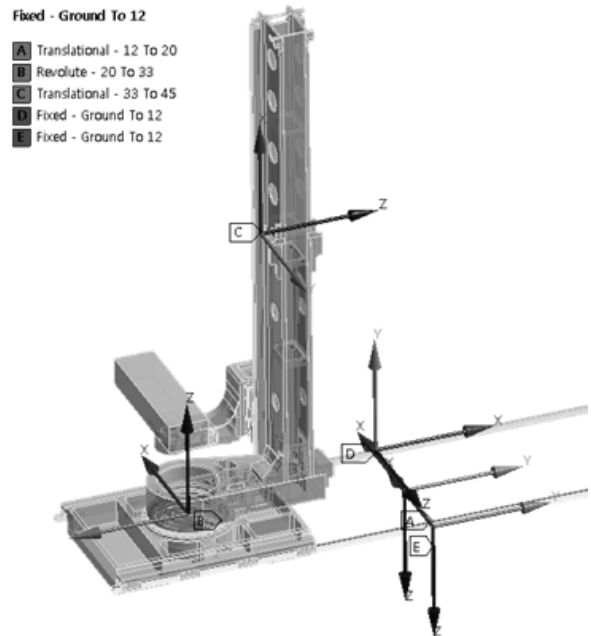
4. 해석결과 및 분석

4-1. 응력(Stress)

먼저, Column과 Housing의 조합은 그림 7(a)에서 보는 바와 같이 동작 후 2.4초에 최대응력값인 13.47MPa 이 그림 8(a)에서 보는 바와 같이 Column과 Housing 사이에서 발생하였다. 로봇이 동작 후 후반부로 갈수록 최대응력값이 증가하는 경향을 보인다. Column과 Housing 재질은 AC4C로서 항복강도는 460MPa이며



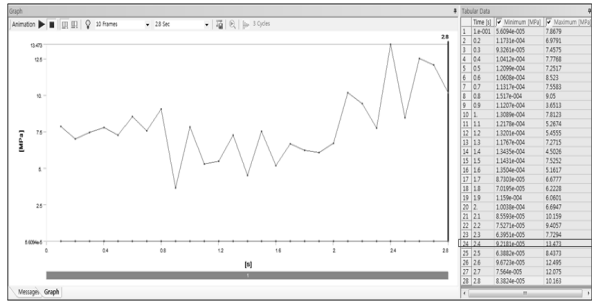
(a) The motion condition of components



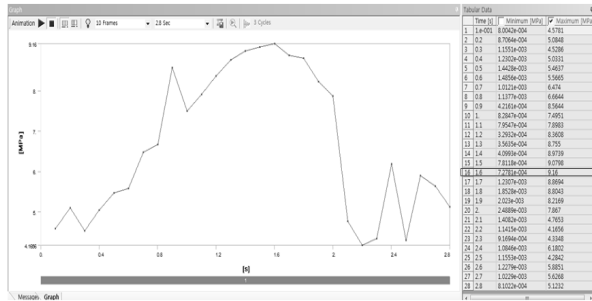
(b) The restraint condition of component connection

Fig. 6. Supposition of boundary condition

충격하중을 고려한 안전율이 8.54로서 비교적 안전하다고 판단된다. 한편, Low Carriage의 경우 동작 후 1.6초에서 최대응력값인 9.16MPa이 Low Carriage 내부 모서리 부분에서 발생하였는데, 물체가 동작 후 중반부인 1.6초까지는 최대응력값이 증가하다가 중반부를



(a) A couple of column and housing



(b) Low Carriage

Fig. 7. Maximum stress in according to motion time

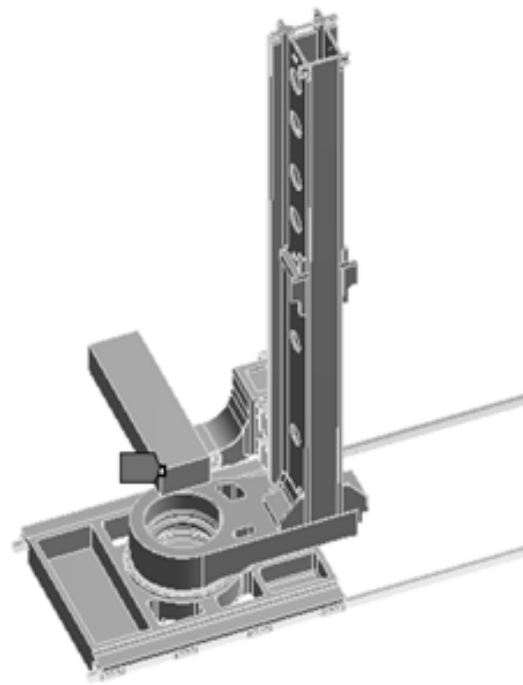
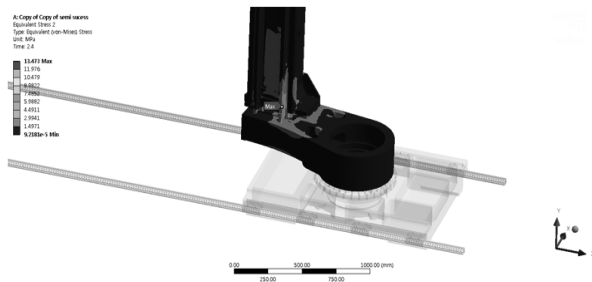
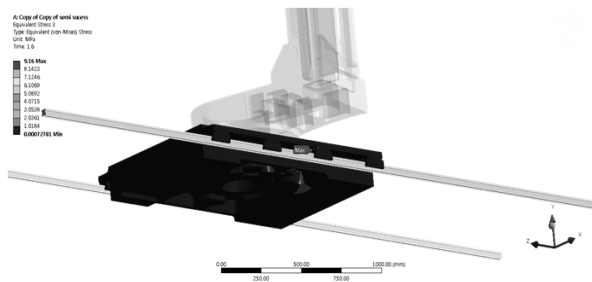


Fig. 9. A basis point of deformation

정점으로 다시 감소하는 경향을 보인다. Low Carriage 재질 역시 AC4C로서 항복강도를 고려한 안전율이 12.5로서 비교적 안전하다고 판단된다.



(a) A couple of column and housing



(b) Low Carriage

Fig. 8. A regine produced the maximum stress

4-2. 변형량(Deformation)

이송대상물이 놓이는 위치는 주로 Upper carriage(작업물 받침 브라켓) 상부 모서리 끝이므로 변위량의 기준을 그림 9와 같이 정하였고, 과도모드로 시간에 따른 변위량을 계산한 값이 그림 10이며, 강체와 유연체에 대해 Global Coordinate으로부터 x, y, z방향에 대한 기준점의 변위량을 보여준다. 여기서 유연체에서 강체의 변위량의 차를 등가변위량으로 계산한 것이 그림 11이며 동작시간이 지남에 따라 변형량이 증가하는 경향을 보이며 로봇 동작 후 2.4초에서 최대변형량 3.48mm가 계산되었다.

5. 결론

3축 이송용 로봇을 상용 프로그램인 ANSYS v16을 사용하여 3D모델링한 후 과도모드로 동적 유한요소법 해석을 수행하여 응력과 변형량을 분석하여 안정성 및 정밀도를 분석하였다.

(1) 격자생성 후 현장에서 사용된 재질 및 운전조건

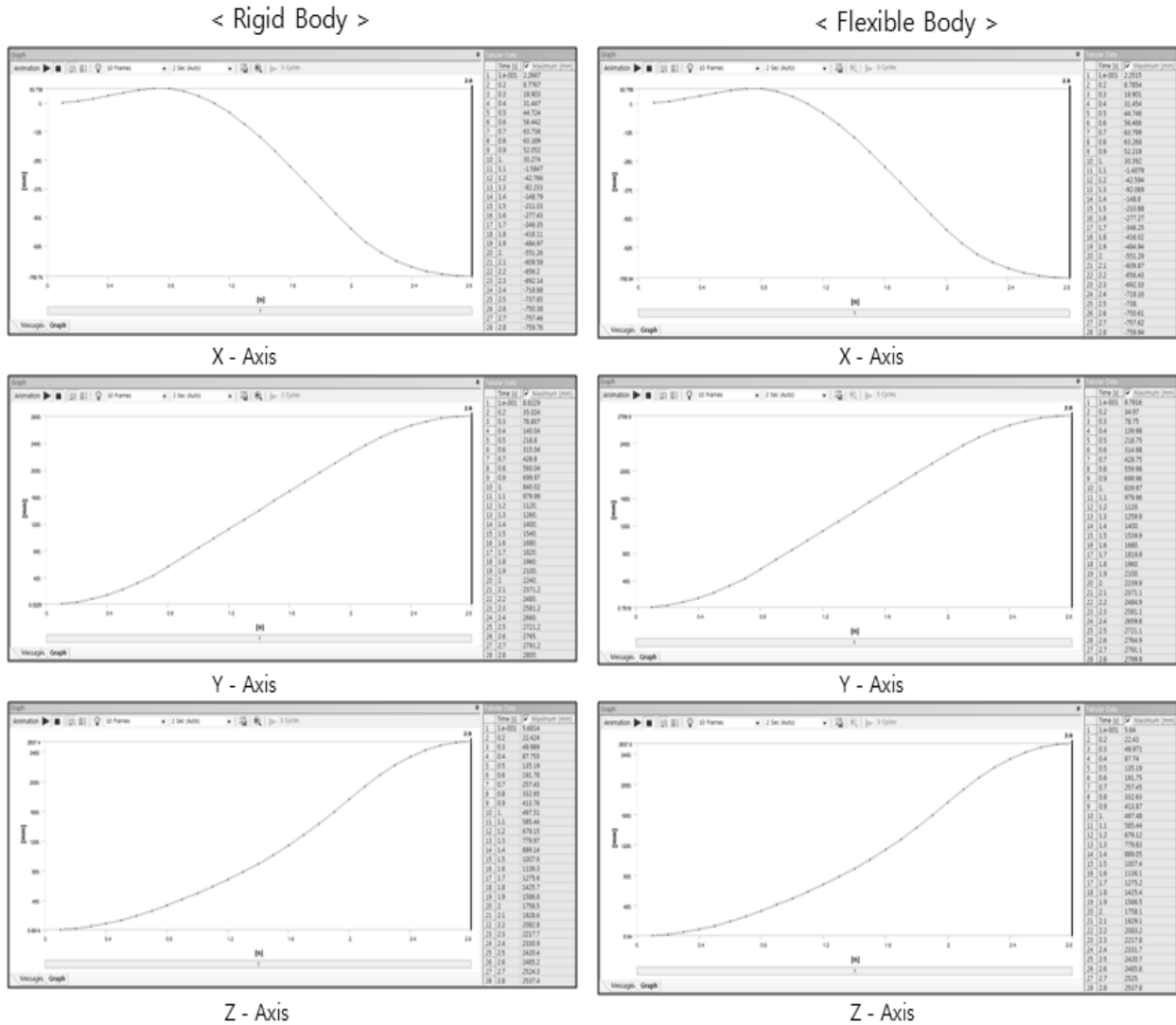


Fig. 10. x, y, z directed deformation in global coordinate

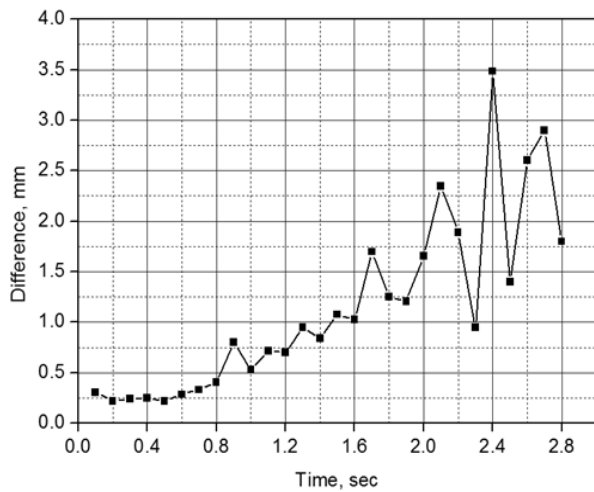


Fig. 11. Deformation from the dynamic motion

을 부여하였다.

- (2) 계산결과, Column과 Housing 조립체에서는 최대응력값이 거동시작 후 2.4초에 부품 연결부위에서 13.47MPa로 나타났으며, Low Carriage 부품에서는 1.6초에 하부의 내부 모서리 부위에서 9.16MPa로 나타났다.
- (3) 최대응력이 생성되는 Column과 Housing 부품 재질(AC4C)의 항복강도는 460MPa으로서, 충격하중을 고려하여 계산한 안전율은 8.54이므로 안전하다고 판단된다.
- (4) 로봇거동에 따라 Upper carriage(작업물 받침 브라켓)를 기준으로 계산한 최대 변위량은 거동시작 후 2.4초에서 3.48mm인 결과가 나왔다.

References

1. Kim, P. J, et al, "Analysis on Dynamic Characteristics of an Industrial Robot Wrist", Int. Symposium on Robots, pp.41-48, 2009.
2. Hong, D. S. et al, "Optimal Design for a Wall-Climbing Robot with Static and Libration Characteristics", Trans. Of the Korean Society of Machine Tool engineers, V01.17 No.6, pp. 35-42, 2008.
3. P. Mitiguy, A, K, Banerjee, "Determination of spring constants for modeling flexible beams", MSC technical journal, 2000.
4. Jae Gon Lim, Won-Sang Yoon, Hee Rak Beom and Seong-Wook Hong, "A study on Suppression of Lateral Vibration for Axially Deploying Beams under Gravity", Journal of the KSPE Vol. 28, No 8, pp. 959-965, 2011.