

# 슬라이드 가이드의 동특성반영 단순화 모델링에 대한 연구

## Simplified modeling for dynamics of Side Guides

\*강민구<sup>1</sup>, 김도형<sup>1</sup>, 원종진<sup>2</sup>, #정재일<sup>2</sup>

\*K. M. Goo<sup>1</sup>, D. H. Kim<sup>1</sup>, J. J. Won<sup>2</sup>, #J. J. Jeeong(jayjeong@kookmin.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국민대학교 기계설계과, <sup>2</sup>국민대학교 기계시스템공학부

Key words : LM Guide, Slide Guide, Turcite

### 1. 서론

정밀기계류의 FEM 해석에서 LM 가이드 및 슬라이드 가이드 제품들을 그대로 매쉬 생성 및 해석하기에는 다소 어려움이 있다. 베어링이 들어가 있는 부분의 형상이 복잡하여 해석 시간이 오래 소요된다. 이에 따라 제품의 형상을 단순화 하면서도 정확한 FEM 해석을 하기 위한 모델링이 필요하다.

앞선 연구에서는 볼베어링 LM 가이드의 볼을 스프링으로 대체해 접촉면당 1열의 스프링으로 가정하여 볼베어링 LM 가이드 전체를 하나의 스프링으로 생각하고 동강성 해석을 하였다.[1]

본 연구에서는 Fig.1에서 보듯이 슬라이드 가이드에서 Turcite가 부착된 면의 접촉을 스프링 접촉으로 가정하고 볼베어링 LM 가이드 마찬가지로 전체를 하나의 스프링으로 대체하고 동강성 해석을 하였다. 이는 FEM 해석시 실제와 비슷한 영향을 모델링 하기 위함이다.

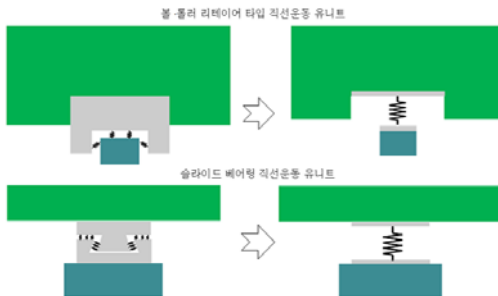


Fig.1 Modeling of LM Guide

### 2. 모델링 및 선형해석

정밀가공 기계의 직선 이송기구중 슬라이드 가이드는 직선운동과 회전운동을 하며 정확한 운동을 구현하기 위해 여러 가지 형상으로 만들어진다.

슬라이드 가이드의 재료 중 Turcite는 초기마찰

계수가 낮아 스틱 슬립현상이 없고 내마모성이 뛰어나 CNC기계등에 부착되어 사용된다.

본 연구에서는 타카이드를 붙인 4개 면을 각각 3열의 스프링으로 대체하여 모델링을 하였다. 그리고 운동방정식을 구하기 위하여 라그랑지안 방법을 이용하였다. 각 3열의 스프링으로 대치되어 있는 Turcite 슬라이드 가이드를 단순하게 모델링하여 하나의 스프링으로 동특성을 나타낼 수 있도록 유도한다.

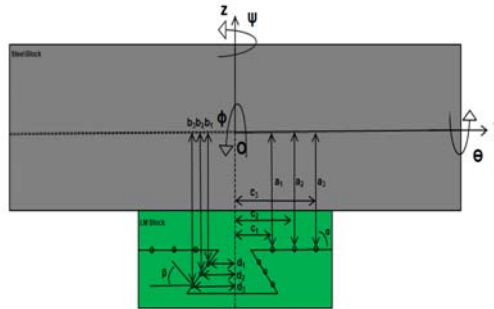


Fig. 2 Geometry of Slide Guide

$$T = \frac{1}{2} M \dot{y}^2 + \frac{1}{2} M \dot{z}^2 + \frac{1}{2} J_x \dot{\phi}^2 + \frac{1}{2} J_y \dot{\psi}^2 + \frac{1}{2} J_z \dot{\theta}^2 \quad (1)$$

$$U = \frac{1}{2} \int_{-l/2}^{l/2} \left[ k_1 \left\{ (y + a_1 \phi + l\psi) \cos \alpha + (z + c_1 \phi - l\theta) \sin \alpha \right\}^2 + k_1 \left\{ (y + a_2 \phi + l\psi) \cos \alpha + (z + c_2 \phi - l\theta) \sin \alpha \right\}^2 + k_1 \left\{ (y + a_3 \phi + l\psi) \cos \alpha + (z + c_3 \phi - l\theta) \sin \alpha \right\}^2 + k_2 \left\{ (y + b_1 \phi + l\psi) \cos \beta - (z + d_1 \phi - l\theta) \sin \beta \right\}^2 + k_2 \left\{ (y + b_2 \phi + l\psi) \cos \beta - (z + d_2 \phi - l\theta) \sin \beta \right\}^2 + k_2 \left\{ (y + b_3 \phi + l\psi) \cos \beta - (z + d_3 \phi - l\theta) \sin \beta \right\}^2 \right] dl + \frac{1}{2} \int_{-l/2}^{l/2} \left[ k_2 \left\{ -(y + b_1 \phi + l\psi) \cos \beta - (z - d_1 \phi - l\theta) \sin \beta \right\}^2 + k_2 \left\{ -(y + b_2 \phi + l\psi) \cos \beta - (z - d_2 \phi - l\theta) \sin \beta \right\}^2 + k_2 \left\{ -(y + b_3 \phi + l\psi) \cos \beta - (z - d_3 \phi - l\theta) \sin \beta \right\}^2 + k_1 \left\{ -(y + a_1 \phi + l\psi) \cos \alpha + (z - c_1 \phi - l\theta) \sin \alpha \right\}^2 + k_1 \left\{ -(y + a_2 \phi + l\psi) \cos \alpha + (z - c_2 \phi - l\theta) \sin \alpha \right\}^2 + k_1 \left\{ -(y + a_3 \phi + l\psi) \cos \alpha + (z - c_3 \phi - l\theta) \sin \alpha \right\}^2 \right] dl \quad (2)$$

식(1)과 (2)은 4면의 각 3열씩 총 12열의 스프링의 5자유도에 해당하는 운동에너지와 포텐셜 에너지를 나타낸다. 식(2)은 타카이드가 부착된 면의

늘어난 길이 L에 대한 적분 형태로 나타낼 수 있다. 포텐셜 에너지식의 각 항은 스프링의 포텐셜 에너지를 나타내며  $k_1, k_2$ 는 각각 상단과 하단 스프링의 단위 길이당 강성으로 나타낸다.

식(1)과 (2)를 라그랑지안 방법으로 풀러 정리하면 바운싱 모드, 롤링 모드, 피칭 모드, 요잉 모드, 하이클링 모드의 고유진동수를 구할 수 있다. [1]

$$k = \begin{bmatrix} k_{xx} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_{yy} & 0 & k_{y\alpha} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & k_{zz} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_{\alpha y} & 0 & k_{\alpha\alpha} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & k_{\beta\beta} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & k_{\gamma\gamma} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$k_{zz} = 6L(k_1 \sin^2 \alpha + k_2 \sin^2 \beta) \quad (4)$$

$$k_{yy} = 6L(k_1 \cos^2 \alpha + k_2 \cos^2 \beta) \quad (5)$$

$$k_{\alpha\alpha} = 2L \left\{ k_1 (a_1 \cos \alpha + c_1 \sin \alpha)^2 + k_1 (a_2 \cos \alpha + c_2 \sin \alpha)^2 + k_1 (a_3 \cos \alpha + c_3 \sin \alpha)^2 + k_2 (b_1 \cos \beta - d_1 \sin \beta)^2 + k_2 (b_2 \cos \beta - d_2 \sin \beta)^2 + k_2 (b_3 \cos \beta - d_3 \sin \beta)^2 \right\} \quad (6)$$

$$k_{\beta\beta} = \frac{L^3 (k_1 \sin^2 \alpha + k_2 \sin^2 \beta)}{2} \quad (7)$$

$$k_{\gamma\gamma} = \frac{L^3 (k_1 \cos^2 \alpha + k_2 \cos^2 \beta)}{2} \quad (8)$$

$$k_{y\alpha} = L \left\{ k_1 (2a_1 \cos^2 \alpha + c_1 \sin 2\alpha) + k_1 (2a_2 \cos^2 \alpha + c_2 \sin 2\alpha) + k_1 (2a_3 \cos^2 \alpha + c_3 \sin 2\alpha) + k_2 (2b_1 \cos^2 \beta - d_1 \sin 2\beta) + k_2 (2b_2 \cos^2 \beta - d_2 \sin 2\beta) + k_2 (2b_3 \cos^2 \beta - d_3 \sin 2\beta) \right\} \quad (9)$$

이렇게 구한 고유진동수식을 이용하여 식 (4)~(9)의 강성식을 구한다. 식(3)은 강성 행렬을 나타낸다.

### 3. 해석 결과

타카이드 면에서 Workpiece에 의해 면압이 작용하는 구간이 200~800 kPa 이다. [2]

최소압력인 200 kPa를 기준으로 슬라이드 가이드의 작용하는 하중을 약 367kg으로 계산 하였다. Fig.2의 SETCO사의 HTS Series 슬라이드 가이드의 치수를 넣어 강성값을 구하였다. [3]



Fig. 3 Heavy Duty HTS Series Basic

Table 1 Stiffness of three lines modeling

(kN/μm)	$k_{yy}$	$k_{zz}$	$k_{\alpha\alpha}$	$k_{\beta\beta}$	$k_{\gamma\gamma}$	$k_{y\alpha}$
	4.005	19.903	0.859	0.415	0.083	-0.352

Table 1 슬라이드 가이드에서 면접촉을 3열의 스프링으로 모델링하여 구한 강성값이다. z 방향에서 가해지는 힘이 가장 강하므로 강성값이 가장 높게 나왔으며 볼 베어링 LM 가이드에서처럼 접촉면당 1열의 스프링으로 모델링하여 계산 강성값도 Table 1의 결과값이  $k_{\alpha\alpha}$  값을 제외하고 동일하게 나왔다.

### 4. 결론

면접촉을 하는 슬라이드 가이드 경우에도 LM 가이드와 마찬가지로 선강성으로 모델링을 한 결과와 같은 강성값이 나와 면강성을 선강성으로 모델링 할 수 있었다.

### 후기

본 연구는 한국기계연구원이 지원하는 “기계장비 시뮬레이션 플랫폼 기술개발” 과제 지원으로 연구 되었습니다.

### 참고문헌

1. 최재석, 유정훈, 이용섭, 김윤영 "볼 베어링을 이용하는 지선운동 가이드 진 동해석 및 응용 " 대한기계공학회 논문집, 제29권 제7호, pp.955~963, 2005.
2. 양문수, 유재홍, 이선규 "슬라이드 가이드의 고속 이송시 가공오차," 한국정밀공학회지, 98, pp.1247-1251, 1998.
3. SETCO Catalog Precision Dovetail Slides, Available: <http://www.spindles.com/>