

베드의 구조해석을 통한 고속형 Line Center의 성능 개선

강수현*(금오공대 대학원 기계공학부), 정선환(금오공대 기계공학부), 최성대(금오공대 기계공학부), 최언돈((주)성림), 이우혁(금오공대 대학원 기계공학부)

Performance improve in the fast type Line Center by the structure analysis of bed

S. H. Kang(Mech. Eng. Dept., KNUT), S. H. Jeong(Mech. Eng. Dept., KNUT), S. D. Choi(Mech. Eng. Dept., KNUT), U. D. Choi(Sung-Lim Inc.), W. H. Lee(Mech. Eng. Dept., KNUT)

ABSTRACT

This study is to examine the safety by analyzing 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 study is to prevent from a problem which may happen after this and to produce more reliable machine-tool by carrying out and finding out an adequate countermeasure for bed at the cutting position

Key Words . Line Center(라인 센터), Drill Cell 400(드릴 셀 400), Structure Analysis(구조해석), Vibration Analysis(진동해석)

1. 서론

기술과 과학이 끊임없이 발달되고 있는 가운데 생산 기술과 생산 공업도 비약적으로 발달되고 있다. 공작 기계에 대한 요구사항은 일반적으로 고정도화, 고속도화, 자동화이다. 다시 말해서 더욱 좋은 품질과 저렴한 가격의 제품을 빨리 사용자에게 공급할 수 있고 다양한 제품을 만들 수 있는 공작 기계가 요구되는 것이다. 여기에서 가장 우선하는 것이 고정도화이다. 고정도의 제품을 제조하려면 가공하는 공작기계는 그 부품의 몇 배 이상의 정밀도가 필요하며 그 정밀도는 오랫동안 사용하여도 변하지 않고 유지되어야 한다.⁽¹⁾ 이 고정도화를 실현하기 위해 기존에는 주물형 베드가 많이 사용되었으나 제작비가 높으며, 다양한 구조의 변경이 곤란함으로 베드에 대한 구조적인 해석에 의한 용접 구조물형 베드가 사용되게 되었다.⁽²⁾

최근의 공작기계에는 베드의 Cross Section을 Box형으로 하고 또 강성을 올리기 위하여 베드에 리브를 만드는 것이 보편화되고 있다 여기에 덧붙

여서 여러 Cross Section과 리브의 형태를 지닌 구조물의 외력에 견딜 수 있는 연구가 진행되고 있다

본 연구에서는 고속라인 센터인 드릴 셀의 공작 기계의 기본성능개선을 위하여 각 절삭위치에서의 베드의 강성 및 진동특성을 분석하여 안정성을 검토하였다. 또한 기존 설계의 착오와 문제점을 3차원해석 및 구조해석을 통하여 제시하였다. 베드에 적절한 대책을 강구하여 실행함으로써 차후에 발생할 문제점을 예방하고 더욱 신뢰도 높은 공작기계를 만드는데 이 연구의 목적이 있다.

2. 구조해석 및 동특성 실험방법

2.1 구조해석의 조건 및 방법

Fig.1에는 고속형 Line Center인 (주)성림의 DC-400을 3차원 모델링한 것을 나타내었다. 여기에 DC-400은 크게 4부분으로 구분 할 수 있다 베드, ATC, 새들 그리고 공작물 지지대인 인텍스로 나

는다. 특히 베드는 나머지 3부분을 지지하는 중요한 부분을 차지한다. 베드 위에서 ATC와 인덱스는 정적인 하중을 나타내고 있지만 새들은 동적인 하중을 나타낸다. 따라서 구조해석은 크게 두가지 형태로 실시하였다. 첫째는 베드만으로 구성된 구조물의 해석과 둘째는 ATC와 인덱스를 고정하중으로 사용하고 새들은 이동위치에 따른 베드의 구조해석을 실시하였다 Fig 2는 베드만을 나타내는 사진이다.

또한 Table 1에는 구조해석 조건을 나타내고 이에 따른 베드의 부피중심위치 및 무게중심위치를 Fig 3에 나타내었다.

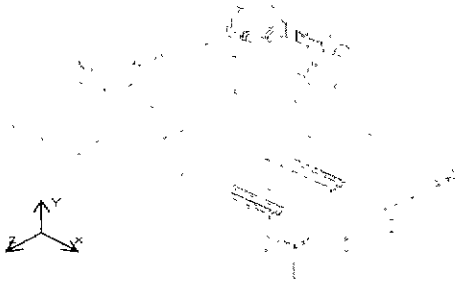


Fig.1 Modeling of DC-400(1750× 3000× 500)

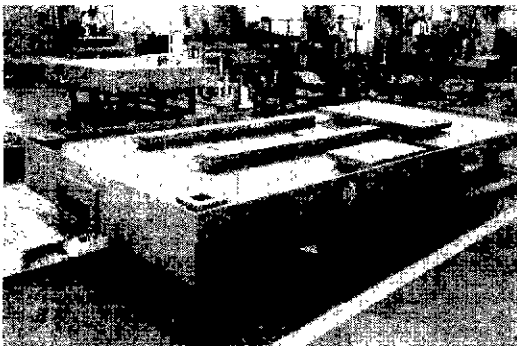


Fig.2 Picture part of DC-400's bed

Table 1. Set terms of structure analysis

Element type	Solid type	20 node 95
Material properties	Young modules	2.15 E 11 Pa
	Poisson's rate	0.29
Mesh type	triangle construct a side of 50mm	
Displacement	fixing for the base	
Force	A contact part of saddle give distribution load of 500kg	



Fig.3 Center of volume and center of gravity

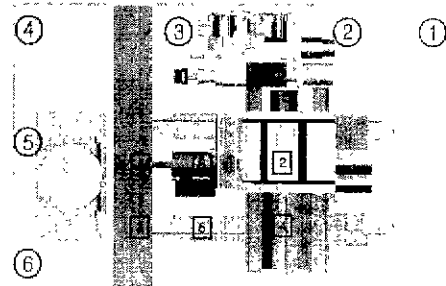


Fig 4 Set-up position of sensor and saddle

Table 2. Move coordinates of saddle

	X	Y	Z
1st	0	0	0
2nd	-500	0	0
3rd	0	0	-600
4th	-500	0	-600
5th	-250	0	-600
6th	-250	0	0

2.2 동 특성 실험조건 및 방법

2.2.1 고유진동수 측정장치

Fig.4는 베드에 진동측정센서의 부착위치(○)를 나타내었다. 진동측정 센서는 총 6개를 사용하였으며, 측정장비로는 DSA 212를 사용하였다. 측정조건은 베드위에서 새들이 6위치에서 주축의 회전시와 정지시에 각각 측정하였다. 고유진동수의 측정은 데이터 출력프로그램인 CADA PC에서 6개의 센서로부터 받은 주파수 측정에 의해서 실시하였다. 그리고 새들의 이동위치(□)를 베드위에 표시하였고 Table 2에는 새들의 이동 좌표를 나타내었다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 3차원 모델링

Fig.1에 나타낸 것과 같이 DC-400의 3차원 모델링으로 부터 제품의 생산 전에 그 형상을 확인 할 수 있었으며 또한 각부분의 형상 및 운동방향에 따라 베드에 미치는 영향을 가시적으로 판단 할 수 있었다. 그리고 새들의 이동과 컬럼의 이동에 의하여 베드부의 중심축에 따른 무게 중심의 변화로부터

Table 3. Center of variety by movement

	X	Y	Z
1st	-0.18	-0.4	-0.06
2nd	-0.18	-0.4	-0.05
3rd	-0.23	-0.42	-0.08
4th	-0.24	-0.4	-0.05
5th	-0.24	-0.4	-0.05
6th	-0.18	-0.4	-0.05

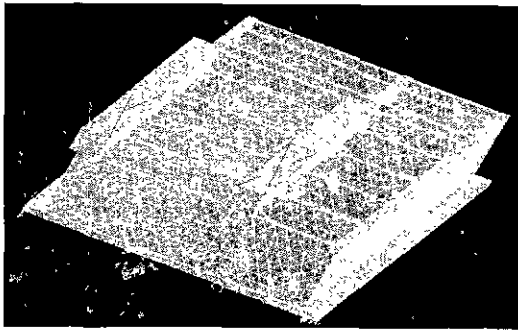


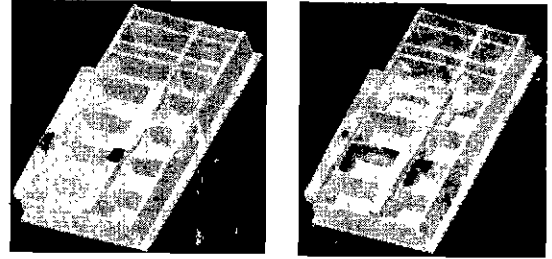
Fig.5 3-D modeling of bed

DC-400의 안정성을 검토 할 수 있었다. Table 3에
 는 베드의 체적 중심과 새들의 이동에 따른 중심의
 변화를 나타낸 것이다. 여기서 베드의 체적 중심과
 새들의 이동에 따른 무게 중심의 변화를 비교하여
 보면 차이가 나타나는 것을 알 수 있다 따라서 이
 차이가 크면 클수록 베드의 부분에는 진동이 발생
 할 가능성이 높아지게 된다 (3)

3.2 베드의 구조해석에 의한 안정성해석

Fig.5에는 간략화한 베드의 3차원 모델링을 나타
 내었다. 새들의 이동에 의한 베드의 강성을 검토하
 였다. LM가이드부분에 각 500kgf를 부하하는 조건
 으로 베드의 응력상태 및 변형상태를 해석하였다.

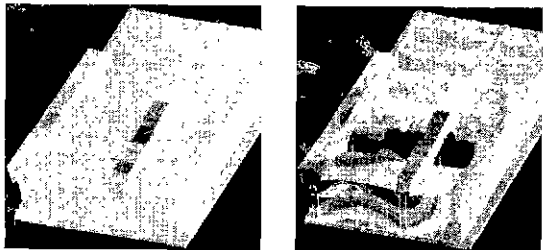
Fig.6에는 구조해석 결과를 나타내었다. Fig.6(a)
 는 새들이 LM가이드의 맨 앞부분에 있을때의 X방향
 으로의 응력과 변형을 나타내었다. Fig.6(b)와 (c)
 는 새들이 중간, 맨 끝부분에 있을 때의 X방향의
 응력과 변형을 나타내었다. 각 부분에서의 최대응
 력과 최대변형량은 Table 4에 나타내었다 여기서
 X방향의 반대방향으로의 최대변형량이 형성되어 있
 고 이것은 좌측 LM가이드의 좌측에는 리브가 존재
 하지 않기 때문이다. 따라서 새들이 이동하는 LM가
 이드의 위치가 리브를 포함하는 베드의 가운데 존
 재해야 안정성이 높을 것으로 생각한다. 그러나 강
 성부분에서는 최대변형량 및 최대응력이 베드에 영
 향을 미치기에는 너무나 작은 수치를 나타낸다.



(a) Front part of stress and strain



(b) Middle part of stress and strain



(c) Rear part of stress and strain

Fig.6 Each part of stress and strain

Table 4. Maximum strain and stress of bed

	stress(N/m ²)		strain(× 10 ⁻⁴)	
	Max	Min.	Max.	Min.
Front	887,441	-2726	1.13	-0.218
Middle	966,403	-2840	1.04	-0.253
Rear	1075	-2410	3.05	-94.7

3.3 새들의 이동위치에 따른 동특성 해석

Fig.7에는 주축이 정지상태에서 새들이 2번 위치

에 있을 때 6개 진동 주파수 센서를 이용하여 6부위에서 측정된 것을 나타내었다. Fig.7는 일부결과를 나타내었지만 세들의 위치에 따른 6부위의 주파수를 서로 비교하여 고유주파수를 분석하는 프로그램을 이용하여 얻은 결과를 Table 5에 나타내었다. 여기서 세들의 위치에 관계없이 고유주파수가 거의 같은 영역임을 알 수 있다. 이것으로 세들의 위치에 의한 고유주파수의 변화는 나타나지 않는다고 생각된다.

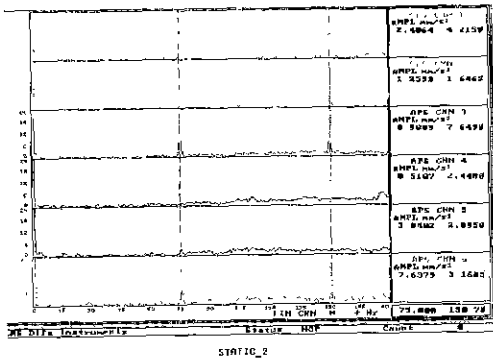


Fig.7 Dynamic characteristic of stop condition of 2nd position

Table 5. Inherence frequency of stop condition

	Inherence frequency (Hz)					
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
1	75	90	111	141	150	
2	75	90	111.7	137.5	150	
3	65	75	90	104	143.7	155.5
4	75	90	111.7	141	150	
5	75	111	141	150		
6	75	103	111	137	141	150

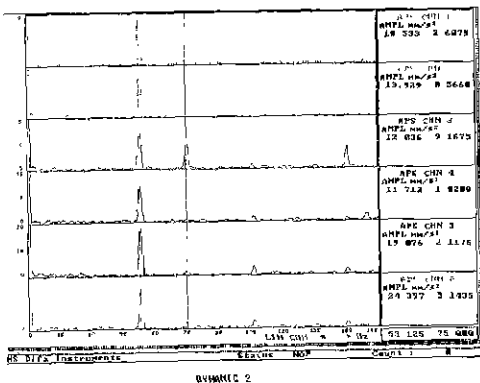


Fig.8 Measured value of 4000rpm operating

Table 6. Inherence frequency of operating

	Inherence frequency (Hz)				
	1st	2nd	3rd	4th	5th
4000rpm	53.125 (3187)	75 (4500)	107 (6240)	137.5 (8250)	150.1 (9006)
5000rpm	66.4 (3900)	75 (4500)	90 (5400)	104 (6240)	150.78 (9046.8)
7000rpm	75 (4500)	92.9 (5574)	111.7 (6702)	141 (8460)	150.78 (9046.8)

Fig 8에는 세들이 실제 질삭위치에 있을 때 그리고 주축이 정한 회전수로 회전하고 있을 때의 주파수 측정 결과를 나타내었다. 또한 Table 6에는 각 회전수에 관하여 고유주파수를 나타내었다. 여기서 1차 고유주파수는 회전수가 낮을수록 낮게 측정되었으며 7000rpm에서는 주축이 정지할 때와 거의 같은 고유주파수 영역을 갖는다. Fig 8과 같이 약 53Hz에서 각 센서의 응답이 크게 나타나고 있다. 이런 현상은 다른 회전수에서도 같이 확인되었다. 주축 회전수의 약 80%에서 각 센서의 최대응답이 관찰되었다. (1)

4. 결론

고속형 라인 센터인 DC-400의 베드의 구조해석을 통하여 안정성 해석 및 고유진동수분석을 실시한 것에 대한 결론은 다음과 같다.

- 1) 베드의 제작 중심과 세들의 이동에 따른 무게 중심 변화의 차이가 크면 클수록 베드의 부분에는 진동이 발생할 가능성이 높아지게 된다.
- 2) 세들이 이동하는 LM가이드의 위치가 리브를 포함하는 베드의 가운데 존재하여야 안정성이 높을 것으로 생각된다.
- 3) 세들의 위치에 의한 고유주파수의 변화는 나타나지 않는다고 생각된다. 또한, 주축 회전수의 약 80%에서 각 센서의 최대응답이 관찰되었다.

후기

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

참고 문헌

- 1 강철희, "공작기계의 첨단기술"
- 2 M.Weck, Handbook of Machine Tools Vol.2 John Wiley & Sons, 1984 P 177
- 3 "Manufacturing Engineering" August 1994 Society of Manufacturing Engineers
- 4 노태, "알기 쉬운 CNC" 통일 중공업(주) 1994