

복합 하중을 받는 판형 구조물의 구조안전성에 대한 해석적 연구

A study on the structural stability analysis of a plate under combined loads

*#최재엽, 김성훈, 정배균

*#J. Y. Choi(jy.choi@lignex1.com), S. H. Kim, B. G. Jung
LIG넥스원 기계연구센터

Key words : combined load, structural stability, actuator

1. 서론

리니어 액츄에이터(linear actuator)는 직선운동을 발생시키기 위한 장치이며, 이 장치의 지지방법 및 지지구조물은 이러한 직선 운동 방향에 대한 지지 하중을 고려하여 결정된다. 또한 양방향 하중부하(밀 때의 하중부하와 당길 때의 하중부하)가 적용된 리니어 액츄에이터는 그 지지방법과 지지구조물 설계에 있어서도 양방향 하중을 동시에 고려하여야 한다. 본 논문에서는 이러한 리니어 액츄에이터 4개 설치되어 각 액츄에이터의 양방향 하중을 동시에 지지하는 판형 구조물에 대한 구조안정성을 해석적으로 검토하였다. 또한 각 액츄에이터의 하중방향이 독립적으로 적용될 경우, 모드(mode)별로 구조안정성을 개별적으로 검토하여, 지지하는 구조물에 가장 가혹한 하중이 걸리는 모드를 살펴보았다.

2. 해석 모델 및 하중 조건

Fig. 1은 한 개의 리니어 액츄에이터가 받는 하중을 계산하기 위한 기하학적 모델을 나타낸다.

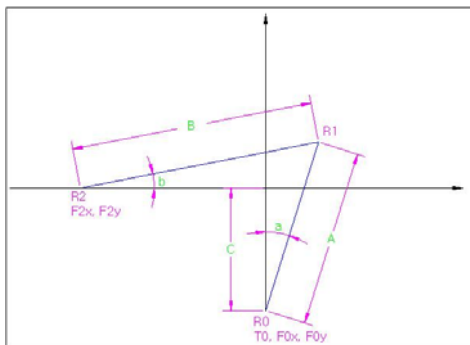


Fig. 1 The linkage geometry of the linear actuator

리니어 액츄에이터 R0에서 발생된 토크(T0)는 동력전달 링크 구조(A 및 B)를 통해 리니어 액츄에이터에 하중(F2x, F2y)을 부여한다. 이때 초기 회전각도(a)는 0이며, 각도 범위는 -14 ~ +14도이다. 최대 토크(T0)는 100 N m이며 각도에 따라 선형적으로 증감한다고 가정한다. 이러한 가정에 따라 동력전달 링크의 기하학적 조건과 토크에 의한 하중은 다음의 식으로 계산될 수 있다.

$$F_{2x} = \frac{T_0}{C + \tan(b) \cdot |A \sin(a) - \sqrt{B^2 - (A \cos(c) - C)^2}|}$$

$$F_{2y} = \tan(b) \cdot F_{2x}$$

계산된 하중은 Fig. 2와 같이 도표화할 수 있는데 여기서 리니어 액츄에이터가 받는 방향별 하중 비율에 해당하는 각도(b)도 같이 도표화 하였다.

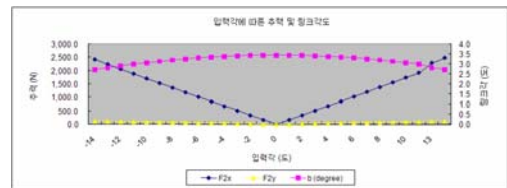


Fig. 2 Reaction forces and angles for the inputs

이는 본 동력전달 구조가 전 운동역역 내에서 불안정점을 지나는지 여부를 확인하기 위함이다. 현재의 구조에서는 불안정점을 지나지 않지만 각 링크의 길이 설정에 따라 불안정점을 지나거나 액츄에이터의 운동방향 이외의 하중 성분이 지나치게 크게 될 수 있으므로 설계나 해석 전에 반드시 확인해야만 한다.

3. 해석 결과

Fig. 3 은 이러한 리니어 액츄에이터가 4개 장착되어 지지되는 판형 구조물의 형상을 나타낸다. 판형 구조물에 요구되는 구조 안전율은 재료의 항복강도 대비 5.5 이상이며, 판형 구조물의 두께는 9.7 mm 와 12.7 mm 의 두 종류로 설정하였다.

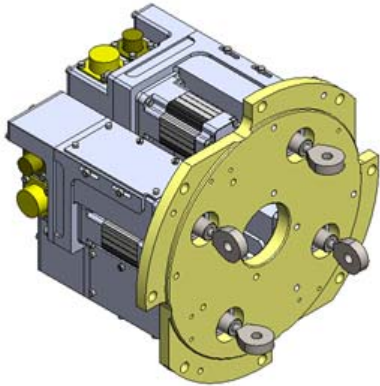


Fig. 3 Geometry of the plate structure for 4 linear actuators

재료의 검토 범위는 알루미늄 합금재 중 A6061 과 A7075 이다. KS D 6701 기준으로 A6061 의 항복강도는 245 MPa 이며, A7075의 경우는 460 MPa 이다.

리니어 액츄에이터가 구조물에 가하는 하중 모드는 총 5가지이며 이는 Table 1 에 나타나있다.

Table 1 Mode for combined loads

	Actuator1	Actuator2	Actuator3	Actuator4
Mode 1	0	+F	0	+F
Mode 2	+F	+F	-F	-F
Mode 3	+F	-F	-F	+F
Mode 4	-F	+F	+F	-F
Mode 5	-F	-F	+F	+F

이 때 F는 최대 하중이며 본 해석에서는 2483.3 N 이 적용되었다. 각 모드별 하중을 부여한 결과 두께 9.7 mm 일 경우 각 모드별 최대 응력은 52.1~60.6 MPa 로 나타났고, 12.7 mm 의 경우 36.7~43.4 MPa 로 나타났다. 각 모드별 해석 결과는 Table 2 와 Fig. 4 에 나타나있다.

Table 2 Summary of results

Safety Factor	A6061		A7075	
	t 9.7	t 12.7	t 9.7	t 12.7
Mode 1	4.0	5.6	7.6	10.6
Mode 2	4.7	6.4	8.8	11.9
Mode 3	4.3	6.7	8.0	12.5
Mode 4	4.3	6.7	8.0	12.5
Mode 5	4.7	6.4	8.8	11.9

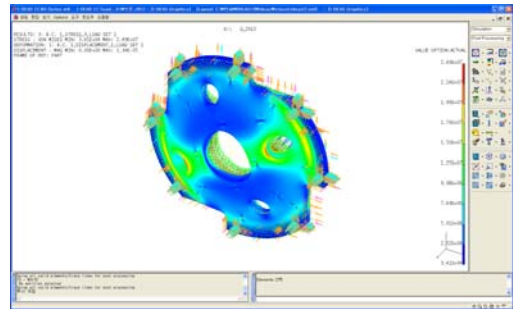


Fig. 4 Result of the analysis (Mode 1)

4. 결론

개별 제어되는 4개의 양방향 리니어 액츄에이터를 장착하여 지지하는 판형 구조물은 각 액츄에이터의 하중방향에 따라 모드가 결정되며 구조해석을 통하여 각 모드별 최대응력을 찾아내고 이를 바탕으로 항복강도에 대한 안전율을 계산하였다.

이러한 해석을 통해 설계인자인 재료, 두께 및 형상 등을 도출할 수 있을 뿐 아니라 복합 하중 모드 중에서 지지구조물의 구조 안정성이 가장 취약한 경우를 판단할 수 있었다. 향후 진동 및 충격을 포함한 종합적인 구조 안정성 평가의 기초 자료로 활용될 것이다.

참고문헌

1. Vince Adams, "Building Better Products with Finite Element Analysis", 121-1234, 1999
2. 고은영, 최재엽, 김인학, "수중운동체의 센서부 평면배열 구조설계에 관한 연구" 한국정밀공학회 2011년도 추계학술대회 논문집, 745-746, 2011.50, 1999.