

# 중량물 핸들링 로봇개발 Development of Heavy Duty Handling Robot

\*#김두형<sup>1</sup>, 정광조<sup>2</sup>, 박찬훈<sup>3</sup>

\*#D. H. Kim(kdh649@kimm.re.kr)<sup>1</sup>, K. C. Chung<sup>2</sup>, C. H. Park<sup>3</sup>  
1,2,3 한국기계연구원 지능형생산시스템연구본부

Key words : Heavy duty robot, Robot design

## 1. 서론

본 논문에서는 저자들이 현재 지방사업으로서 개발하고 있는 600Kg 정도의 중량물 핸들링용 로봇에 대해서 설계와 제작의 개발과정을 기술하고자 한다.

로봇 설계단계에서의 적용분야와 적용환경에 따른 로봇의 사양결정, 이의 사양을 만족시키기 위한 기구학적 형상 및 구성요소의 선정, 요소선정 과정에서 필요한 동역학 및 응력해석 등이 수행되고 조립도와 부품도가 작성되게 된다. 1차 설계가 완료된 후 선정된 요소들의 적합성이 재확인되고 최종적으로 가공도면이 작성되고 제작에 들어가게 된다.

본 논문에서는 이러한 일련의 과정들을 2장에서는 로봇의 사양결정, 3장에서는 동역학 해석을, 4장에서는 도면작성과 제작에 관련한 내용을 다루고자 한다.

## 2. 로봇의 사양결정

자동차 산업에서 생산성 향상을 위한 자동차 제조라인의 신개념 도입으로 차체를 로봇으로 운반해야하는 필요성이 대두되고, 대형기계요소의 가공과 지그와 팔레트를 포함하는 가공물의 핸들링을 위해서 중량물 핸들링을 위한 로봇이 개발되기 시작하였다.

현재 제품으로 판매되고 있는 로봇용 핵심부품인 모터와 감속기의 조합에 의해서 개발할 수 있는 로봇의 사양은, 로봇의 요구속도의 크기에 따라 약간의 차이는 있으나 대략 500~600Kg 정도가 로봇의 최대 가반하중이 될 것이다. 물론 2007년말에 독일의 KUKA에서 1톤 중량물 핸들링 로봇이 개발되어 발표되었으나 이는 로봇 주축의 관절 당 구동모터를 2개씩 사용하는 형태로서 일반적인 로봇설계의 예외라 하겠다.

다음그림 1과 2는 자동차 차체를 핸들링하는 세계최초의 500Kg 핸들링 로봇과 1톤 핸들링 로봇의 외형을 보여주고 있다.



Fig. 1 Car body transport robot (Nachi)



Fig. 2 1 ton handling robot (KUKA)

개발하고자 하는 로봇은 핸드포함 600Kg의 중량물을 핸들링하고, 차체를 잡고 회전시킬 정도의 작업공간을 가지며, 현재 판매되는 외국 모델에 버금가는 로봇 동작속도를 실현하는 것을 목표로 하여 결정한 로봇의 사양은 다음 표 1과 같다.

표 1은 로봇의 성능에 관한 직접사양에 해당되고 이 외에 간접사양으로서 로봇의 예상 수명과 MTBF, 설치면적, 중량, 안전성, 사용용이성, 가격과 소요전력 등이 있으나 이들은 유사제품의 사용경험을 토대로 결정되는 상대적인 수치의 성격이 강하므로 본 로봇의 개발에서 구체적인 수치는 제외하였다.

Table 1 Robot specification

가반중량(payload, Kg)	600	
반복정밀도 (repeatability, mm)	±0.4	
수평작업거리(reach, mm)	2730	
각축 동작속도 (motion speed, deg/sec)	1~3	67~77
	4,5	102, 76
	6	119
손목축 모멘트 (wrist moment, Kg-m)	4,5	416
	6	240

목표로 하는 로봇의 작업영역을 실현하기 위한 각 팔의 길이 및 로봇의 동작영역은 다음 그림과 같이 결정하였다.

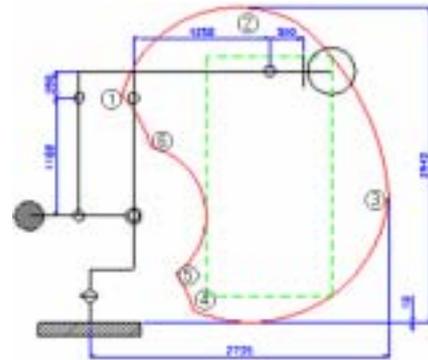


Fig. 3 Robot dimension

## 3. 로봇의 요소선정

앞에서 정한 로봇의 사양을 실현하기 위한 모터와 감속기의 용량을 결정하는 단계이다. 이는 개발 로봇의 동력학적 파라미터의 모델링 후 적절한 동역학 시뮬레이션 프로그램을 활용한다. 다음 그림 4는 동역학 모델링의 결과이다.

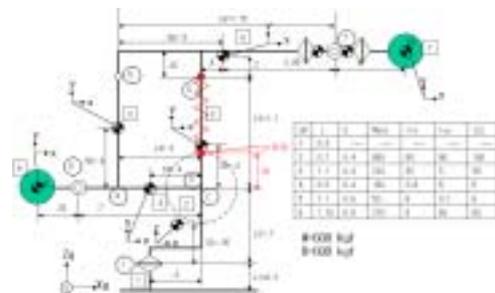


Fig. 4 Dynamic parameter modeling

동역학 해석에 사용한 프로그램은 저자가 개발한 RODAN을 사용한다. 이는 기존의 DADS, ADAMS, SAMCEF 등 상용의 프로그램들이 순동역학(direct dynamic)의 해석에는 유용하나 로봇 모터와 감속기의 선정에는 역동역학(inverse dynamic)의 문제 해석에서는 순동역학과 역동역학을 반복 계산해야하는 번거로움이 있으므로 역동역학 해석 전용의 RODAN을 개발하여 사용하고 있다.

역동력학 해석에는 로봇의 동작을 정의해야 하는데 그림 3에 표시한 동적영역 내에 무수한 동작형태가 있을 수 있다. 이러한 수많은 동작형태 중에 로봇의 요소들의 사양을 정하기 위한 해석 특정점들을 다음 표와 같이 정의하여 사용하였다.

Table 2 Specific point for dynamic analysis

해석내용	특정점
Weight balance	3
Spring balance	3
최대 토크	1~6(가감속)
정격 토크	1~6(정지 및 등속)
기타	1~6 간(Random PTP)

먼저 그림 4에 있는 balancing weight(B)와 balancing spring의 중량 및 스프링 정수를 결정한다.

Balancing weight는 가반중량에 따라 1축과 3축의 모터 용량에 영향을 미치고 있으며 설계측면을 고려하여 600Kgf 정도로 결정하였다.

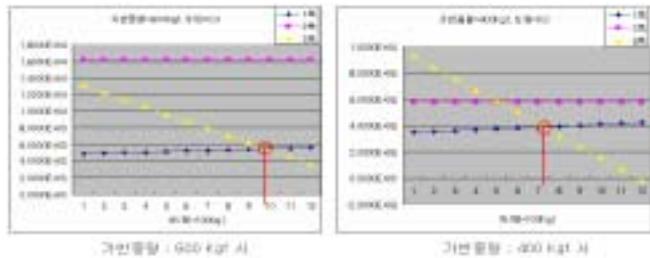


Fig. 5 Analysis of balancing weight

Balancing spring의 결정은 스프링의 변위효과가 가장 큰 설치 위치를 찾고 다음에 적절한 스프링 정수를 결정해야 한다. 스프링의 설치위치는 다양한 형태가 있을 수 있으나 그림 4에 표시한 바 대로 설치하고 스프링의 정수는 다음 그림 6의 해석결과에 의해서 43KN/m 로 결정하였다.

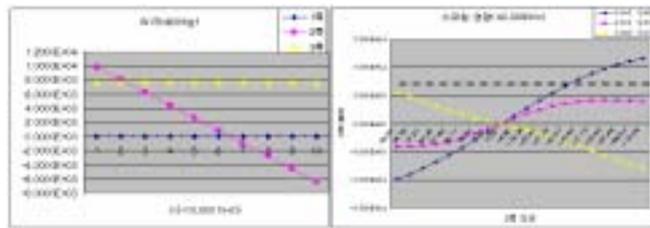


Fig. 6 Analysis of balancing spring

모터와 감속기를 선정하기 위한 과정은 역동력학 해석에 의해서 로봇의 각 관절에 걸리는 구동력과 반력을 계산하여 이용한다. 여기서 구동력은 모터와 감속기의 선정에, 반력은 로봇팔 부재의 응력해석에 사용하며 응력해석부분은 본 논문에서 다루지 않는다.

구동력에서는 필요한 최대토크와 정격토크이며 최대토크는 로봇의 기동가속토크이며 정격토크는 다시 로봇 자세를 유지하기 위한 정지토크와 등속운동 토크로 나누어진다. 다음 그림 7은 그림 3에 표시한 해석 특정점을 1부터 6번까지 로봇이 운동할 때의 기동가속토크와 각 점에 있어서의 정지토크를 계산한 결과이다.

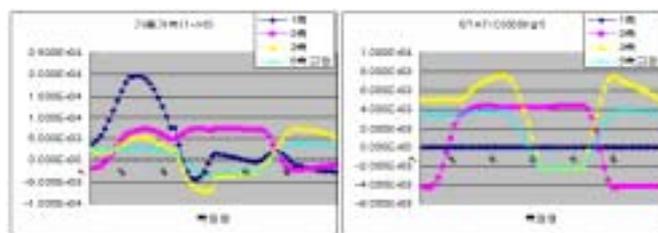


Fig. 7 Max. and static torque of each joint

다음 표 3은 위의 여러 해석들을 통하여 최종적으로 결정한 로봇 주 3관절의 감속기 및 모터들이며, 손목 3축의 경우에는 표 1의 목표사양에 맞는 속도와 모멘트를 만족하기 위한 감속기와 모터를 결정하였다.

Table 3 Results of components selection

구분	축번호	1축	2 축	3 축
부하	최대기동 Torque	1.976E+04	1.096E+04	1.205E+04
	등속운동 Torque	-	9.045E+03	8.847E+03
감속기	감속비	232	269	269
	가감속 Tq	2.205E+04	1.715E+04	1.715E+04
	정격 Tq	8.820E+03	6.850E+03	6.850E+03
Motor	Kw, (최대/정격 Tq)	7(100/33.4)	←	←
	속도(최대/정격)	2000/2000	2000/2000	2000/2000

#### 4. 로봇의 설계 및 제작

앞에서 기술한 로봇의 사양과 형상 및 선정된 요소들로서 설계를 수행한다. 설계시 고려되어야 할 중요한 사항으로서는 로봇 팔의 응력과 변위에 대한 검토, 감속기의 강성에 의한 진동, 로봇의 유지 보수를 위한 분해조립 용이성, 윤활계통과 cabling 문제도 고려해야 한다. 되도록 부품수를 단순화하고 로봇의 정밀도에 영향을 줄 수 있는 기어 진동계의 지지와 backlash 조정방법 등도 설계단계에서 충분히 배려하여야 한다.

다음 그림 8은 설계된 로봇의 조립도이며 그림 9는 제작된 로봇사진이다.

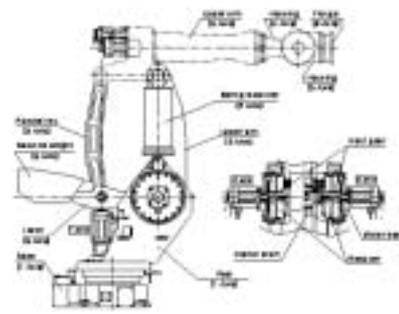


Fig. 8 Ass'y drawing



Fig. 9 Prototype robot

#### 5. 결론

본 논문에서는 600Kgf 핸들링용 6축 다관절 로봇에 대한 개략적인 설계와 개발과정에 대하여 살펴보았다. 로봇의 작업환경에 따른 사양결정에서 시작하여 핵심요소의 선정과 최종설계 및 시제품 제작결과에 이르기까지의 과정을 설명하였다. 기술된 각 항목에 있어서 이론적인 배경과 수식 등은 지면상 생략하고 해석결과를 바탕으로 설명하고 기타 필요한 사항들을 언급하였다.

#### 후기

본 논문에 인용된 그림 중 일부는 해당 회사의 인터넷 자료와 전시회 사진을 이용하였으며, 기술된 내용의 일부는 현재 저자들의 연구팀과 기업이 참여하여 진행 중인 경상남도의 지역 산업기술개발사업의 연구결과입니다.

#### 참고문헌

1. <http://www.nachi-fujikoshi.co.jp>
2. 정광조의, "초중량물 핸들링용 지능형 로봇개발", 산업자원부, 경상남도, 2007