韓國精密工學會 2002年度 春季學術大會論文集 pp.395~398 KSPE 02S129

구조해석을 통한 공작기계(BC-500)의 기본 성능 개선

손재율*, 박효홍(금오공대 대학원), 정선환, 노승훈, 최성대(금오공대), 최언돈((주)성림)

Performance Improvement of M/C(BC-500) via Structure Analysis

J. Y. Son*, H. H. Park(Graduate school, KNUT), S. H. Cheung, S. H. Ro, S. D. Choi(KNUT)
and U. D. Choi(Sung Rim)

ABSTRACT

This study is to examine the safety by analizing the hardness of bed and the characteristic of vibration to improve basic efficiency of machine-tool of drill-cell which is a high line center. The mistake of existing design was shown through the analysis of 3-D and structure. The purpose of this paper is to draw up a plan to improve performance and to propose the design method through finding out the optimum by analyzing dynamic property of structure in a quantity-way by CAE for a quantity-analogy of dynamic property in design steps.

Key Words : Modeling(모델링) Structure Analysis(구조해석) FFT Analyzer(고속 푸리어 변환기)

1. 서론

현대 산업사회는 생산성향상을 매우 중대한 과제로 삼아 발전되어가고 있다. 이에 따라 생산성향상을 위한 고속화, 무인화 및 고품질화가 요구되어지고 있으며 이러한 추세는 공작기계분야에도 그대로 적용되어지고 있다. 일반적으로 생산성은 작동속도에 비례하며 기계구조물의 진동은 작동속도의 증가와 더불어 커지게 된다. 따라서 생산성을 증가시키기 위하여 가공속도를 높이게 되면 엄청난 진동에 따른 공작물의 정밀도와 표면조도를 저하시키고 공구의 마모와 손상 및 기계부품의 수명을 단축시키는 요인이 된다. 따라서 공작기계의 고속화 및 고정밀화를 위해서는 고속화에 따른 진동량의 증가를 제어할 수 있는 설계기술이 절실히 요구된다.

공작기계의 기본적인 기능은 공작물을 만족할 만한 표면 조도와 요구된 기하학적 형상으로 경제적으로 가공하는 것이며 공작기계의 성능은 가공정도와 생산성에 의해 평가된다. 성능평가를 위한 대표적인 시험법은 직접절삭 시험법과 가진 시험법[1]으로 두 시험법을 동시에 수행하여 공작기계의 동적 성능을 평가하는 것으로 궁극적 목적은 동적 성능의 차이로 인하여 발생하는 진동량의 차이를 규명하는 것으로 공작기계를 설계함에 있어서는 이러한 동특성을 미리 유추하여 설계단계에서부터 동적으로 안정한 구조물을 설계하여야하나 설계자의 경험에 의존하는 부분이 대다수이므로 정량적 접근이 요원하다.

본 연구에서는 설계단계에서 동특성의 정량적 유추를 위해 CAE을 통한 구조물의 동특성을 정량적으로 분석하여 최적조건을 찾으므로 기본성능을 향사시키는 방안을 마련하여 이것에 의한 설계 방법도 제안하고자 한다.

2. 모델링 및 구조해석

2.1 BC-500의 3D 모델링

Fig. 1의 그림은 본 연구의 모델링 및 해석의 대상으로 이용한 공작기계 구조물 전체를 모델링 한 것으로서 현재 (주)성림의 생산현장에서 공작물의 생산에 사용되고있는 BC-500 보링센터이다.

Fig. 1의 BC-500 보링센터의 구조를 살펴보면 먼저 Bed는 2개의 Part로 이루어져 있으며 서로 Bolt를 이용하여 조립하였으며 앞쪽에 위치하는 앞판 Bed에는 Index Table이 위치하며 뒤쪽에 위치하는 Main Bed의 Saddle 위에 x,y 방향으로 이송이 가능한 Column이 위치하며 Spindle은 Column에 조립되어 z

방향으로의 이송이 가능하며 Main Bed의 모서리 부분에 ATC가 위치한다. 또한 작동 메커니즘을 살펴보면 Index Table에 위치한 공작물의 절삭면이 Index Table의 회전에 의해 선택되어지면 Main Bed의 Column이 Index Table로 접근하여 수평방향의 보링작업이 진행되어지고 진행 중 절삭공구의 교환은 ATC에 의해 자동으로 이루어진다.

Table 1에 Fig. 1의 BC-500 보링센터의 주요제원을 표시하였다.

2.2 Structure Analysis

Fig. 2는 BC-500의 구조물의 모든 하중을 지지하는 Bed를 Modeling한 것으로써 Bed는 구조물의 하중에 충분히 견딜 수 있는 정적강성과 진동현상의 동적강성 역시 동시에 요구되므로 Main Bed와 앞쪽 Bed에 대하여 정적해석과 동적해석을 동시에 수행하였다.

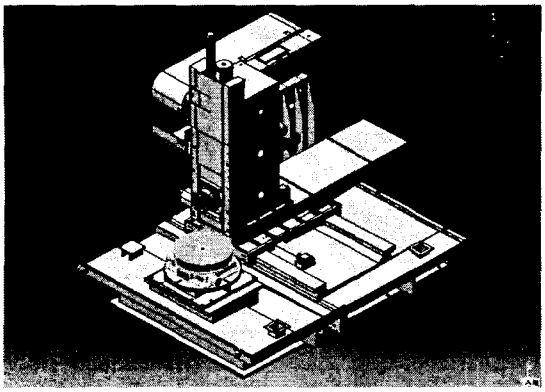


Fig. 1 Modeling of the BC-500

Table 1. Specification of the BC-500

Stroke	x	800mm
	y	630mm
	z	630mm
이송속도	x	26m/min
	y	24m/min
	z	26m/min
주축회전수	최대회전수	4000rpm
	상용가공 회전수	50~3500rpm
중량		6.3ton
ATC Tool Storage Capacity		24본

Fig. 3은 Column이 왼쪽으로 치우쳐 있는 상태에서 Main Bed에 Column, ATC 및 구동 Motor의 하중이 작용하는 경우를 설정한 그림으로 Main Bed의 왼쪽부위에 모든 자중에 의한 하중들이 집중하여 정적으로 매우 불안한 상태를 유발하고 있다. Fig. 4는 Fig. 3과 같이 하중이 Main Bed에 작용하는 경우에 대하여 Main Bed의 정적처짐을 분석한 결과이다. 메쉬 형상의 일그러짐으로 Main Bed의 정적처짐을 살펴보면 하중이 작용하는 다른 부위에 비해 Column의 자중이 작용하는 부위의 처짐이 지뱃거으로 Main Bed의 강성은 Column의 하중을 효과적으로 분산하는 방향으로 설계되어야 함을 나타내며 또한 처짐의 발생시 뒤틀림도 동시에 발생하므로 미끄럼면의 편마모를 유발하는 현상에 대한 대책도 필요해진다.

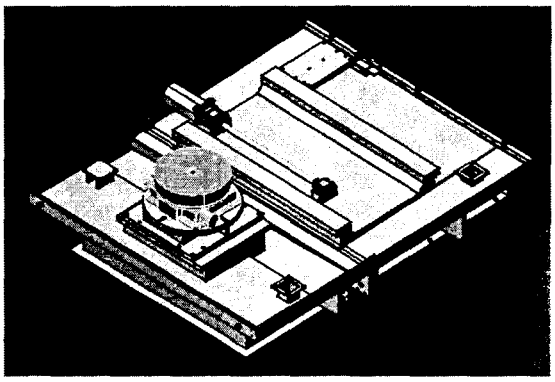


Fig. 2 Modeling of Bed

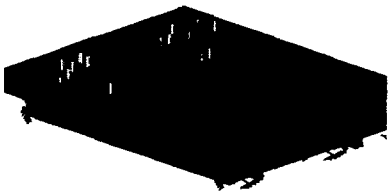


Fig. 3 Description of preprocessing

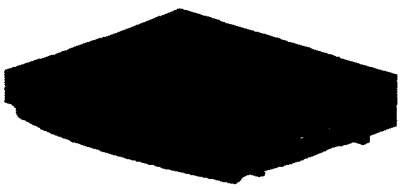
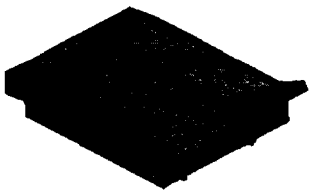


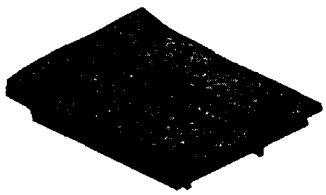
Fig. 4 Result of stress analysis

Fig. 5의 동특성 분석 결과는 Fig. 3의 Main Bed에 대하여 Dynamic Analysis를 수행한 결과로서 660Hz에서 1차 고유진동수, 680Hz에서 2차 고유진동수 및 각각의 경우에 대하여 Mode shape을 나타낸다.

Fig. 6의 앞판 Bed에 대하여 Main Bed와 같은 방법으로 수행 정적처짐과 동특성을 분석하고자 하였으나 Main Bed와 같이 Column과 ATC의 결합부가 없으므로 정적처짐에 대한 해석은 수행하지 않고 동적거동에 대한 분석을 실시하였다. Fig. 7은 앞판 Bed의 동특성을 분석한 결과로서 530Hz와 650Hz에서 고유진동수를 가지며 각각에 대한 Mode Shape을 나타내었다. Fig. 5와 Fig. 7의 결과를 바탕으로 Bed의 동특성을 살펴보면 Main Bed의 1차 고유진동수와 앞판 Bed의 2차 고유진동수가 공진을 일으켜 650Hz에서는 Bed의 공진으로 인해 BC-500 전체가 매우 심하게 진동하는 양상을 나내낼 수 있을 것으로 사료된다.



1st mode shape at 660Hz



2nd mode shape at 680Hz

Fig. 5 Result of dynamic analysis

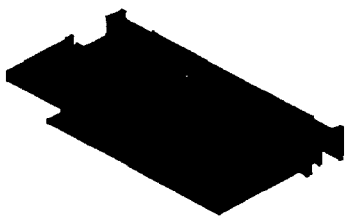


Fig. 6 Description of preprocessing

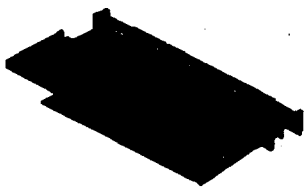
3. 주파수분석실험

3.1 실험방법

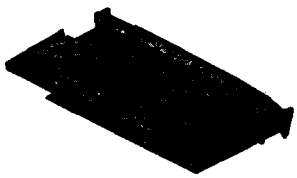
Fig. 8과 같이 FFT를 이용하여 BC-500 구조물에 가속도계를 부착하고 Impact Hammer로 가진하여 응답특성을 분석하였다.

3.2 주파수분석실험결과

Fig. 8의 실험장치를 이용하여 분석하고자 하는 부위에 대하여 주파수분석실험을 수행하였다. Fig. 9와 같이 Bed의 가로(좌우)방향으로 가속도계를 부착하고 실험한 결과는 Fig. 10(a)과 같고 세로(전후)방향으로 가속도계를 부착하고 실험한 결과는 Fig. 10(b)와 같다.



1st mode shape at 530Hz



2nd mode shape at 650Hz

Fig. 7 Result of dynamic analysis

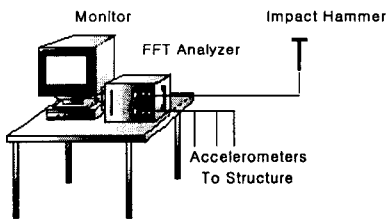


Fig. 8 A schematic Diagram of the FRF test

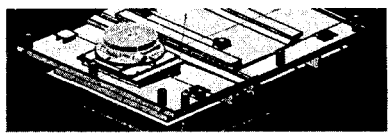


Fig. 9 Sketch of sensing points

Fig. 11 (a)는 BC-500의 Column으로 각각 전후진동과 좌우진동에 대한 동특성을 조사하였으며 Fig. 12(a)는 전후진동현상에 대한 실험결과이며 Fig. 13(b)는 좌우진동에 대한 실험결과이다.

Fig. 12(c)는 Fig 11(b)와 같이 ATC에 두 개의 가속도계를 부착하여 동특성을 분석한 결과이다.

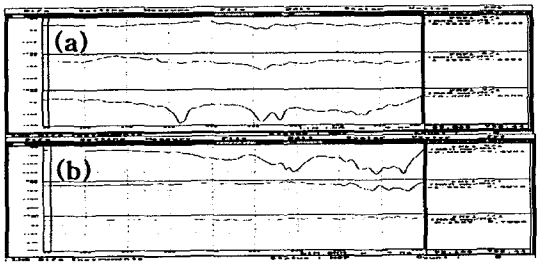
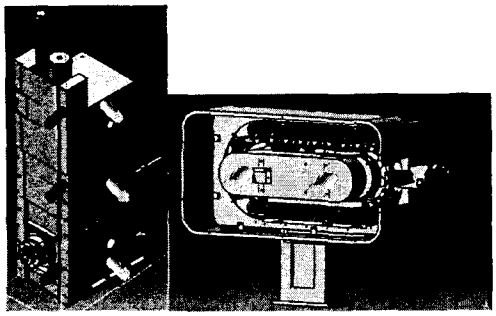


Fig. 10 Result of Frequency Response Test



(a) (b)

Fig. 11 Sketch of sensing points

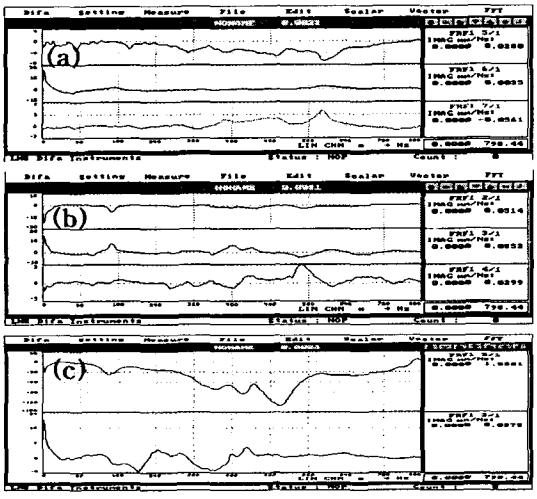


Fig. 12 Result of Frequency Response Test

Table 2 Comparison of measured data

	Bed (정면)	Bed (측면)	Column (전후)	Column (좌우)	ATC
Freq.			40		45
	100		75	90	
	160			150	150
		180	180		
	210	200			200
	260	260		250	
	300	320	315		
	340	370			360
	440	430	390	400	420
	500	500	480		500
	530	550	580	550	
	600				
	620	620			
		650			
	660	660			

위 실험 결과들을 Table 2에 나타내었다.

4. 결론

Modeling을 통한 해석과 BC-500 구조물에 대한 주파수분석실험 결과를 바탕으로 현재의 문제점과 개선안을 고찰하였다.

1. Column과 ATC의 자중으로 인하여 Bed의 미끄럼면의 정적 처짐이 발생하여 미끄럼면의 편마모를 유발한다.

2. 2400rpm, 4500~5400rpm, 6300rpm, 11000rpm에서 공진구간이 존재한다.

3. Bed 모서리부에 부착되는 ATC는 동적안정성에 심각한 악영향을 미친다.

4. Column의 높이를 조절하고 형상의 변화를 통하여 안정성을 증대하여야 한다.

후기

본 연구는 금오공과대학교 BK21 기계기술선도사업단에 의한 결과임을 밝히며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 이장무, "공작작기계의 동적 성능 시험 및 평가에 관한 연구(Ⅰ) - 기초이론 및 실험-", 대한기계학회 논문집, 제9권, 제2호, pp.190~201, 1985
2. 강철희, "공작기계의 첨단기술"
2. M.Weck, Handbook of Machine Tools Vol.2 John Woley & Sons,1984 P. 177