

유한요소해석에 의한 크로스롤러 링의 응력 및 변형거동 연구 A Study on the Stress and Deformation Behavior of a Cross Roller Ring using Finite Element Method

*배윤경¹, 김상열¹, 이택원², 손기동²

*Y. K. Bae¹, S. Y. Kim¹, T. W. Lee², G. D. Son²

¹ 한국산업기술시험원 산업표준본부, ²(주)원에스티

Key words : Cross roller ring, Finite element method, Stress, Deformation

1. 서론

크로스 롤러링은 V홈 형상 전동면에 원통롤러가 스페이스 리테이너 사이에 상호직교배열되어 1개의 베어링으로 레이디얼 하중, 축방향 하중 및 모멘트 하중등 모든 방향의 하중을 부하하는 것이 가능하고, 고강성 기계요소이므로 공업용 로봇의 관절부나 선회부, 머시닝 센터의 선회테이블, 정밀 로터리 테이블, 의료기기, 계측기 등 그 수요가 증가하고 있는 추세이다.[1] 특히 강성이 3~4배 이상 증가하는 특징이 있으며, 롤러의 스큐(Skew) 방지나 롤러의 상호마찰에 의한 회전토크 증가를 방지할 수 있으며, 종래 철관 리테이너(Steel retainer)를 사용하는 경우에 비하여 롤러의 편접촉 형상이나 걸림 현상이 발생하지 않고 예압(Preload)을 부여한 상태에서도 안정된 회전을 얻을 수 있다.[2] 내륜 또는 외륜이 2분할 구조이므로 베어링의 틈새(Clearance)를 조정할 수 있고, 예압을 부여하는 것도 가능하므로 고정도의 회전운동을 얻을 수 있다.

이러한 크로스롤러링은 스페이스 리테이너에 장착된 롤러에 의하여 내륜과 외륜의 안정되고 정밀한 회전성능을 유지할 수 있으며, 롤러의 위치 및 설계변수에 따라 반복하중에 따른 회전정밀도 및 변형정도가 결정된다. 스페이스 리테이너에 의해 롤러는 항상 정위치에 유지되어 있고, 직교 배열이 되어 있으므로 롤러의 어긋남을 방지하고 상호마찰을 최소화 하여 스큐를 방지할 수 있고 더불어 강성을 증가시킬 수 있는데 특히, 이를 위하여 롤러의 크기와 사용갯수는 매우 중요한 설계변수라고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 FEM해석을 통하여 크로스롤러링의 롤러 설계변수에 따른 내외륜의 응력분포 및 변형거동을 평가하고자 한다.

2. 본론

2.1 연구방법

본 연구에서는 크로스롤러 링의 회전운동을 지지하는 내,외륜의 고하중 적용을 위하여 주행정밀도 및 내구성에 영향을 주는 롤러의 다양한 설계인자에 대하여 크로스 롤러 링의 응력분포 및 변형거동을 확인하고자 하였다. 이를 위하여 동일한 크기의 내외륜에 대하여 수직하중하에서 롤러의 크기와 개수에 따른 응력 및 변형량을 분석하였다. Fig. 1은 해석에 사용된 크로스롤러 링을 보여주고 있으며, (주)원에스티에서 제시한 모델에 대하여 유한요소해석을 수행하였다. 모델링과 해석결과의 처리를 위하여 FEM 상용프로그램인 ANSYS 11.0을 사용하였다.



Fig. 1 Schematic drawing showing cross roller ring

2.2 유한요소해석

크로스롤러 링의 롤러는 스페이스 리테이너에 직교배열로 장착되어 있는데, 롤러의 크기와 개수에 따른 응력 및 변형량을 확인하고자 해석모델을 Table 1과 같이 분류하였다. 롤러 크기와 개수의 조합은 실제 리테이너에 직교배열 삽입 및 가공이 가능한 조건하에서 이루어진 것이며, 롤러에 적용되는 하중적용시 변형의 차이는 미미할 수준이며, 탄성영역의 동일한 조건으로 가정하여 수행하였다. 하중조건은 하중변화에 따른 응력분포 및 변형량을 추정하기 위하여 6, 7, 8, 9, 10 KN으로 변화시

Table.1 Design Parameter

Model	Roller size (Ø)	Number of roller
1	4	30
2	5	26
3	6	24
4	7	22

켜 가하였다. 롤러 설계변수에 따른 응력분포를 정확하게 파악하기 위하여 롤러와 내륜이 접촉부분의 메쉬를 조밀하게 수행하였다. 정정격하중으로 모든 조건을 동일하게 비교하여야 하므로, 외륜 바닥면에 대하여 어떠한 방향으로도 변위가 발생하지 않도록 x, y, z 방향으로 구속하였다. 내륜부분의 축이 삽입되는 안쪽 원통면은 x, y 방향으로 구속하며, z방향은 free상태로 유지하였다. 또한 롤러가 직교배열이므로 하중방향에 수직한 롤러는 힘을 받지 않으므로 제외하고 해석하였다. 본 연구에서 사용된 재질은 일반 베어링강이며, 탄성계수는 208 GPa, 프와송비는 0.35로 적용하였다.

3. 해석결과

롤러의 개수와 크기에 따른 다양한 조합으로 나누어 분석하였다. 실제 삽입과 가공이 가능한 조건은 롤러의 개수가 많을수록 크기는 작아지고, 개수가 적을수록 크기는 커질 수밖에 없는 조합이므로, 롤러 설계조건에 따른 응력분포 및 변형거동을 파악하였다. Fig. 1과 같이 하중이 커질수록 모든 모델에 대하여 선형적으로 응력 및 변형량은 증가함을 알 수 있었으나 롤러 크기에 따라 변화폭은 상이하게 나타났다. 특히 Ø7 및 22개 롤러의 경우 그 외의 롤러 장착한 크로스 롤러링보다 하중이 커질수록 상대적으로 최대집중응력이 급격하게 상승하였다. 또한 롤러의 직경이 작을수록, 롤러의 개수가 많을수록 전체적인 응력분포도 효과적으로 나타났다. 이는 롤러의 크기를 늘리는 것보다 개수를 늘리는 것이 응력분포에 효과적으로 판단되었다. 또한 내륜과 롤러의 맞닿는 면에서 응력집중이 가장 크게 나타났으며, 외륜 부분은 큰 영향을 미치지 않는다는 점도 롤러의 크기보다는 개수의 증가가 응력집중에 효과적으로 작용한다고 짐작할 수 있었다.

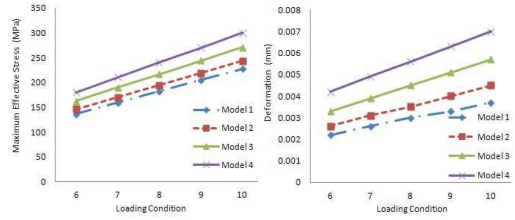


Fig. 2 Maximum effective stress and deformation as a loading condition for various models

이론식에서는 직경이 클수록 응력집중에 효과적으로 나타났으나, 이는 롤러가 커짐에 의하여 내륜의 두께가 얇아지는 효과를 적용시키지 못한 것으로 파악되었다. 변형량 비교의 경우 응력집중과 동일하게 하중의 커질수록 전체적인 변형량은 커짐을 알 수 있었다. 특히 Ø7 및 22개 롤러의 경우에서 현저하게 크게 나타났으며, 직경이 작고 롤러의 개수가 많아질수록 최대 변형량은 작게 나타났고, 그 상승폭도 완만하게 증가함을 알 수 있었다. 이는 롤러의 크기보다는 개수가 변형량에 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 변형부위는 롤러와 맞닿는 안쪽 내륜부에서 가장 크게 나타난 것으로 보아 하중에 취약함을 알 수 있었고, 이는 축이 결합되는 내륜 원통면측의 축방향으로 구속이 없기 때문으로 짐작된다.

4. 결론

크로스롤러 링의 효과적인 응력분포 및 변형량을 줄이기 위해서는 롤러의 직경보다는 개수가 상대적으로 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 롤러 개수를 늘림으로써 하중에 대한 지지점을 상대적으로 늘리는 것이 최대집중응력에 따른 변형량을 최소화하여 주행정밀도를 높이고 안정적인 회전운동에 효과적일 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Aurelian V., Dimitri L., "Bolted joints for very large bearings-numerical model development," Finite elements in analysis and design, 42, 298-313, 2006.
2. C.Sommer, H-J. Christ, H. Mughrabi., "Nonlinear elastic behaviour of the roller bearing steel SAE during cyclic loading," Acta Metallurgica et Materialia, 39, 1177-1187, 1991.