

## 다관절 로봇에 의한 드릴가공에 관한 연구

최은환\*(구미기능대), 박효홍, 이기원(금오공대원), 정선환, 노승훈, 최성대(금오공대)

### A Study on Drilling with Multi-Articulated Robot

E.H.Choi(Gumi Polytechnic College), H.H.Park, G.W.Lee (Graduate School of KNUT), S.H.Cheong, S.H.Ro, S.D.Choi (Kumoh National University of Technology),

#### ABSTRACT

Today, it is concentrating on automation and these appearance of industrial robot has been dealing flexibly with this field. If it is drilling through these industrial robot, it will be a high efficiency of the productivity. Therefore, electric drill is setting on articulated robot with six degree of freedom and the 5 face is drilling as the type of articulated robot by a machine object setting. This study was carried out to get the possibility about drilling as analyzing with experimental frequency, original vibration of robot and appearance of vibration when it is practical drilling.

**Key Words** : Muti-Articulated robot(다관절 로봇), FFT(주파수기), Drilling(드릴링), Natural frequency(고유진동수)

#### 1. 서론

오늘날 산업사회가 공작기계에 대해 요구하는 것은 주로 생산성 향상으로 고속화, 정밀화에 그 초점이 맞춰지고 있으나 제품의 품질 향상을 위해 생산 자동화의 중요성이 크게 강조되고 있고 종래의 다량 생산 체제에서 다품종 소량 생산체제로 다양화되면서 자동화에 대한 관심이 집중되고 있다.

일반적으로 다양한 작업조건에 유연하게 대처하기 위해 제조업을 중심으로 인력난 해소에 효과적인 산업용 로봇의 등장은 용접, 운반, 도장, 조립 등 광범위한 작업 공정에 유연하게 대처해왔다. 이러한 산업용 로봇으로 절삭작업이 가능하다면 범용공작기계를 사용하여 공작물을 가공할 때 가공의 위치에 따라 여러번 공작물을 바이스에 고정하여 가공함으로써 발생하는 오차로 품질저하 등을 초래한다.

따라서 절삭작업에서 빈번히 이루어지는 드릴가공을 산업용 로봇으로 가공이 이루어진다면 생산성 향상에 큰 효과가 있을 것으로 기대된다.

본 논문에서는 6자유도를 갖고 있는 산업용 로봇의 엔드부에 전동드릴을 장착하여 드릴가공에 적용시킬 수 있도록 베이스에 밀착된 면을 제외한 나머지

면(5면)을 가공할 수 있는 각 관절 형태에서 주파수 분석실험에 의해 로봇의 고유진동수와 실제 드릴가공시 발생하는 진동의 양상을 분석하여 산업용 로봇에 적용시킬 수 있는 5면 가공위치의 드릴가공에 대한 최적 작업조건을 얻고자 한다.

#### 2. 실험장치 및 실험방법

##### 2.1 로봇시스템의 구성

산업용 로봇은 작업 대상물을 핸드링하기 위한 핸드(작업용 툴, 엔드 이펙트)등 로봇 선단 암에 결합되어 있고, 가동부(기구부)를 구동하기 위하여 컨트롤러(제어부)가 필요하며, 이때 자신의 위치를 파악하기 위한 센서(검출부)가 필요하다. 센서 기능에는 내부 계측기능(자신의 가동부 상태를 계측하는 기능), 외부계측·인식기능(작업 대상물의 상태를 계측·인식하는 기능), 제어정보 교환기능(다른 기계장치와 로봇주변기기 상태의 정보를 교환하는 기능), 자기진단 기능(로봇 자신의 이상 유무를 판단하는 기능)등이 있다. 산업용 로봇은 다음 Fig.1과 같이 기구부와 제어부로 구성되고 일반적으로 주변

기기와 함께 시스템화하여 사용된다.

본 실험에 사용된 FANUC Handling Robot는 Handling Tool Application Software, Robot 기구부 (FANUC robot series), R-J2 제어장치로 구성된다.

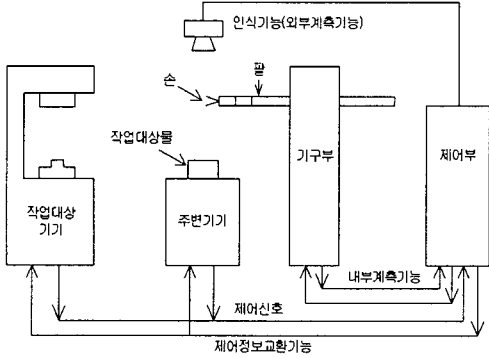


Fig.1 Structure of robot system

## 2.2 시험장치와 시험편

본 실험에 사용된 로봇 시스템은 FANUC MATE-100i 기종이며 Arc 용접용으로 쓰인다.

로봇의 엔드부에서 드릴가공을 하기 위하여 전동 드릴을 장착하였고 드릴 회전 속도를 조정하기 위해 드릴척에 센서를 부착하여 회전 속도를 제어하였다. 이 실험에서의 조절 가능한 드릴 회전속도는 최대 2700rpm까지이다.

Fig. 2는 로봇의 엔드부에 전동드릴을 장착하였고 드릴 회전 속도를 조정하기 위해 드릴척에 센서를 부착하여 회전속도를 제어하였다.



Fig.2 Articulated Robot Drilling System

## 2.3 실험 방법

### 2.3.1 로봇의 고유진동수 및 진동모드 측정

실제 가공시 발생하는 진동현상을 파악하기 위해 로봇 관절 형태에 따른 시험편의 윗면, 좌측면, 우측면, 앞면, 뒷면의 가공위치에 따라 고유진동수를 측정하기 위해 로봇에 가속도계(Accelerometer)를 부착하고 주파수분석기(FFT)를 통해 주파수 분석실험을 하였다.

Fig.3은 로봇관절의 상하, 좌우 진동현상을 알아내기 위해 가속도계(Accelerometer)를 부착한 모식도이다.

Fig.4는 시험편의 윗면, 좌측면, 우측면, 앞면, 뒷면의 가공위치를 나타낸 그림이다.

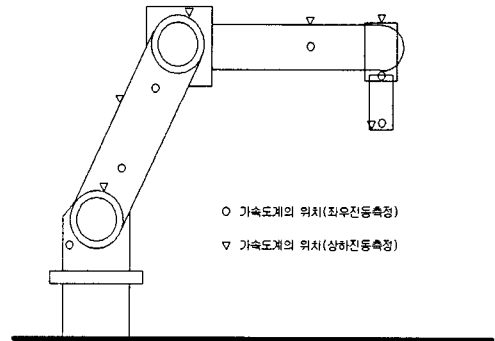


Fig.3 Experimental points for acceleration of the robot drilling system

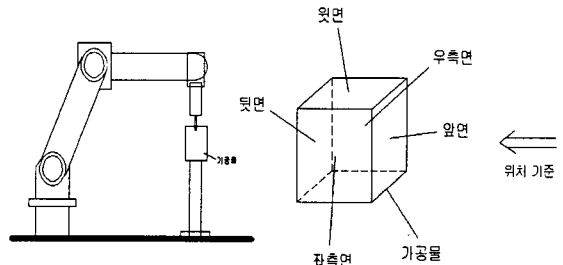


Fig.4 Drilling path for the multi-faces

## 3. 실험결과

### 3.1 로봇의 고유진동수 및 진동모드

#### 3.1.1 윗면 가공위치

윗면 가공 위치의 로봇 관절 형태일 때 측정된 주파수 신호는 Fig.5와 같으며 고유진동수는 9Hz, 25Hz, 32Hz, 45Hz로 측정되었다.

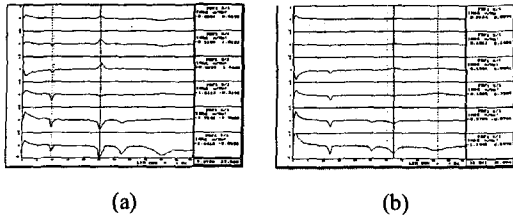


Fig. 5 Frequency signal on upper face  
 (a) Mode of left-right direction  
 (b) Mode of up-down direction

### 3.1.2 좌측면 가공위치

좌측면 가공 위치의 로봇 관절 형태일 때 측정된 주파수 신호는 Fig.6과 같고 고유진동수는 9.7Hz, 13Hz, 23Hz, 29Hz로 측정되었다.

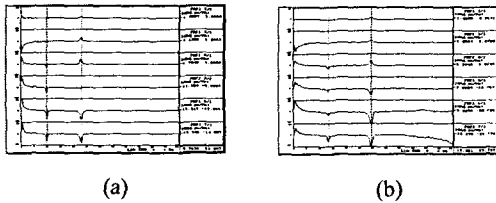


Fig. 6 Frequency signal on the left face  
 (a) Mode of left-right direction  
 (b) Mode of up-down direction

### 3.1.3 우측면 가공위치

우측면 가공 위치의 로봇 관절 형태일 때 측정된 주파수 신호는 Fig.7과 같고 고유진동수는 8.5Hz, 13.28Hz, 23Hz, 29.29Hz로 측정되었다.

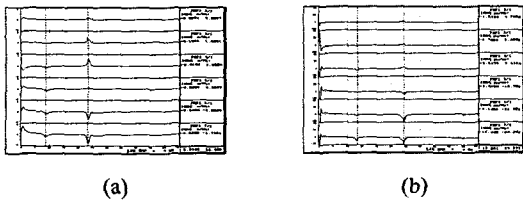


Fig. 7 Frequency signal on the right face  
 (a) Mode of left-right direction  
 (b) Mode of up-down direction

### 3.1.4 앞면 가공위치

앞면 가공 위치의 관절 형태일 때 측정된 주파수 신호는 Fig. 8과 같고 고유진동수는 10Hz, 13Hz, 23Hz, 28Hz로 측정되었다.

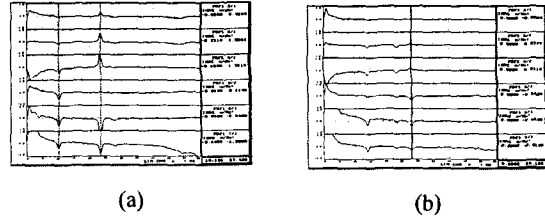


Fig. 8 Frequency signal on the front face  
 (a) Mode of left-right direction  
 (b) Mode of up-down direction

### 3.1.5 뒷면 가공위치

뒷면 가공 위치의 관절 형태일 때 측정된 주파수 신호는 Fig. 9와 같고 고유진동수는 12Hz, 21Hz, 25Hz, 46Hz로 측정되었다. 각 면에 대한 가공위치에서 로봇의 고유진동수를 알아보기 위해 주파수 분석 실험 결과 각 면의 가공위치에 대한 드릴회전속도가 1300~2700rpm 범위에서 로봇의 고유진동수와 일치하는 드릴 회전속도는 Table.1과 같다.

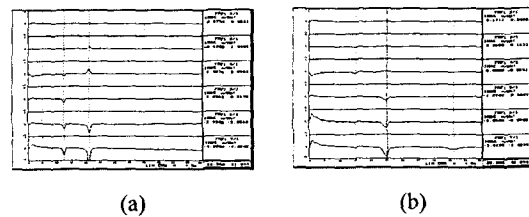


Fig. 9 Frequency signal on the rear face  
 (a) Mode of left-right direction  
 (b) Mode of up-down direction

Table. 1 Resonance RPM of the each face

Face	Resonance rpm
Upper Face	1500, 1900, 2700
Left Face	1400, 1740
Right Face	1400, 1760
Front Face	1400, 1700
Rear Face	1300, 1500, 2700

## 4. 고찰

### 4.1 드릴작업시 진동 모드

Fig.10 (e)는 1500rpm 부근에서 가장 큰 진동을 보이고 있고, (a)에서는 1900 rpm부근에서 가장 큰 진동을 보이고 있다. (b),(c),(d)에서는 드릴회전속도가 1400rpm, 1700rpm부근에서 진동이 발생되

나, (e),(a)보다 비교적 작고 또한 비슷한 크기의 진동이 발생하는 것은 로봇관절 굽힘각도에 따라 기구학적 형상이 다르기 때문이다.

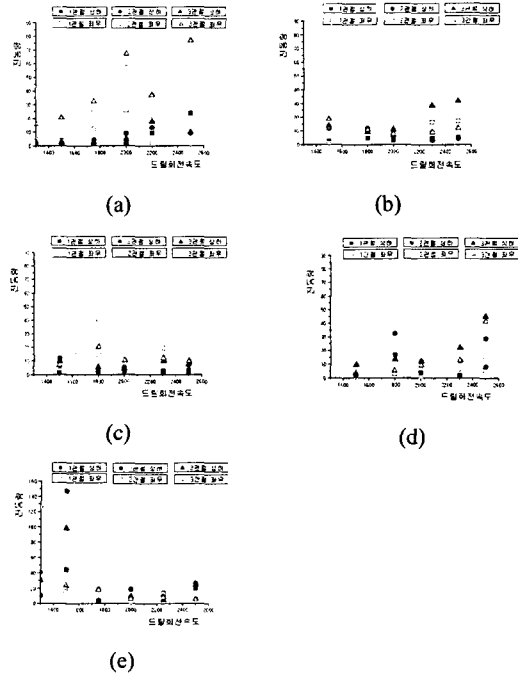


Fig.10 Vibration graph of each joint face  
(a) Upper face (b) Left face (c) Right face (d) Front face (e) Rear face

#### 4.2 드릴작업의 이상적인 속도

각 면의 가공위치에 대해서 공통적으로 진동이 가장 작게 일어나는 이상적인 회전속도는 1800rpm 부근과 2300rpm부근임을 알 수 있으며, 이 로봇 드릴링 시스템에서는 가장 안정화된 드릴가공 조건이라 할 수 있다.

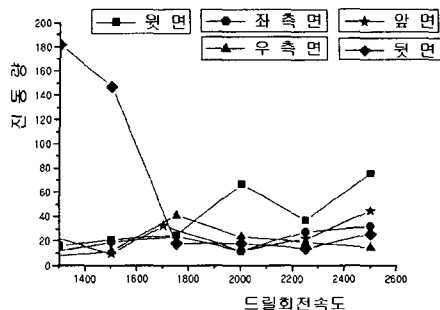


Fig.11 Highest vibration graph of each face with drill's rpm

#### 5. 결론

본 연구는 6자유도를 갖고 있는 다관절 로봇을 활용함으로써 5면의 구멍을 가공할 수 있는 방법을 연구하고자 했고 다관절 로봇의 진동모드를 주파수 분석실험에 의해 구해서 이 데이터를 비교, 분석함으로써 5면 위치에 드릴작업에 대한 가능성을 살펴 보았다. 주요 연구결과는 다음과 같다.

1. 본 연구에 사용된 용접작업에 쓰이는 산업용 로봇이나 로봇의 엔드부에 Tool(드릴)을 장착하여 육면체중 5면에 드릴가공을 적용할 수 있었다.
2. 각 면 위치의 로봇 관절 형태에서 고유진동수 및 진동모드를 알아냈고, 드릴가공을 할 때 공진을 일으키는 각 로봇 관절 형태에 대한 드릴 회전속도를 찾을 수 있었다.
3. 각 면의 가공위치에 대한 드릴회전속도가 1300~2700rpm 범위에서 각 면의 가공위치에 대해서 공통적으로 진동이 가장 작게 일어나는 이상적인 회전속도는 1800rpm 부근과 2300rpm부근임을 알 수 있으며, 이 로봇 드릴링 시스템에서는 가장 안정화된 드릴가공을 할 수 있는 회전속도이다.
4. 산업용 로봇을 이용하여 엔드 이펙트에 다양한 형태의 Tool을 장착하여 절삭작업을 할 수 있으며, 동특성을 파악하여 동적으로 안정된 시스템을 구현할 로봇 설계의 기초자료가 되리라 기대된다.

#### 참고문헌

1. Marcel Dekker, INC. "Robot Technology and Applications" pp. 395-444, 1990
2. K.S.Fu, R.C.Gonzalez, C.S.G.Lee, "ROBOTICS (Control, Sensing, Vision, and Intelligence)" HcGRAW-HILL EDITIONS pp. 296-447, 1995.
3. FANUC Robot Series(R-J3 controller) "Handling Tool Operator's manual" FANUC LTD. 1998
4. M.Hillman, "Introduction to the special issue on rehabilitation robotics", Robotica, Vol.16 pp. 485-523, 1998.
5. 서남섭 "절삭가공학" pp.9-11, pp. 45-92, pp. 141-177, pp. 306-313, 동명사 1998.
6. William T. Thomson "기계진동 이론과 응용" pp. 129-156, 1998.