

# 레이저 복합 가공기의 구조보강의 영향 평가에 관한 해석적 연구

\*신재호<sup>1</sup>, 이춘만<sup>2</sup>, 정원지<sup>2</sup>, 김재실<sup>3</sup>, 이원창<sup>3</sup>, 김익진<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 창원대 기계설계공학과 대학원, <sup>2</sup>창원대 기계설계공학과, <sup>3</sup>창원대 기계공학과, <sup>4</sup>(주)아메코

## An Analytical Study on the effects of structural reinforcement for Laser multi-tasking machine

\*J. H. Shin<sup>1</sup>, C. M. Lee<sup>1</sup>, W. J. Chung<sup>1</sup>, J. S. Kim<sup>2</sup>, W. C. Lee<sup>2</sup>, I. J. Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mech. Design & Manuf. Eng. Dept., Changwon National Univ, <sup>2</sup>Mech. Eng. Dept., Changwon National Univ. <sup>3</sup>AMECO Co. Ltd

Key Words : Multi-tasking machine (복합가공기), Finite element analysis (유한요소해석), Static analysis (정적해석)  
Structural reinforcement(구조적 보강)

### 1. 서론

최근 자동차, 가전제품 등의 생산업체의 다양하면서도 빈번한 모델의 변경에 따른 공작기계의 기술적 대응으로, 복합가공기라 불리는 공정집약형 가공 방법이 개발되고 있다. 일본, 유럽뿐만 아니라 국내에서도 밀링과 선반 등을 복합화한 가공기의 개발이 진행되고 있으며, 이는 공정집약이라는 수단으로 생산의 효율화를 실현하고 공작기계의 부가가치를 높인 것이다. 본 연구에서 고려될 레이저 복합 가공기는 레이저 가공과 선반 가공을 수행할 수 있으며 레이저 가공의 가장 큰 장점은 정밀성, 유연성, 무진동 등이다. 레이저 복합기의 구조는 Fig. 1에서와 같이 하나의 베드 하부에 선반, 상부에 레이저 가공기가 얹혀져 있는 형태이다.

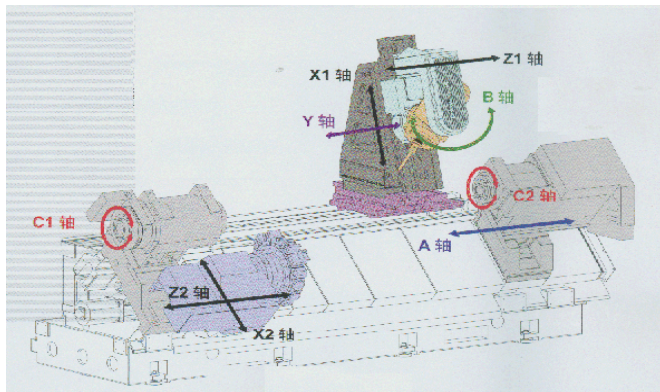


Fig. 1 Schematic drawing of laser multi-tasking machine

본 연구의 목적은 레이저 복합가공기의 베드 보강의 효과를 검증하는 것이다.

레이저 복합가공기의 구조적 보강의 목적은 보강되기 전보다 베드 상단의 상부 구조물로 인한 베드의 처짐을 줄여 상부 구조물의 구동 안정성을 확보하는 것으로 이는 레이저 가공의 큰 장점중의 하나인 가공정밀도와도 밀접한 관련이 있다.

본 연구에서는 구조해석을 수행하는 동안 베드(Bed) 보강 전, 후와, 레이저 가공기와 선반의 베드상의 위치에 따라 여러 번의 해석을 수행할 목적으로, 빠르게 결과 값을 얻을 수 있는 오토메쉬(automatic mesh)를 사용함을 전제하고 유한요소해석모델을 구축하였다. 구축된 3차원 모델을 이용하여 베드하부를 구조적으로 보강을 하여 유한요소해석을 실시하고 보강이 레이저 복합 가공기의 구조적 안정성에 미치는 영향을 분석하였다.

### 2. 유한요소해석

3차원 모델 구축에는 2차원 CAD 도면으로부터 CATIA V5를 사용하였으며 해석 시에도 동일한 프로그램을 사용하여 수행하였다. 바닥면의 경계조건으로는 볼트와 블록으로 지지되는 8개의 지지면을 회전과 이동이 없도록 구속하였고, 자중만을 고려하

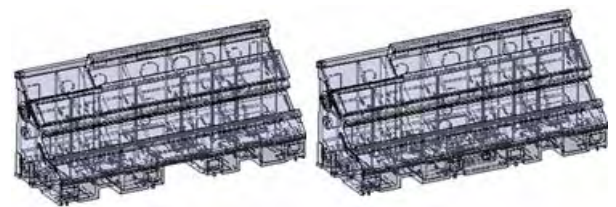
여 해석을 수행하였다. 요소분할(Meshing)에는 오토메쉬(Automatic mesh)를 사용하였으며 요소의 타입(Element type)은 사면체 메쉬(Tetrahedron mesh)의 Parabolic 타입이다. 해석에 적용된 재료의 기계적 물성치는 Table 1과 같다.

Table 1 Mechanical properties of material

Material	Young's Modulus [GPa]	Poisson's Ratio	Density [Kg/m <sup>3</sup> ]	Yield Strength [MPa]
GC300	110	0.28	7200	240

레이저 가공기와 선반의 베드상의 위치에 따라 베드의 처짐이 달라지므로 베드의 최대 처짐이 나타나는 각 가공기의 위치를 찾기 위하여 보강 전의 베드 위에 각 가공기를 올린 후에 가공기의 위치를 운전 스트로크 이내에서 조정해 가며 구조해석을 수행하였다. 얻어진 최대 처짐이 발생하는 각 가공기의 위치에서 보강된 베드를 사용하여 해석을 수행하고 이를 검토하였다.

Fig. 2는 베드의 보강 전, 후의 FEM 모델이다.



(a) bed before reinforcement (b) reinforced bed

Fig. 2 Three dimensional model of before(a) and after(b) reinforcement of the bed

### 3. 해석 결과 및 분석

Fig. 3에서 나타난 바와 같이 베드만의 해석 시에는 베드 중앙에서 가장 큰 변위가 도출 되었다. 그래서 레이저 가공기와 선반을 베드에 정중앙에 올려놓고, 운전 스트로크 이내에서 상하로 이동 하였을 때의 변위를 도출하였으며 이는 Table 2와 같다.

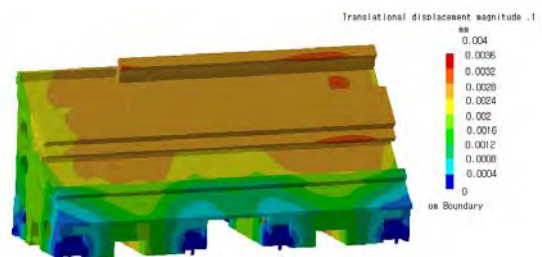


Fig. 3 The result of displacement analysis for bed

Table 2 Maximum displacement and stress of bed before reinforcement

CASE	[1]	[2]	[3]	[4]
Node	197635	197635	197635	197635
Element	107983	107986	107987	107990
Maximum displacement [ $\mu\text{m}$ ]	6.74	7.01	6.86	7.18
Maximum stress [MPa]	3.18	3.35	3.82	3.49

최대변위가 나타난 지점은 하부 레일이었으며 값은 case [2], [4]에서 약 7.1  $\mu\text{m}$ 로 나타났다. Table 3에서 보듯이 상부칼럼과 하부의 터렛이 새들 위에서 각각의 위치를 가지고 있을 때를 4가지 case로 나누어 해석을 수행하였다. 결과 변위는 case 2, 4번에서 가장 크게 나타났으며 베드 변위를 최소로 하는 최적조건을 찾기 위하여 베드를 보강한, 수정된 설계를 기반으로 해석을 다시 수행하였다.

Table 3 Maximum displacement and stress of reinforced bed

CASE	[1]	[2]	[3]	[4]	
Nodes	201712	201712	201712	201712	
Elements	110063	110063	110063	110066	
Maximum stress [MPa]	4.17	4.11	4.15	4.1	
Maximum Displacement of upper-bed	Average-iso [ $\mu\text{m}$ ]	6.18	5.9	5.08	5.22
	x [ $\mu\text{m}$ ]	0.35	0.34	0.08	0.31
	y [ $\mu\text{m}$ ]	0.95	0.6	-0.44	-0.79
	z [ $\mu\text{m}$ ]	-6.11	-5.85	-5.06	-5.16
Maximum Displacement of lower-bed	Average-iso [ $\mu\text{m}$ ]	5.59	6.2	5.78	6.32
	x [ $\mu\text{m}$ ]	-0.06	-0.06	0.31	0.31
	y [ $\mu\text{m}$ ]	1.53	1.91	-0.46	-0.8
	z [ $\mu\text{m}$ ]	-5.36	-5.85	-5.25	-5.2

최대변위는 상부 구조물이 베드의 중앙에 정렬된 위치에서 6.32  $\mu\text{m}$ 로 나타났다. 보강이 베드에 미치는 영향은 약 1  $\mu\text{m}$ 로 백분율로 따져 보았을 때 보강의 효과는 15% 정도 인 것으로 나타났다.

최대응력은 Table 3과 Fig. 5에서 나타나듯이 전체 무게를 지탱하는 베드 바닥의 8개의 지지면에서 나타났으며 그 크기는 4.1 MPa 정도이다.

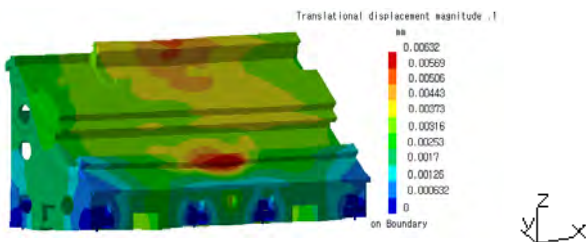


Fig. 4 The result of displacement analysis for reinforced bed

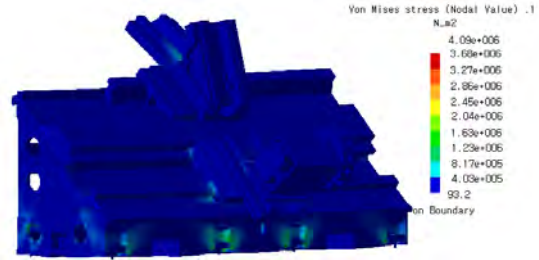


Fig.5 The result of stress analysis for reinforced bed

보강은 양단 지지보 중앙의 노치를 제거 한 것과 같은 효과이며, 보강 전보다 보강 후에 베드의 변위는 줄어들었지만, 응력은 증가하였다. 이는 중앙 베드의 보강과 각 가공기의 중앙정렬로 인해 베드 중앙에 응력 집중이 나타났기 때문이라 보여 진다.

#### 4. 결론

보강전의 베드와 보강된 베드의 처짐량을 비교해 볼 때 보강전의 베드에 7.18  $\mu\text{m}$ , 보강된 베드가 6.32  $\mu\text{m}$ 로 보강의 효과는 약 15% 정도로 나타났다.

본 연구에서는 베드의 상부구조물의 위치에 따라 여러 가지 해석조건을 선정하여 해석을 수행하였으며 베드보강의 효과를 도출해 내었다. 사용된 프로그램의 변위에서의 신뢰도는 우수한 편이지만, 응력에서의 신뢰도는 낮은 편이다. 정밀한 응력의 검증을 위해서는 모델의 일부를 수정하고 다른 프로그램을 사용하여 확인해 보는 작업이 필요하다.

#### 후기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-03) 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. Daryl L. Logan, "A First Course in the Finite Element Method - Third Edition," Brooks/Cole, 2001.
2. Hibbeler. R. C., "Structures Analysis," Pearson Education Korea, pp. 375~382, 2004.
3. J. Y. Son, H. H. Park, "Performance Improvement of M/C(BC-500) via Structure Analysis," Spring Conference of KSPE, 2002.
4. T. H. Park, J. S. Bu, "Flexural Strength of Dual Concrete Beams Composed of Fiber Reinforced Concrete and Nomal Concrete" Autumn Conference of KSPE, 2001.
5. S. W. Shin, C. M. Lee, "An Analytical Study on the Structure Stabilities of Multi-Tasking Machine," Spring Conference of KSPE, 2006.