

# 실험 계획법을 이용한 로봇 암부위 최적설계

정원지(국립 창원대학교 기계설계공학과), 김정현\*(국립 창원대학교 기계설계공학과)

## Optimal Design of Robot-Arm using Design of Experiments

W. J. Chung(Mecha. Design. Eng. Dept. CNU), J. H. Kim(Mecha. Design. Eng. Dept. CNU),

### ABSTRACT

This paper presents the optimal design of Robot-Arm part use Design of Experiment(DOE). The DOE(Design of Experiment)was conducted to find out main effect factors for design of Robot-Arm part. In this design of Robot-Arm, 5 control factors include numbers of 4 level are selected and we make out L16 orthogonal array. Using this orthogonal array, find out optimal value and main effect factors of object function for design of Robot-Arm part by 16 times of test. We evidence this optimal value by using CATIA V5 Analysis.

**Key Words** : SCARA Robot, Optimal Design(최적설계), DOE(실험계획), 설계변수(Design variable), Orthogonal array(직교배열표), CATIA V5,

### 1. 서론

현대 산업에 있어서 로봇의 역할은 점점 커지고 있으며 단순한 물건을 옮기거나 용접하는 작업분야에 사용되던 로봇은 수 마이크로미터의 오차범위 내의 정밀성을 필요로 하는 초정밀 작업에까지 사용되고 있다. 이런 초정밀 로봇의 설계에 있어 서보 모터나 제어기의 역할이 중요시 되어지고 있지만 경량화 되면서 동시에 강성이 높은 암의 설계가 없이는 이루기 힘든 것이 사실이다.

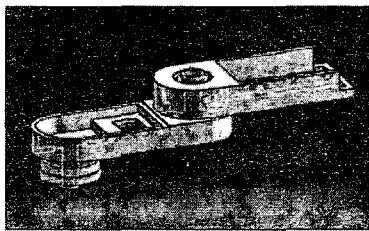


Fig.1 Modeling of Robot-Arm

일반적으로 최적 설계를 위해 컨셉 설계 후 해석을 수행하게 된다. 해석 결과에 따라 설계 변수를 변경한 후 재해석이 수행되며 목표치를 만족할 때까지 이 과정이 반복된다. 설계 변수의 변경은 전적으로 엔지니어의 경험과 시행착오에 의존하기 때문에 소요시간의 변동이 크며, 최적의 설계 변수를 찾기가 힘들다는 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 실험계획법(design of Experiments, DOE)을 이용하여 로봇 암부위의 설계변수들을 직교배열표(Orthogonal array)를 구성하

여 해석을 수행하였으며, 결정된 최적 사양은 해석을 통해 최초 설계된 로봇암 부위와 비교하여 검증하였다.

### 2. 실험 계획법

실험계획법(design of Experiments, DOE)은 해결하고자 하는 문제에 대하여 최소의 실험횟수로 최대의 정보를 얻기 위해 사용된다. 실험계획법을 통하여 각 인자의 결과에 대한 영향을 정량적으로 파악할 수 있으며 최적값의 조건을 찾을 수 있다.

로봇 암의 설계에 있어 제어인자는 Fig.2 와 같이 5 개로 선정하였으며 각 제어인자에 대한 수준수는 4 수준으로 Table 1 과 같다. 직교 배열표는 L16(4<sup>5</sup>)을 이용하였으며, 각 제어인자와 대응하는 직교 배열표를 만들어 보면 Table 2 와 같으며 총 16 회의 실험만으로 256 번(4<sup>4</sup>)의 실험을 대신할 수 있다.

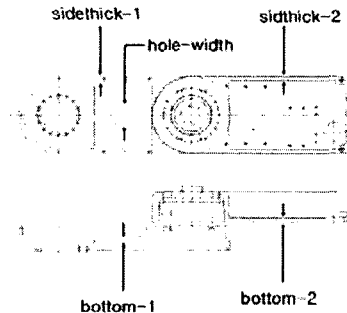


Fig. 2 Fig. 2 Schematic diagram of Robot-Arm

Table 1 Level of design variables

No.	제어인자	수준-1	수준-2	수준-3	수준-4
1	sidethick-1	2	4	6	8
2	bottom-1	2	4	6	8
3	hole-width	30	40	50	60
4	sidthick-2	2	4	6	8
5	bottom-2	2	4	6	8

Table 2 L16 Orthogonal array

	C1	C2	C3	C4	C5
	sidethick-1	bottom-1	hole-width	sidthick-2	bottom-2
1	2	2	30	2	2
2	2	4	40	4	4
3	2	6	50	6	6
4	2	8	60	8	8
5	4	2	40	6	6
6	4	4	30	8	6
7	4	6	60	2	4
8	4	8	50	4	2
9	6	2	50	8	4
10	6	4	60	6	2
11	6	6	30	4	8
12	6	8	40	2	6
13	8	2	60	4	6
14	8	4	50	2	8
15	8	6	40	8	2
16	8	8	30	6	4

### 3. 해석 및 최적 인자 도출

모델링 및 해석을 위해 사용한 툴은 CATIA V5R14 이며, 위에서 작성한 직교 배열표에 따라 총 16 번의 해석을 수행하였다. 목적 함수는 최대치 짐량과 질량이다. 즉, 최대치 짐량과 질량을 동시에 최소로 하는데 중요한 인자를 실험계획법을 이용하여 찾아낸 것이다. 이는 다목적 함수의 문제로서 최적화 기법을 사용하기 위해서는 식(1)에서와 같이 weight factor 와 Scale factor 를 적절히 설정하여 여러 목적함수들이 선형 결합한 하나의 목적함수로 지정하고 그 값을 최소화 하여야 한다.

$$Object = w_1 \times \frac{mass}{sf_1} + w_2 \times \frac{deflection}{sf_2} \quad (1)$$

여기서 목적함수의 최대값을 1 로 조절하기 위하여  $w_1$ ,  $w_2$  는 0.5 로 두었으며  $sf_1$  과  $sf_2$  는 각각 4 와 1.8 로 설정하였다. 이상의 실험 계획법에 따라 경량화와 최대치 짐의 최소화를 위한 Robot-Arm 의 최적화값은 Fig 3 에서 볼 수 있듯이 sidethick-1 과 bottom-1 은 8(mm), 그리고 hole-width 는 60mm, sidthick-2 는 4mm, 마지막으로 bottom-2 는 2mm 일 때 임을 알 수 있다. 결과값에 영향을 미치는 주인자는 sidethick-1 으로 나타났다.

앞의 결과에서 도출한 최적인자를 적용하여 최적 사양에 대한 Robot-Arm 를 해석한 결과 최대치 짐량은 0.378024mm 이고 질량은 3.693kg 으로 Object 값은 0.5666 으로 나왔으며 기존 설계와 앞의 16 번의 실험 데이터보다 향상된 결과를 보여주었다.

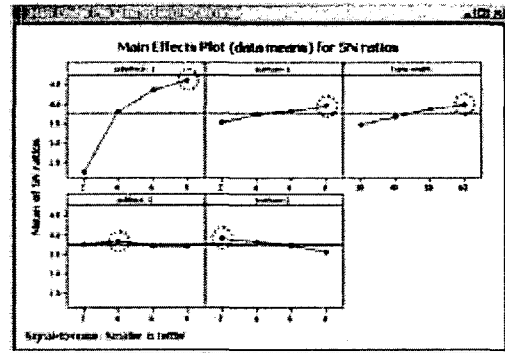


Fig. 3 S/N ratio value response for design variables

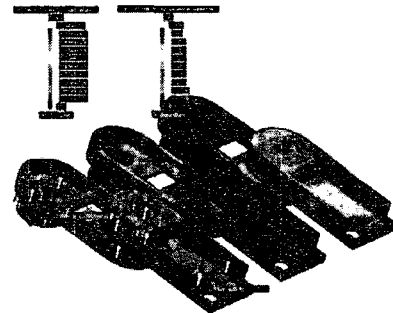


Fig. 4 Optimal value by DOE

### 4. 결론

본 논문에서는 실험계획법을 이용하여 Robot-Arm 부위의 최적 사양을 유도해 보았으며 그 결과를 CATIA V5 를 통해 해석해 보았다. 실험 계획법을 이용하여 256 회의 실험을 통해 알 수 있는 제어 인자의 성향을 16 회만으로 알아 낼 수 있었으며 그 결과 Robot 의 1 번째 Arm 의 side thickness 가 가장 큰 제어인자임을 알 수 있었다.

### 후 기

본 연구는 창원대학교 공작기계기술 연구센터의 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. Lawrence P.Sullivan, "Quality Function Deployment," American Supplier Institute, INC, 1998.
2. Genichi Taguchi, yuin wu, "TAGUCHI's Quality Engineering Handbook," Wiley, 2001.
3. 박성현, 이명주, 이강군 "6 시그마 설계를 위한 DFSS," KSA 한국표준협회, pp. 41-99, 2001.
4. 박성현, "현대실험계획법," 민영사, pp. 631-646, 1999.