

CNC 복합자동선반 베이스 구조 안전성에 관한 연구

이상협*, 양동호*, 차승환*, 곽진*, 이종찬*#, 이영식**

*금오공과대학교 기계공학부, ** (주)대성하이텍

A Study of Structural Stability of Complex CNC Automatic Lathe Base

Sang-Hyeop Lee*, Dong-Ho Yang*, Seung-Whan Cha*, Jin Kwak*, Jong-Chan Lee*#
and Young-Sik Lee**

*Kumoh National Institute of Technology, **Daesung HI-TECH co., Ltd.

(Received 25 May 2021; received in revised form 03 July 2021; accepted 16 July 2021)

ABSTRACT

This study is to evaluate the structural stability of heavy duty structure of the Complex CNC automatic lathe. The analysis conditions were analyzed by applying the weight and load of the part itself and then applying the weight of the upper assembly unit. As a result of the structural analysis, the values of stress and strain are small and safety factor is high, and as a result of the dynamic analysis, there will be no resonance outside the equipment driving area, so there will be no problem in equipment stability.

Key Words : Automatic Lathe(자동선반), Stability(안정성), Stress(응력), Deformation(변형), Resonance(공진), Structural Analysis(구조해석)

1. 서 론

최근 의료, 항공, 방산, 5G 부품가공을 비롯한 다양한 산업의 발달함에 따라 고정밀 부품을 고속으로 가공할 수 있는 장비에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 고정밀도를 요하는 부품은 자동선반을 통해 제작된다.

자동선반은 공작물을 고정된 주축이 이송하며 공작물을 가공하는 공작기계를 의미하며 메인 스피indle과 서브 스피indle, 전 후면 공구대와 자동 공작물 공급장치

로 구성되어있으며, 소재 투입부터 제품 완성까지의 공정이 원스톱 공정으로 진행되는 장비이다.

가공하고자 하는 제품의 형상이 점점 복잡해지고, 난삭재에 대한 가공 수요가 증가함에 따라, 요소 부품들이 증가하고, 가공 축의 수가 증가하여 장비의 베이스에 가해지는 하중이 증가하여 베이스의 역할이 더욱 중요시되고 있으며, 사이즈가 점차 대형화 되어가고 있다.

주물품인 베이스의 경우 대형 사이즈로 인해 가공, 조립, 이동에 어려움이 있을 것으로 판단되어 초기 설계를 진행한 이후 구조해석 및 동특성 해석을 통해 해당 베이스의 설계를 완성하고자 한다.

본 연구에서는 CNC 복합 자동선반의 베이스를

Corresponding Author : jclee@kumoh.ac.kr

Tel: +82-54-478-7376, Fax: +82-54-478-7382

설계하고 구조해석을 통해 구조 안전성을 파악하며, 동특성 분석을 통한 공진 회피 설계를 진행하고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험 방법

본 연구에서는 CNC 자동선반 구조물 중 베이스의 구조 안전성을 평가하기 위해 장비 베이스를 설계 및 구조해석을 진행하였다.

3D 모델링은 AUTODESK INVENTOR를 활용하였으며, 구조해석은 ANSYS Workbench를 활용하였다. Fig. 1은 장비 베이스를 나타내고 있다.

베이스의 재질은 주조성과 기계적 성질을 고려하여 GC300으로 선정하였다. Table 1에서는 GC300의 기계적 성질을 나타내었다.

장비 베이스는 상부 Unit들의 조립부와 컬럼(Column)과 조립되는 부분의 아치형 리브(Rib) 설계를 통해 하중 분산 및 경량화 효과를 얻을 수 있도록 설계되었다.

2.2 자중에 의한 구조해석

자동선반 베이스를 구조해석하기 위해 구조 단순화를 진행하였으며, 베이스의 자중에 의한 해석을 진행하기 위해 경계조건을 적용하여 자중에 의한 응력, 변형 및 고유진동수 해석을 진행하였다. 자동선반 베이스의 무게는 1857.25kg으로 확인되었다.

Fig. 2와 같이 장비의 실제 체결영역인 베이스 하부를 구속조건으로 적용하고, Fig. 3과 같이 자중에 대한 하중을 부여하였다.

2.3 자중에 의한 구조해석 결과

자동선반 베이스에 경계조건과 구속 조건을 부여하여 구조해석 수행하여 변형과 응력에 대한 결과를 얻었다. Fig. 4와 Table 2에서 구조해석 결과를 나타내었다. Fig. 4에 (a)는 변형량을 나타내고 있으며, 최대 변형량은 6.754 μ m로 Spindle이 조립되는 부분에 나타났다.

Fig. 4에 (b)는 응력 분포를 나타낸다. 최대 응력은 2.4422MPa로써 Spindle 결합부에서 발생하였다.

본 구조물의 항복강도 195MPa을 고려할 때 최대 응력에 대한 안전율은 79.85로 안전한 구조임을 알 수 있다.

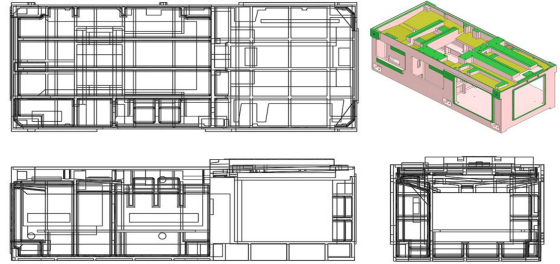


Fig. 1 3D Modeling of base

Table 1 Material properties of GC300

Density (kg/m ³)	Young's Modulus (GPa)	Poisson Ratio
7300	124	0.3

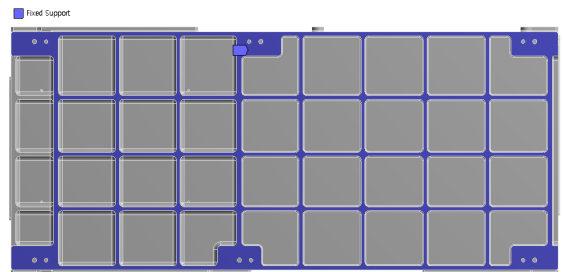


Fig. 2 Supports of base

Standard Earth Gravity : 9.806 mm/s²

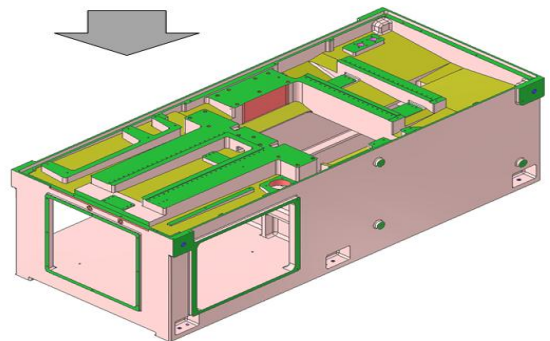
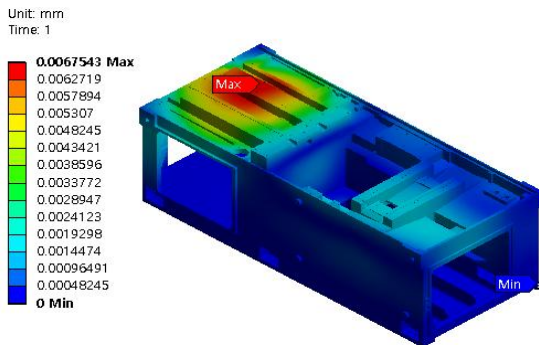


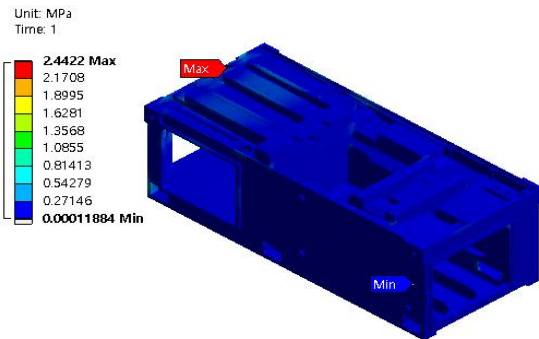
Fig. 3 Boundary conditions

Table 2 Results of structural analysis

Type	Result
Equivalent Stress(MPa)	2.4422
Deformation(μm)	6.7543
Total Weight(kg)	1,857.25



(a) Deformation

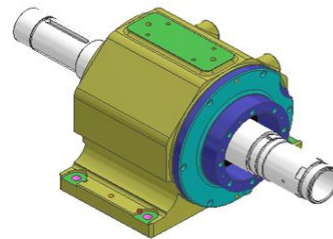


(b) Stress

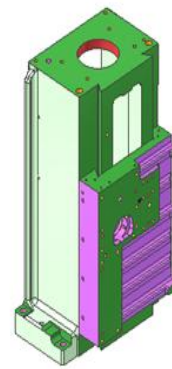
Fig. 4 Results of base structural analysis

2.4 구조물 하중에 의한 구조해석

앞서 언급한 바와 같이 자동선반 베이스의 경우 스피들, Tool-Post 등의 Unit들이 베이스에 조립되기 때문에 각 구조물의 하중에 의한 구조해석을 진행하고 자 한다. 스피들과 Tool-Post의 3D 모델링은 AUTODESK INVENTOR를 활용하였으며, 재질은 동일한 GC300 소재를 통해 제작된다. Fig. 5는 스피들과 Tool-Post를 나타내었으며, Table 3에서 그 무게를 나타 내었다.



(a) Spindle



(b) Tool-Post

Fig. 5 3D Modeling of units

Table 3 Results of Modal Analysis

	Spindle	Tool-Post
Weigt (Kg)	69.48	90.13

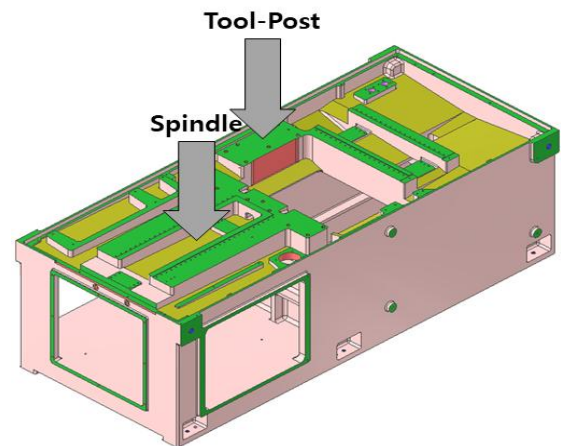
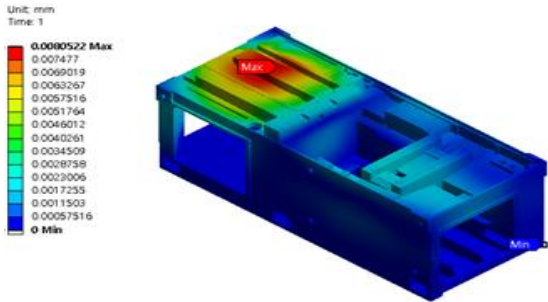
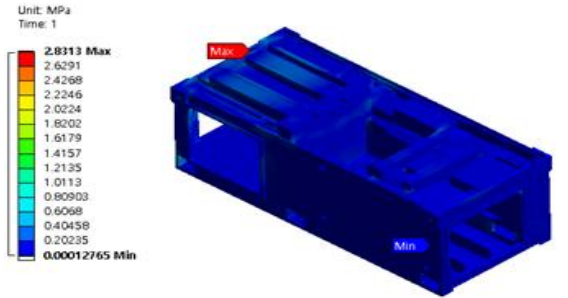


Fig. 6 Boundary condition by weight

Fig. 6과 같이 Spindle의 경우 69.48Kg, Tool-Post 90.013Kg의 무게 조건을 부여하기 위해 각 unit의 체결 부 면에 무게에 상응하는 힘을 조건을 통해 구조해석을 진행하였다. 구조물 하중에 의한 베이스의 구조해석 결과는 Fig. 6과 Table 4에 나타내었다.



(a) Deformation



(b) Stress

Fig. 7 Results of base structural analysis by weight

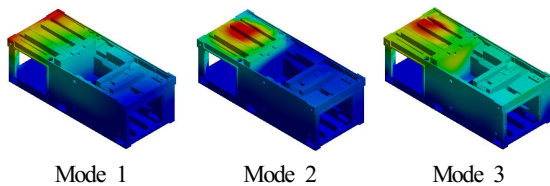


Fig. 8 Mode shapes of base

Table 4 Results of structural analysis by weight

Type	Result
Equivalent Stress(MPa)	2.8313
Deformation(μ m)	8.0552

Fig. 6의 (a)는 변형량을 나타낸다. 최대 변형량은 8.0522 μ m로 자중에 의한 해석 결과와 비교하였을 때 1.3009 μ m 증가한 것으로 나타났다. 최대 변형은 Spindle 조립부에서 발생하는 것으로 확인되었다.

Fig. 6의 (b)는 응력 분포를 나타낸다. 최대 응력은 2.8313 Mpa로 자중에 의한 해석 결과보다 0.3891 Mpa 증가한 것으로 나타났다. 최대 응력은 Spindle 결합부에서 발생하는 것으로 확인되었으며, 구조물 소재의 항복강도를 고려하였을 때 안전율은 68.87로 구조물의 하중이 발생하여도 안정성을 유지하는 것으로 확인되었다.

2.5 자동선반 베이스의 동특성 해석

다음으로 장비의 공진 회피 설계를 위해 동특성 해석을 진행하였다. 해석 조건은 앞서 진행한 자중 해석과 동일하며, Fig. 7과 Table 5와 Table 6에 모드별 변형 형상 및 고유진동수 값, 변형량을 나타내었다.

1차 모드는 190.82Hz로 나타났으며, Y축으로 굽힘 현상이 발생하는 것으로 확인되었다. 2차 모드는 220.17 Hz로 나타났으며, X축으로 굽힘 현상이 발생하는 것으로 확인되었다. 3차 모드는 268.48Hz로 나타났으며, Z축으로 굽힘 현상이 발생하는 것으로 확인되었다.

Table 5 Frequency results of modal analysis

Mode	Frequency (Hz)	Shape
1	190.82	Bending
2	220.17	Bending
3	268.48	Bending

Table 6 Deformation Results of Modal Analysis

Mode	Deformation (mm)
1	2.3824
2	2.5539
3	2.0325

해석 결과 고유진동수에 의한 변형은 최대 2.5539 mm 발생하는 것으로 파악되었으며, 장비 가동간 고유진동수 영역에서 공진현상이 발생할 경우 가공 제품 및 장비에 매우 큰 영향을 끼칠 것으로 판단된다.

3. 결 론

본 연구는 CNC 복합자동선반의 베이스 제작에 앞서 대형 주물품에 대한 구조 안전성을 연구하기 위해 베이스 자중에 대한 해석, 상부 결합 Unit 무게에 대한 해석, 동특성해석을 진행하였으며 아래와 같은 결론을 도출하였다.

1. 베이스의 크기로 인해 제작비용, 운송, 조립 등의 어려움으로 인해 설계를 토대로 구조해석을 진행하였으며, 고조해석 결과, 응력은 최대 2.8313 Mpa, 무게 1,857.25kg으로 나타났다.
2. 3D 모델링된 베이스에 자중을 부여한 구조해석 결과, 응력은 2.442.Mpa으로 안전율 79.85로 안전한 구조라 판단된다.
3. 구조물 상부에 조립되는 Unit인 Spindle과 Tool-Post의 하중을 적용한 구조해석 결과, 응력은 2.8313 Mpa으로 안전율 68.87로 구조물의 하중을 적용하더라도 안전한 구조로 파악되었다.
4. 구조물 하중에 의한 변형량 구조해석 결과 자중에 의한 해석과 비교하여 1.3009 μ m의 변형량이 증가하였는데 변형량 최소화를 위해 최대 변형이 발생하는 Spindle 조립부 아래에는 추가적인 Rib 설계 및 보강이 필요할 것으로 판단된다.
5. 고유진동수 해석 결과 공진 발생 시 변형량이 최소 2.0325 mm 발생하며, 그 값이 매우 크므로 공진 현상을 회피하기 위한 설계 및 제작 후 실험이 진행되어야 할 것으로 판단된다.
6. 고유진동수 해석 결과 1차 모드가 190.82Hz로 장비 가동영역인 10,000rpm을 넘어서는 것으로 판단되어 설계상 구조물은 공진에 대해 안전하다고 판단된다.

후 기

“본 연구는 한국산업기술진흥원이 지원하는 월드

클래스300 프로젝트 기술개발사업으로 수행된 연구결과입니다.”

REFERENCES

1. Lee, W. S., Lee, J. C., Yang, D. H., Cha, S. H., Yoo, J. G., “A Study on the Structural Characteristics of Integral Type Auto Packaging M/C Main Frame”, Proceeding of the KSMPE autumn Conference, pp. 156-156, 2018.
2. Ha, B. C., Lee, W. S., Park, S. H., Lee, J. C., Choi, G. B., “A Study on the Structural Characteristics of Automatic Adhesive Bonding Machine”, Proceeding of the KSMPE Spring Conference, pp. 63-63, 2019.
3. Lee, W. S., Ahn, B. S., Kim, J. H., Lee, J. C., Woo, B. K., Lee, Y. S., “A Study on Structural Safety of Integrated Machine for Grinding Wheel Forming” Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 15 No.2, pp. 84-88, 2016.
4. Lee, S. H., Lee, J. C., Lee, Y. S., “A Study on the Structural Stability of 8-Axis Composite Automatic Lathe Bed”, Proceeding of the KSMPE autumn Conference, pp. 237-237, 2020.
5. Hong, J. P., Gong, B. C., Choi, S. D., Choi, H. J. and Lee, D. S., “Study on Structure Design of High-Stiffness for 5-Axis Machining Center”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 10, No. 5, pp. 7-12, 2011.
6. Shon, J. Y., Cheong, S. H., Choi, S. D., Choi, U. D. and Son, H. S., “Improvement Design for Structure Analysis of Tool Machine Bed for Line Center”, Proceeding of the KSMPE Spring Conference, pp. 234-237, 2003.
7. Choi, Y. S., Lee, W. S., Hwang, I. H., Park, H. K., Jo, H. T., Lee, Y. S., Kim, K. J., Song, S. T. and Lee, J. C., “A Study on the Structural Analysis of Automotive Crankshaft Multi Grinding Machine”, Journal of the Korean

Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 11, No. 1, pp. 20-25, 2012.

8. Park, M, K., Lee, B, G., “A Study on the Structural Analysis of the Spindle of Swiss Turn Type Lathe for Ultra Precision Convergence Machining”, Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 9, No. 5, pp. 145-150, 2018.