

3. 실험 해석

8601 모델은 6축 다관절 로봇으로서, (표 1)에서 보는 바와 같이 각 관절을 구동하는 모터가 각기 존재한다. 따라서 실제 로봇의 구동중에 나타나는 로봇 팔 끝단의 동적 응답은 주 3축 즉 S, V, H축의 연성에 의하여 복합적으로 나타나겠으나 V, H축은 관성 모멘트가 작고 고강성 구조로 진동요인이 적으므로 S축에 의한 진동 특성해석에 주력하였다.

본 실험은 로봇이 S축 주위로 구동할 때 팔의 자세나 하중 상태에 따라 몸체의 관성모멘트가 변화하므로 (그림 5)에서 보는바와 같이 "가", "나", "다" 자세에서 무부하인 상태와 100kg 하중상태로 구분된 6가지 경우에 대해서 실험을 하였다.

S축에 대한 팔의 고유진동수와 모우드 해석을 위해 각 자세별로 충격 시험을 수행했으며, S축 구동 모터의 속도에 따른 로봇 손목부의 실제 진동응답치를 알아보고자 다음과 같은 계측을 하였다.

3.1 S축 구동시의 손목부에서의 진동계측

S축은 감속기 자체의 가진주파수에 인한 진동현상이 가장 크며 1), 2), 5) 본 계측은 감속기에 의한 가진 주파수와 S축의 회전 고유진동수 및 이때의 진동치를 조사하였다. 이를위해 로봇 팔 끝단에 수평방향으로 가속도계를 부착하고 S축 구동 모터의 속도를 40sec/180° 에서 4sec/180° 까지 변화하면서 진동치를 측정하였으며 실제 구동 모터의 회전수를 측정하기 위하여 작동중 타코에서 직접 신호를 받아 측정 하였다.

계측된 자료로부터 나오는 결과는 (그림 6~7)에 각 자세별로 진동 spectrum의 분석치를 보여주고 있으며 (그림 8~9)에서는 모터 속도별 진동응답치를 displacement severity로서 보여주고 있다.

따라서 이로부터 다음 사항을 알 수 있다.

- i) (그림 6~7)에서 보는 바와 같이 직선으로 표시되는 선은 구동 모터의 가진 harmonics를 나타내는 것으로 S축 구동 모터는 입력 주파수의 정배수에 해당하는 가진력을 가지고 있다고 볼 수 있다. 이는 CD 감속기를 사용한 경우의 특성으로 구동모터에 의한 CD 감속기에서의 전달 주파수는 다음과 같이 표시 할 수 있다.

$$f = 120 / (Re - 1) \times NC$$

f : 전달 주파수

Re : CD 감속기의 감속비 (Re = 119)

NC : 구동 모터의 입력 주파수

- ii) 계측된 자료로부터 각 자세별로 모터 입력 주파수와 공진력을 살펴보면 (그림 6~7)에서 보는 바와 같이 어떤 특정 주파수에서 공진을 일으키고 있다고 할 수 있다. 따라서 이런 공진 주파수를 피해서 로봇을 구동시켜야 하며 특히 모터 입력 주파수의 1차 성분과 공진을 일으키지 않도록 로봇 응용 설계시 고려해야 한다.

3.2 충격 시험

로봇 팔의 고유진동수 및 진동 모우드를 해석코자 가속도계를 손목부와 팔의 수평방향으로 여러개 부착하고 각 자세별로 충격 시험을 하였으며, 각 경우에 대하여 계측된 팔의 고유 진동수와 진동 모우드를 (표 2) 및 (그림 10~11)에서 보여주고 있다.

(표 2) 계측된 고유 진동수

자 세		mode		
		비틀림 모우드	sway 모우드	yaw 모우드
무부하	'가' 자세	10 Hz	-	22.8 Hz
	'나' 자세	12 Hz	-	20.8 Hz
	'다' 자세	10.8 Hz	14.8 Hz	-
100 kg 하중	'가' 자세	5.6 Hz	16.4 Hz	24.4 Hz
	'나' 자세	6.0 Hz	18.8 Hz	24.8 Hz
	'다' 자세	6.4 Hz	21.6 Hz	24.8 Hz

계측된 자료로부터 작성된 모우드는 크게 3가지 경우로 대별할 수 있는데 S축을 중심으로 돌아가는 비틀림 모우드, 팔이 같은 위상을 갖고 수평방향으로 움직이는 모우드 (sway mode라 한다) 그리고 팔의 자세가 갖는 어떤 축을 중심으로 돌아가는 모우드 (yaw mode라 한다)로 구분된다.

비틀림 모우드는 자세 및 하중의 변화에 따라 민감한 변화를 하지만 yaw 모우드는 자세나 하중의 유무에 대해 일정함을 보여 주고 있다. 그리고 특이한 점은 모우드 shape에선 잘 나타나지 않았지만 "다" 자세의 경우 sway 모우드가 매우 지배적이었던 것이다.

4. 결론

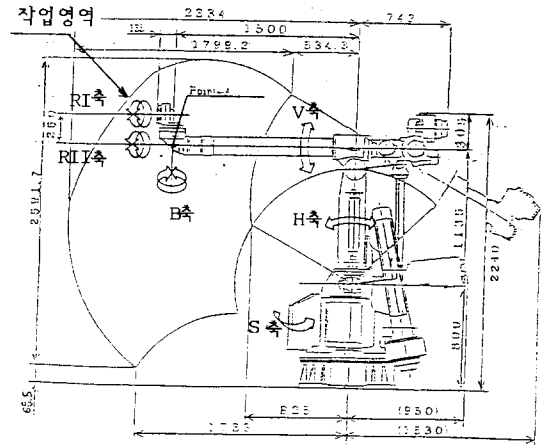
고속 연속 궤적 작업에의 응용을 위한 8601 로봇의 동적 특성에 관한 연구결과는 아래와 같다.

- i) V, H축은 볼 스크루로 구동되는 고강성 구조이나 작업자세별 감속비가 크게 변화하므로, 등속운동을 필요로 하는 작업에의 응용을 위해서는 이를 보정 모터속도를 제어 하는 제어계의 설계가 되어야 한다.
- ii) 충격시험을 통한 로봇트 팔의 진동은 비틀림, sway, yaw 모우드로 크게 구분되며, 이중 비틀림 모우드는 작업자세에 따라 민감한 변화를 보이지만 yaw 모우드는 자세나 하중 상태에 따라 변화가 적다.
- iii) 손목부에서의 진동현상은 S축의 감속기 가진 주파수에 의해 가장 크게 야기되며, 작업자세 및 부하조건에 따라 로봇트의 고유 진동수가 5~25Hz로 변화하므로 적용용도에 따라 진동을 줄일 수 있도록 응용설계 되어야 한다.
- iv) S축의 진동 크기는 (그림 8~9)에서 보는 바와 같이 가장 큰 값이 1.0 mm 정도이며 보다 정도 높은 작업을 위해서는 진동 흡수장치 혹은 feed back 제어에 대한 연구가 수행되어야 한다.
- v) S축 회전애 따른 진동을 줄이기 위해서는 무엇보다도 고강성 감속기를 선정하여야 하며 구동계의 고유 진동수가 모터의 기전주파수 보다 크도록 메카니즘 설계를 하는 것이 바람직 하다.

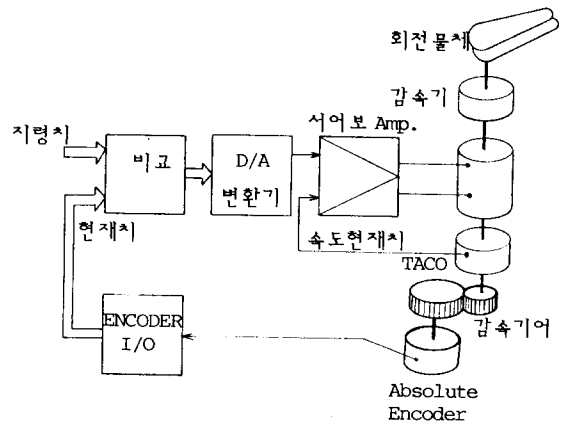
참고 자료

1. S. Futami, N. kyura, "Vibration Absorption Control of Industrial Robots by Acceleration Feedback", IEEE, Vol., IE-30, No. 3, Aug. 1983
2. M. C. Good, L. M. Sheet, K. L. Strobel, "Dynamic Models for control system Design of Integrated Robot and Drive Systems", ASME DSMC, Vol. 107, Mar. 1985
3. W. H. Sunada, S. Dubowsky, "On the Dynamic Analysis and Behavior of Industrial Robotic Manipulators with Elastic Members", ASME Journal of Mech. Trans Autom. Design, Vol. 105, No. 1, Mar. 1983

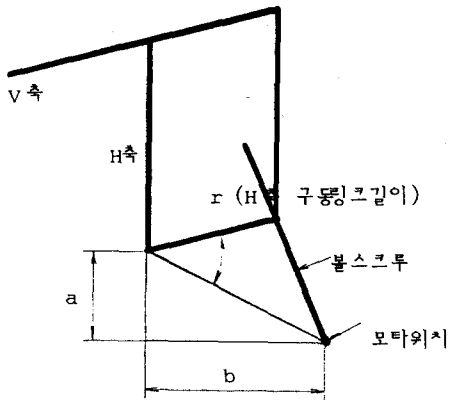
4. "산업용 로봇트의 구조진동 해석" 야스카와 전기 제 51권, No. 3, 1987 (일본)
5. T. Hidaka의 3명, "산업용 로봇트의 선회구동부에서의 진동특성에 관한연구", 일본기계학회 논문집 52권 480호, 1986년 (일본)



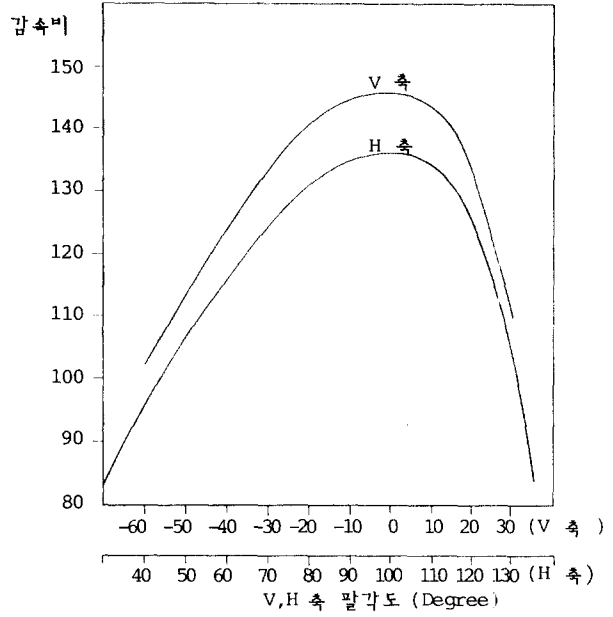
(그림1) 8601 로봇트 기구 배치도



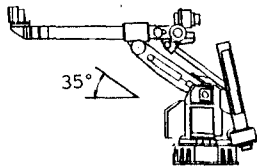
(그림 2) 축별 서어보계 구성



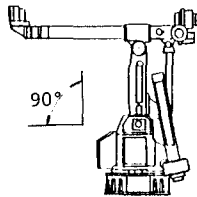
(그림 3) H축 팔구동 링크 메카니즘



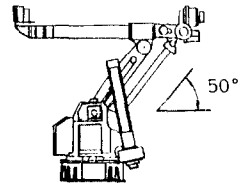
(그림 4) V,H 축 위치별 감속비



(A) "가" 자세

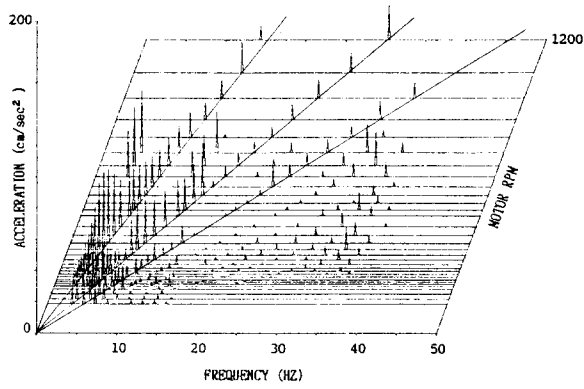


(B) "나" 자세

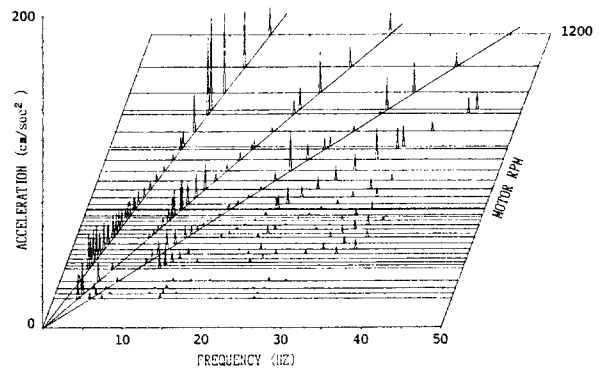


(C) "다" 자세

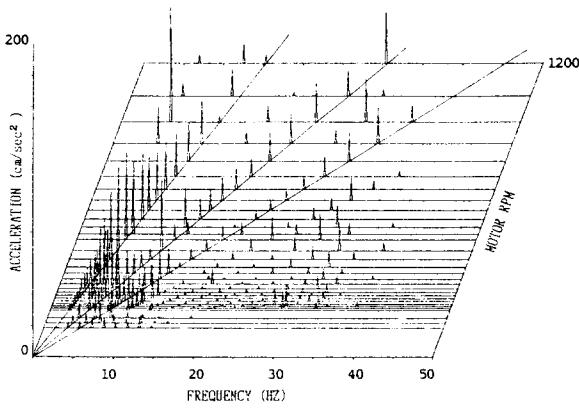
(그림 5) 전동 축정 자세



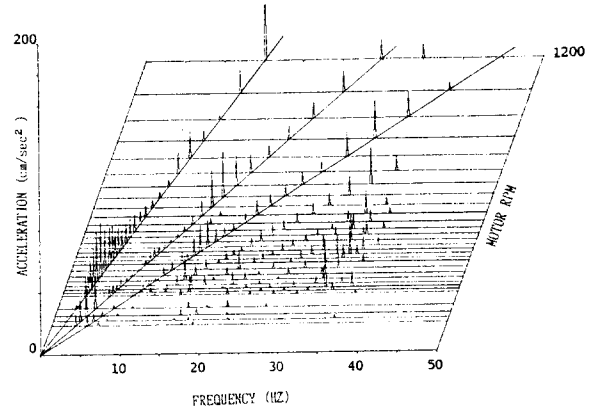
(A) "가" 자세



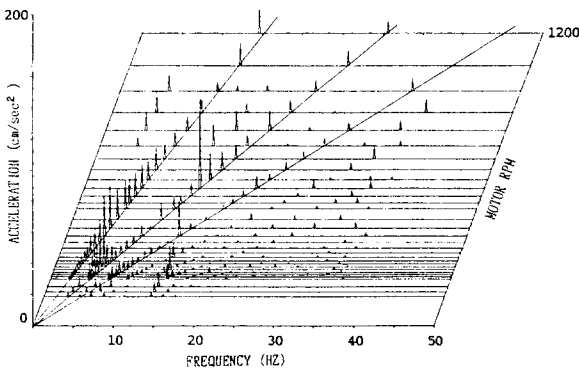
(A) "가" 자세



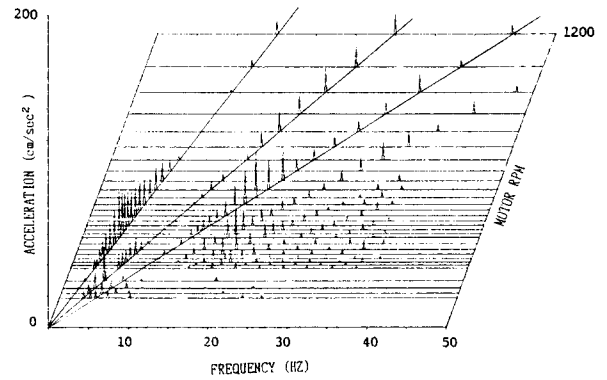
(B) "나" 자세



(B) "나" 자세



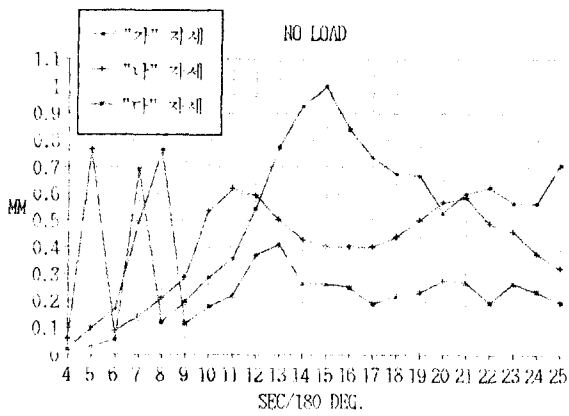
(C) "다" 자세



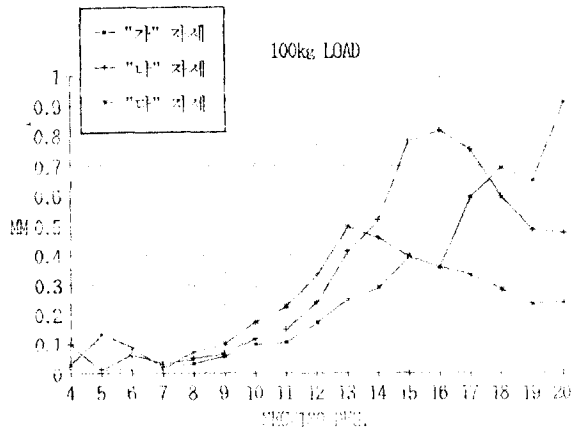
(C) "다" 자세

(그림 8) 무부하시의 Spectrum 분석

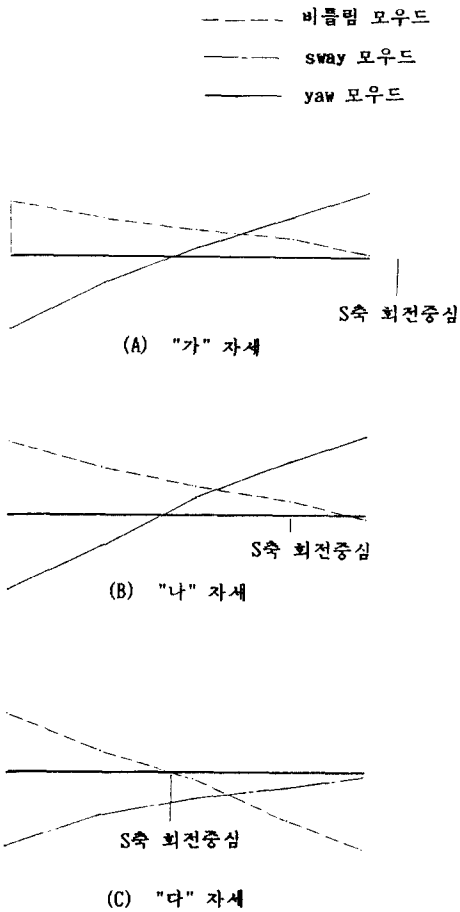
(그림 7) 100kg 하중시의 Spectrum 분석



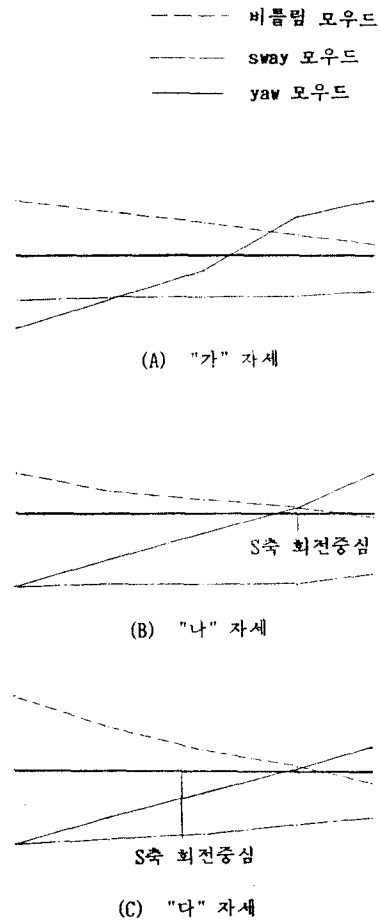
(그림 8) 무부하시의 속도변화에 따른
Vibration Seveirty (mm)



(그림 9) 100kg 하중시의 속도변화에 따른
Vibration Seveirty (mm)



(그림 10) 무부하시의 진동 모드



(그림 11) 100kg 하중시의 진동 모드