

고정번지식 ATC 개발에 관한 연구

이훈만(창원대 기계설계공학과), 허영진*(창원대 대학원 기계설계공학과)

A Study on the Development of Fixed Address Type Automatic Tool Changer

C. M. Lee(Mech. Eng. Dept., Changwon National University), Y. J. Her(Mech. Eng. Dept., Changwon National University)

ABSTRACT

Recently, many studies have been undergoing to reduce a working time in a field of machine tool. There are two ways of reducing a working time; to reduce an actual working time by heighten a speed of spindle and to reduce a stand-by time by shortening a tool exchanging time. ATC(Automatic Tool Changer) belongs to the latter case. Fixed address type ATC that is being developed in this study can store more number of tool in small space than magazine transfer type ATC relatively as well as shorten tool exchanging time. In this study, a simplified equivalent model of finite element method in order to analyze structure of fixed address type ATC.

Key Words : ATC: Automatic Tool Changer (자동 공구 교환장치), FEM: Finite Element Method (유한요소법)

1. 서론

자동차의 보편화 및 현대인들의 요구에 맞는 자동차를 생산하기 위해, 국내 자동차업체는 가공 Line 의 추가 방법을 소품종 대량생산 체제인 전용기 Line 에서 다품종 소량생산 체제인 Line Cell 의 개념으로 인식을 달리하고 있다. ATC(Automatic Tool Changer)는 Line Cell 의 핵심 기술이다.

국내에 소요되고있는 ATC 는 Magazine 이송 방식인 반면, 본 연구에서 개발중인 고정번지식 ATC 는 Magazine 부가 고정된 방식이다. 고정번지식 ATC 는 X, Y, Z 축을 이용하는 ATC Loader 에 의해 공간성 활용에 따른 생산성향상, 투자비절감, 증설 Line 에도 유연하게 대응되어 제품의 가격경쟁력을 높일 수 있다.

구체적으로 고정번지식 ATC 와 Magazine 이송 방식 ATC 를 비교하면, 고정번지식 ATC 가 120 개의 Tool 을 장착하기위해서 2115*2715*1810 의 공간이 필요한 반면 Magazine 이송방식 ATC 는 2 배 이상의 공간이 필요하다. 그리고 Magazine 이송 방식 ATC 는 Magazine 구동에 따른 소음발생과 증량 Tool 의 잦은 이송에 따른 체인 및 롤러의 마모에 의한 수명단축 및 Tool 의 증설에 따른 공간확보의

어려움 등의 문제점이 있지만 고정번지식 ATC 는 이런 문제점들 최소화할 수가 있다. 특히 고정번지식 ATC 는 가공 대기시간을 단축시킬 수 있기 때문에 생산성을 높일 수 있다.

이러한 여러 가지 이유로 일본 등의 선진국에서는 이미 1 년 전부터 상품화가 되어있다. 반면에 국내에서는 Magazine 이송방식의 ATC 는 실용화되어 있으나, 고정번지식 ATC 는 적용되어있지 않은 실정이다. 이러한 고정번지식 ATC 를 개발하기 위해 본 연구에서는 유한요소법에 의해 구조해석과 진동해석을 통해 설계과정을 검증하였다.

2. 본론

2.1 고정번지식 ACT 의 모델링

Fig. 1 은 본 연구의 고정번지식 ATC 를 CATIA V5 를 이용하여 3D 모델링한 그림이다. 현재 이 ATC 는 7축화인 ATC 에서 개발 중에 있기 때문에 ATC 전체의 모델링은 아니다.

Fig. 1 의 고정번지식 ATC 의 구조를 살펴보면 Main Frame, Base Frame, 그리고 Gripper Part 로 구성 되어있다. 본 연구에서 개발중인 ATC 는 BT50 Type 이고, 120 개의 틀을 장착할 수 있다. Main Frame 은

알루미늄 프로파일이기 때문에 본체의 무게를 줄일 수 있으며 Base Frame 은 일반 중공 빔을 사용했다.

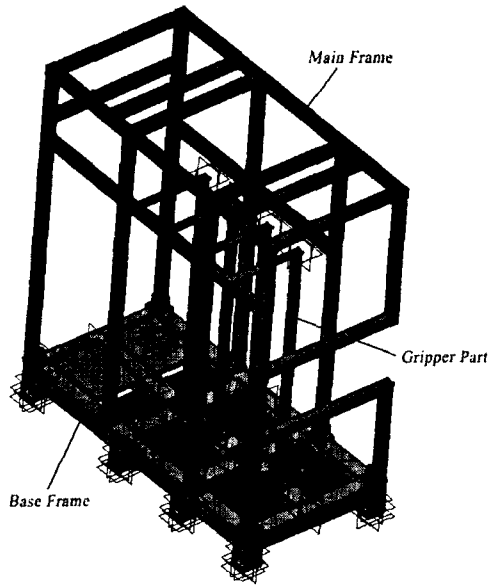


Fig. 1 Fixed address type Automatic Tool Changer

Fig. 2 는 실제 사용되는 알루미늄 프로파일을 3D 모델링한 것이다. 그림에서 보듯이 이 프로파일의 단면 형상이 매우 복잡한 형상으로 되어있고, 최소두께가 0.1mm 인 부분이 많다. 그러므로 유한요소해석을 하기위해선 요소의 크기가 작아질 수밖에 없고 그것으로 인해 요소의 수가 엄청나게 많아지는 결과를 가져온다. 한 예로 Fig. 2 에서처럼 길이가 20mm 인 프로파일을 Meshing 한 결과 Element 의 수가 14,289 개나 생성됐다. 본체의 크기가 3133mm*1530mm*3344mm 인 것을 고려한다면 실제모양 그대로를 모델링해서 해석하기는 곤란함을 알 수 있다. 이러한 이유로 유한요소모델링을 단순화하기로 하고 모든 요소를 빔으로 가정했다. Fig. 3 에 단순화시킨 유한요소모델을 나타내었고 해석 시 이를 사용하였다. 그리고 본 연구에서는 고정번지식 ATC 의 구조해석 수단으로서 상용 유한요소 해석 시스템인 ANSYS 5.6 을 이용하였다.

고정번지식 ATC 를 구성하고 있는 주요 구조물의 재료는 Main Frame 과 Gripper Part 의 알루미늄 (AL6063)과 Base Frame 과 Gripper 위쪽 지지부의 강재(SS41)이다. 본 연구에서 ATC 의 유한요소모델링에 적용한 알루미늄과 강재의 물성치들을 Table 1 에 제시하였다. 그리고 모든 요소를 빔 요소로 가정했기 때문에 각각의 단면적과 단면 2 차 모멘트 (Moment of Inertia of Area)를 AutoCAD R14 로 구하여 해석 시 적용했다. 이 값들을 Table 2 에 나타내었다.

각 단면에 대한 추가적인 설명을 하자면, Table 2 에서 (a)는 외각 Base Frame 의 단면 형상이고, (b)는 내부 Base Frame 의 단면 형상이며, (c)는 Gripper 위쪽 지지부의 단면 형상이다. 위 세 부분은 재질이 강재로 되어있다. (d)는 Main Frame 의 단면 형상이고, (e)는 Gripper Part 의 단면 형상이다. 이 두 부분의 재질은 알루미늄이다.

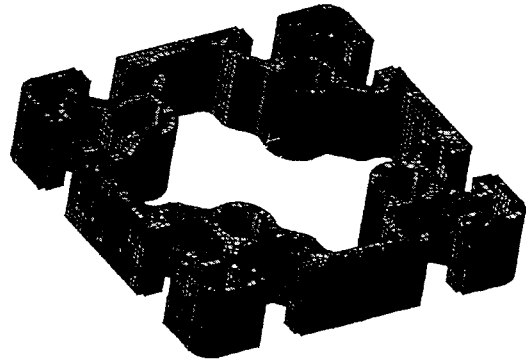


Fig. 2 Meshing of the aluminum profile

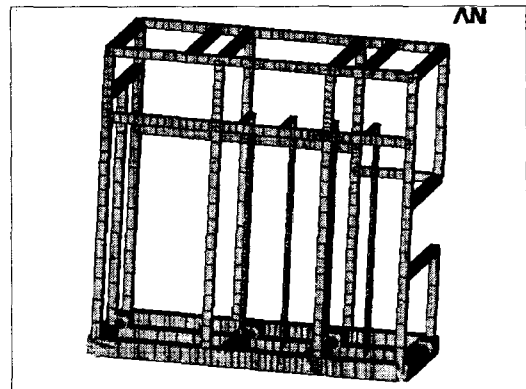


Fig. 3 FEM model of the ATC

Table 1 Material properties of FEM model

Steel (SS41)	Young's modulus [GPa]	140
	Poisson's ratio	0.3
	Density [Nsec ² /mm ⁴]	7.8e-
Aluminum (AL6063)	Young's modulus [GPa]	70
	Poisson's ratio	0.33
	Density [Nsec ² /mm ⁴]	2.7e-9

2.2 구조 해석

본 연구에서는 고정번지식 ATC 의 구조해석시의 경계조건으로서 외각 Base Frame 과 지면이 만나는 8 개의 지지점들의 자유도를 모두 고정시켰고, ATC 본체의 자중은 무시하였다. 본 연구에서 개발

중인 ATC는 BT50 Type 이고 120 개의 틀을 장착할 수 있다. 하중은 틀 1 개의 무게를 최대 무게인 25kg 으로 가정하고, Gripper 한 줄에 양쪽으로 30 개의 틀이 달려있으므로 틀이 장착되는 각각의 위치마다 질량을 힘으로 환산하여 245N 의 힘을 적용하였다.

Table 2 Cross-sectional property of FEM model

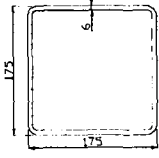
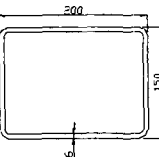

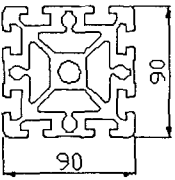
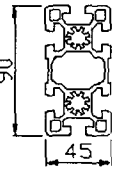
 <p>(a)</p>	Area [mm ²]	2990
	Izz [mm ⁴]	10158847.7094
	Iyy [mm ⁴]	10158847.7094
 <p>(b)</p>	Area	3963.292
	Izz	22680281.4393
	Iyy	14571254.1144
 <p>(c)</p>	Area	1200
	Izz	562500
	Iyy	25600
 <p>(d)</p>	Area	2068
	Izz	2117000
	Iyy	2117000
 <p>(e)</p>	Area	971.5484
	Izz	611843.0986
	Iyy	170290.0986

Fig. 4 와 Fig.5 는 응력과 처짐을 해석한 결과이다. 최대응력은 Base Frame 의 세번째 Gripper Part 에서 7.083MPa 로 예측된다. 이는 Base Frame 의 재질인 강재의 205MPa 보다 매우 작기 때문에 구조적으로 문제를 일으킬 가능성은 없다고 판단된다. 변위는 두번째 Gripper 부분의 맨 위쪽에 0.093477mm

로 예측된다. 이 값은 틀의 위치를 지정하는데 문제가 되지 않을 정도로 작다.

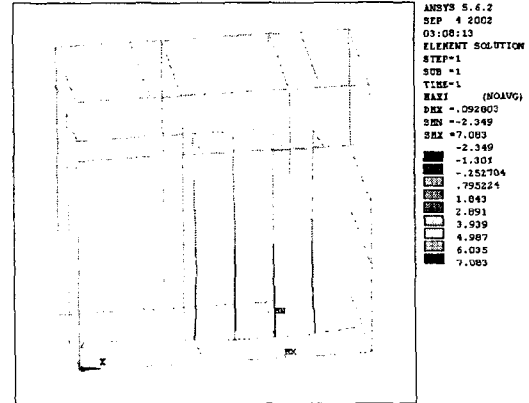


Fig. 4 Stress of the ATC

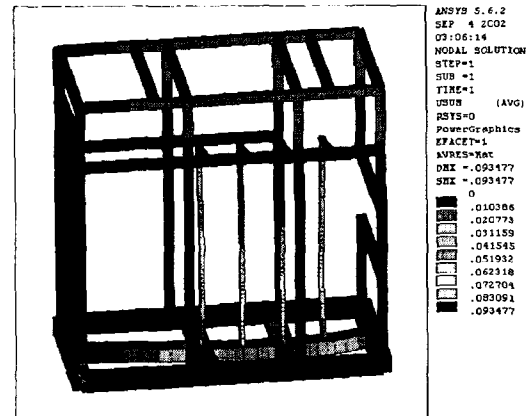


Fig. 5 Deformation of the ATC

2.3 고유 진동 및 모드 해석

어떠한 시스템에서 질량이 높을수록 그 시스템의 고유진동수는 낮아진다. 그리고 시스템의 고유진동수영역이 운전영역보다 높게 설계되어야 시스템이 안전하게 작동한다. 그러므로 시스템의 질량이 가장 클 때를 고려하여 진동해석을 하면 된다. 여기서 ATC 에 120 개의 틀이 전부 장착됐을 때가 시스템 전체의 질량이 가장 클 때이다. 틀이 장착된 상태에서 ATC 의 고유진동과 모드해석을 하기 위해서 틀이 장착되는 각 지점에 틀의 최대 무게인 25kg 의 질량요소를 적용하여 모델링하고 해석하였다. 해석 결과 각 모드별 진동수를 Table 3 에 나타내었다.

Fig. 6 과 Fig. 7 은 1, 2 차 모드 형태를 나타낸 것이다. 1 차 모드에서는 ATC 본체의 왼쪽상단에서 Y

방향으로 최대변형이 발생하고, 2 차 모드에서는 같은 부분에서 X 방향으로 최대변형이 일어난다고 예측된다. 하지만 본 고정번지식 ATC 에 사용되는 모터는 정격회전수가 2000rpm 으로 5.305Hz 가 된다. 이 값은 본 ATC 가 1 차 모드의 진동수인 9.0502Hz 보다 낮은 영역에서 작동함을 나타낸다. 그러므로 그 이상의 모드는 확인 할 필요가 없이 본 시스템은 안전하다고 예측된다.

Table 3 Modal frequency of the ATC

Set	Frequency [Hz]	Set	Frequency [Hz]
1	9.0502	6	35.387
2	9.4402	7	35.787
3	12.790	8	38.017
4	29.858	9	40.347
5	33.879	10	44.188

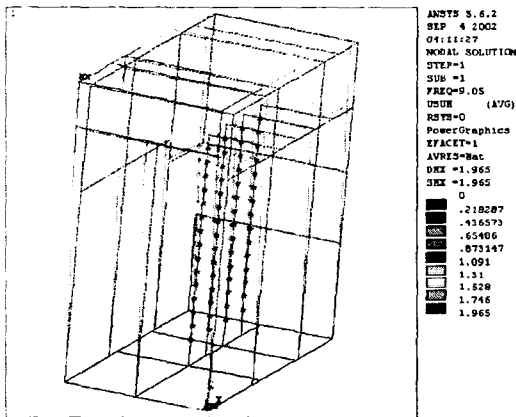


Fig. 6 A first set mode shape

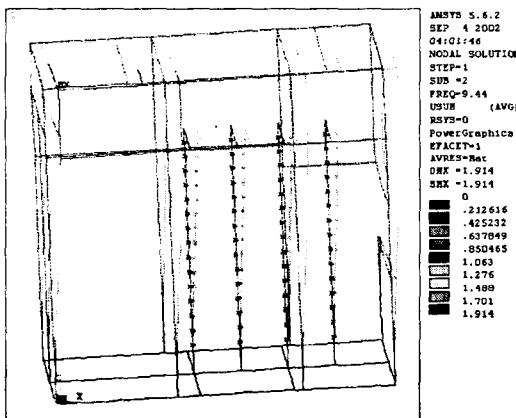


Fig. 7 A second set mode shape

3. 결론

본 연구에서는 고정번지식 ATC 를 유한요소법에 의한 구조해석과 진동해석을 통하여 구조물이 안전함을 확인하였다. 또한 Frame 구조물이 실물과 똑같이 모델링 하게 되면 요소의 수가 컴퓨터로도 계산하기 힘들 정도로 많이 생성되기 때문에 등가 모델로 단순화시킨 이상적인 유한요소 모델링 기법을 보여주고 있다. 이 방법은 계산시간을 매우 단축시킬 수 있을 뿐만 아니라 간단명료한 해석 결과를 얻을 수 있다. 이러한 연구를 통해 얻어진 결과들을 바탕으로 현재 BT50 120 본 고정번지식 ATC 가 설계되고 있다.

후 기

본 연구는 과학기술부 한국과학재단 지정 창원대학교 공작기계기술연구센터와 ㈜화인 ATC 의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- 고정한, 강기영, 이상조, “서보모터를 이용한 자동공구교환장치의 개발”, 한국정밀공학회지, 제 16 권, 제 5 호, pp. 66-73
- 김석일, 성하경, “콘크리트 베드를 이용한 무심연삭기의 구조특성 해석”, 한국정밀공학회 논문집, pp. 32-36, 2002
- 지상현, 김민수, “서지탱크의 최적설계”, 대한기계학회지, 제 31 권, 제 1 호, pp. 34-42, 1991
- Mustafa Ilhan Gokler, Murat Bilgin Koc, “Design of an Automatic Tool Changer with Disc Magazine for a CNC Horizontal Machining Center”, Int. J. Mach. Tools Manufact., vol. 37, no.3, pp. 277-286, 1997
- 고재용, “ANSYS 와 유한요소법”, 시그마프레스, 2001
- ㈜퓨전테크/㈜CIES, “CATIA V5 이론에서 실기까지”, 웅보출판사, 2001