

캔트리용 3축 다관절 로봇에 대한 정·동적해석

Static and Dynamic Analysis for 3Axis Articulated Robot for Gantry System

*장우일¹, 노민석¹, #정성현¹, 홍대선²

*U.I.Jang(jang-uil@changwon.ac.kr)¹, M. S. Noh¹, #S. H. Jeong(sung-hyun@changwon.ac.kr)¹, D. S. Hong²

¹창원대학교 대학원 기계설계공학과, ²창원대학교 메카트로닉스 공학부

Key words : Gantry, Gripper, Flexible,

1. 서론

최근 자동차 및 전자제품 생산라인이 작업속도의 향상과 공간 절약의 필요성에 의해 기존의 컨베이어 방식의 이송방식에서 캔트리 로더 방식에 의한 이송방식으로 급속하게 전환되고 있다. 그 결과 2축 내지 3축의 캔트리(Gantry) 및 그리퍼(Gripper) 시스템이 많이 개발 및 보급되어 왔으며 최근에는 국내 기술에 의한 제품들도 현장에 적용되어 그 시장을 넓혀가고 있다.

그러나 점차로 가공 및 조립 작업이 다양하고 복잡해짐에 따라 기존의 단순한 형태의 캔트리 및 그리퍼 시스템으로는 산업 현장의 적용이 어려워지고 있으며 대상물의 교체나 공정의 변화에 능동적인 대처가 어려운 실정이다. 국내 주요 생산설비에는 일본 및 유럽의 로봇이 이미 선점하고 있어 새로운 개념의 로봇개발의 필요성과 시장선점이 절실하게 요구되고 있다. 유지훈¹은 캔트리용 3축로봇을 이용하여 도로 도색작업을 자동화를 연구하여 인건비 절감과 작업안정성을 향상시켰고, 문기주²는 캔트리타입 기종을 사용한 PCB조립 생산성 향상을 위한 방안을 제시하였다.

본 논문에서는 그러한 요구에 부응하고자 개발된 기본적인 직교좌표계 3축의 캔트리 로더에 부착할 수 있는 유연한(Flexible) 3자유도 형태의 관절형 로봇에 관한 해석을 수행하고자 한다. 프로토타입으로 개발된 캔트리용 3축 다관절 로봇을 대상으로 유한요소해석을 통한 로봇 기구의 안정성을 검증하여 캔트리의 설계에 반영하는 기법에 대해 논하였다.

2. 캔트리용 3축로봇의 시뮬레이션 및 동적해석

Fig.1은 아담스(Adams)에서 시뮬레이션을 하기 위해 각축을 중심으로 4개의 파트로 구분한 형상이다. Fig.1에 ①은 케이스와 모터로 시뮬레이션에서 고정되는 축이고, ②는 R1축으로 감속기와 손목받침(Wrist Holder)으로 구성되어 있으며, ③은 B축으로 감속기와 손목의 몸체(Wrist Body)이며, ④는 R2축으로 그리퍼 부착 부분으로 각각 구분하였다.

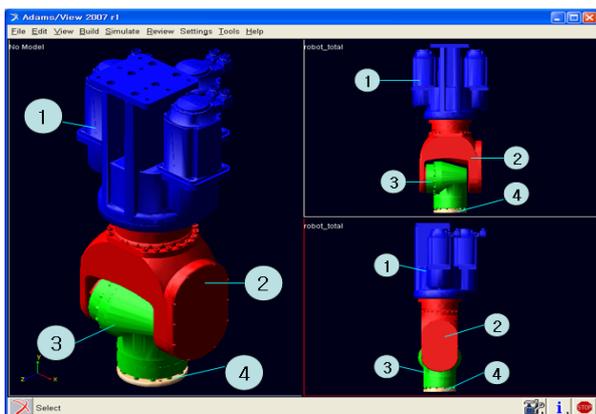


Fig. 1 3D Model of the 3Axis Robot

Table 1은 시뮬레이션을 수행하기에 앞서 각축에 적용한 속도 계산표이다. 시뮬레이션을 수행하는 동안에 각축에 전해지는 최대 토크 값을 구하기 위해 각축 최대 RPM을 각각 적용 하였다.

각 축에 대한 동작은 1번 축과 3번 축은 같은 방향으로 회전을 부여하였고, 2번 축은 최대변위 190°사이에서 움직임도록 회전을 준 후, 그리퍼 부착 부분에 100kg의 하중을 가진 물체를 부착하

여 시뮬레이션을 수행하였다. Fig.2는 3축 로봇의 초기위치와 최대토크 일 때 3축 로봇의 위치를 나타낸다.

Table 1 Velocity Calculation of Axes

No	Motor (RPM)	GEAR Reduction Ratio	Reduction Ratio	Axis RPM (RPM)
R1 axis	1000~3500	55/107	1/59	8.7~30.5
B axis	1000~3500	55/107	1/89	5.8~20.2
R2 axis	1000~3500	55/107	1/59	8.7~30.5

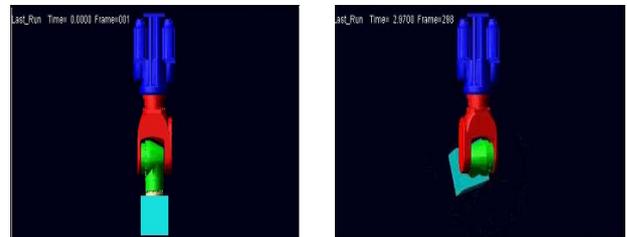


Fig. 2 Initial Position and Motion Simulation of the 3Axis Robot

Fig.3은 3축 로봇 시뮬레이션 수행 시 1축에 나타나는 토크 그래프이다. 또한 Table 2는 시뮬레이션 수행 시 각축의 회전각도 및 최대토크이다.

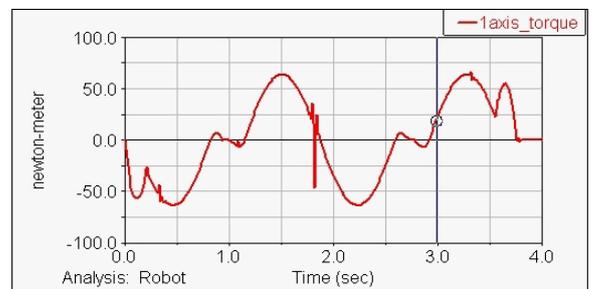


Fig. 3 Torque Graph for 1Axis

Table 2 Rotation Angle and Maximum Torque of Axes

No	Rotation Angle	Torque	Time
R1 axis	-540.68°	24.38(Nm)	2.97(sec)
B axis	81°	305.01(Nm)	
R2 axis	-540.68°	0.24(Nm)	

Fig.4는 3축 로봇의 2번 축만을 회전 시키고, 나머지 1, 3번 축은 회전을 주지 않았을 때 시뮬레이션 및 토크 그래프이다. 또한 Table 3은 Fig.4의 시뮬레이션 결과, 회전각도, 최대토크와 다른 두 축의 회전에서 최대토크와 시간을 나타내었다.

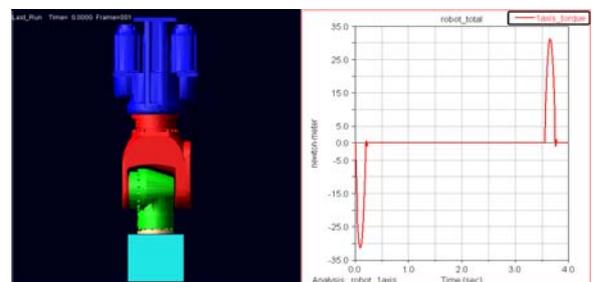


Fig. 4 Simulation and Torque Graph of 1Axis 503

Table 3 Rotation Angle of Axis and Maximum Torque

No		Rotation Angle	Torque	Time
R1 Axis Rotation	1	18.3°	31.46(Nm)	0.1(sec)
	2	667.95°	30.43(Nm)	6.75(sec)
B Axis Rotation	1	95°	317.14(Nm)	1.0(sec)
	2	-95°	313.53(Nm)	2.75(sec)
R2 Axis Rotation	1	18.3°	23.03(Nm)	1.0(sec)
	2	667.95°	22.98(Nm)	6.75(sec)

3. 유한요소법에 의한 캔트리용 3축로봇의 정적해석

각 축에 대한 시뮬레이션을 한 결과, 3축 모두 회전 시켰을 때 나온 최대 토크와 하나의 축만 돌렸을 때, 3번 축의 최대변위 95°, -95°에서 최대토크가 각각 가장 크게 나왔고, 이를 앤시스 워크벤치(ANSYS Workbench)에 적용시켜 구조해석을 수행하였다.

1) 모델링의 간략화

이 단계에서는 초기위치, 3축 회전 시 최대 토크를 가지는 위치, 3축 로봇의 2번 축이 +95°방향, -95°방향등 4가지 형태의 3D 모델링 결과를 이용하여 각각 형태에 따른 응력분포와 변위를 앤시스 워크벤치 프로그램에 적용시켜 구조해석을 수행하였다. 구조해석을 수행하기에 앞서 매쉬(Mesh)의 오류가 발생하지 않기 위해 3D 모델형상을 간략화 하였다.

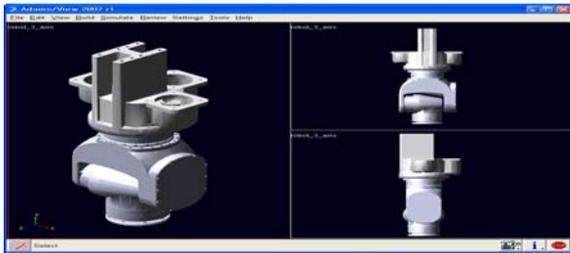


Fig. 5 3D Model for FEM

Table 4 Material Data

Material	FCD45
Young's Modulus	165 GPa
Poisson's Ratio	0.32
Density	7180 kg/m ³
Yield Stress	280 MPa

2) 구조해석

간략화 된 모델형상을 기구부 설계에 대한 검증용 하기 위해 구조해석을 수행하였다. Fig 6은 3축로봇의 기본 형태를 나타내고, 구조해석을 위한 유한요소 모델링한 것이다.

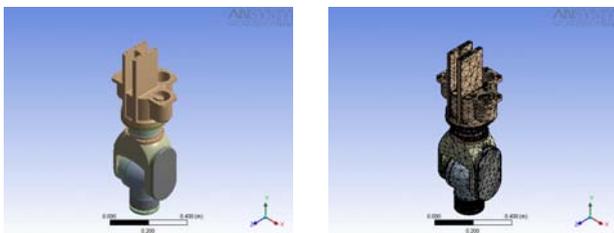


Fig. 6 FEM for the 3Axis Robot

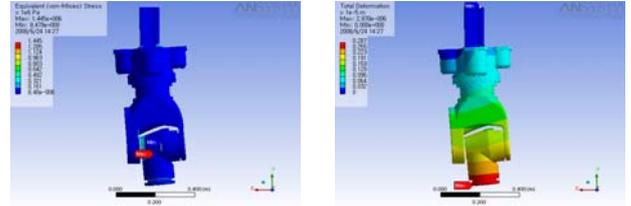
Table 5는 기본 형태에 대한 정적해석 시 유한요소 모델링에 대한 데이터를 나타내었다.

Table 5 Data for FEM

Node	531724
Element	315202
Restriction Condition	Gantry와 연결되는 부분에는 구속
Application Load	Gripper 부착부분에 -Y방향으로 980N의 Force

3) 구조해석 결과

3축 로봇의 4가지 다른 형태의 유한 요소 모델에 힘을 고려하여 최대변위, 최대응력을 구해보았다. 3축 로봇의 기본형태의 최대 변위 해석 결과와 최대응력 해석 결과를 Fig.7과 Table 6에 나타내었다.



(a) Stress (b) Deformation

Fig. 7 Analysis Results of the 3Axis Robot

Table 6 Analysis Results

Application Load			Analysis Consequence	
Type	Position	Force[N]	Displacement [mm]	Stress [MPa]
Initial Shape	Gripper Adhesion	980	0.00287	1.445
Max Torque	Gripper Adhesion	1694.5	0.0413	20.9
B Axis 95° Rotation	Gripper Adhesion	1761.18	0.04741	29.36
B Axis -95° Rotation	Gripper Adhesion	1741.83	0.04145	28.25

4. 결론

본 논문에서는 캔트리용 3축로봇을 최대하중과 동적 특성을 고려하여 정적해석과 동적해석을 수행하였다. 이를 위하여 캔트리용 3축로봇을 아담스와 앤시스 워크벤치를 이용하여 최대하중 100kg를 적용하고 정 · 동적해석을 수행하였다. Table 3에서 보면 B축의 회전 시에 가장 큰 토크가 발생한다는 것을 알 수 있다. 또한 Table 6에서 보면 응력과 변위도 B축에서 가장 크게 나왔다는 것을 확인 할 수 있다.

구조해석의 결과에서 볼 수 있듯이 B축에 최대응력과 최대 토크가 발생한다는 것을 볼 수 있다. 항복강도와 비교하여 안전율을 확인하여 보면 안전율이 약 9정도 나오는 것을 볼 수 있다. 이 결과로 캔트리용 3축로봇 설계시 활용할 수 있음을 제안한다.

캔트리용 3축로봇은 다관절 로봇에 비하여 공간 활용이 좋고 안전 작업 공간 확보가 유리하다. 작업범위도 시스템 작업 상황에 따라 신축성 있게 대응이 가능하고 넓은 동작영역에 대응이 용이하며 바닥의 공간 절감 및 로봇 동작의 예측이 쉬워 시스템 작업 안전상 유리한 측면도 가지고 있어 앞으로 더 많은 분야에서 캔트리용 3축로봇이 사용될 기대가 된다.

후기

이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 「2단계 BK21 사업」의 지원비를 받았음.

참고문헌

1. 유지훈, 이우창, 신현호, 최우천, 홍대희, 이상훈 “Gantry Robot 을 이용한 노면사인 도색작업 자동화”, 대한기계학회 2003년 추계학술대회 논문집, pp.1518~1523.
2. 문기주, 김광필, “Gantry 타입 SMD에서 동시 흡착에 의한 효율적 PCB 조립 방안의 시뮬레이션 연구”, 한국시뮬레이션학회 논문지, pp. 59~67.
3. 박경택, 김두형, 박찬훈, 한동훈, 홍성재, “Gantry 크레인의 CAE 통합설계에 관한 연구”, 한국정밀공학회 2001년 추계학술대회논문집, pp. 720~725.
4. 이성섭, 이형우, 박찬훈, 박경택, 이만형, “Gantry 크레인의 3차원 동특성에 관한 연구”, 한국기계공학회 2000년 추계학술대회논문집, pp. 708~712.