

휠 베어링 강성해석 시 전동체 모델링 기법에 대한 연구 Study of rolling element modeling technique for analysis of wheel bearing stiffness

*#이승표¹, 이인하¹, 장호섭¹

*#S. P. Lee(leeseungpyo@iljin.com)¹, I. H. Lee¹, H. S. Jang¹

¹(주)일진글로벌 기술연구소

Key words : wheel bearing, stiffness, rolling element

1. 서론

최근의 자동차용 휠 베어링은 생산성 향상과 경량화 등을 이유로 유닛(unit) 형태로 제작되는 경우가 많다^(1~4). 3 세대 휠 베어링 유닛의 경우는 허브(hub)와 베어링이 일체화된 플랜지(flange)형 내-외륜을 갖고 있기 때문에^(1~4) 강성(stiffness)을 평가할 때, 전동체(rolling element)와 궤도(raceway)에 의하여 결정되는 구름베어링 자체 강성뿐만 아니라, 플랜지에 의한 강성도 함께 평가하여야 한다. 베어링 자체 강성과 플랜지 강성을 모두 고려하는 것은 일반적으로 쉽지 않다. 따라서 이를 위하여 유한요소법(finite element method)에 기반한 수치해석을 이용하는 경우가 많다^(3~4).

김기훈 등⁽⁵⁾은 베어링 전동체의 접촉하중을 이론적으로 계산하여 그 값을 궤도부에 입력하여 해석을 수행하였다. T. Numata⁽⁴⁾는 휠 베어링 강성해석을 위하여 각 부품에 대하여 유한요소해석을 수행하고 그 결과로부터 전체 휠 베어링의 강성을 계산하였다. 그러나 이러한 방법들은 휠 베어링의 전체 강성을 한번에 해석하지 못한다는 단점이 있다. 휠 베어링의 강성은 베어링 전동체의 모델링을 어떻게 하느냐에 따라 큰 영향을 받는다. 따라서 전동체 모델링에 따른 휠 베어링 강성을 알아볼 필요가 있다.

본 연구에서는 유한요소법을 이용하여 자동차용 3 세대 휠 베어링 유닛 전체에 대하여 강성해석을 수행하였다. 전동체에 대한 모델링을 달리하면서 강성해석을 수행하여 그 영향을 분석하였다. 해석의 신뢰성을

검증하기 위하여 강성시험을 실시하였고, 그 결과를 해석 결과와 비교하였다

2. 강성해석

휠 베어링에 대하여 전동체 모델링을 달리하면서 강성해석을 수행하였다. 해석은 상용 소프트웨어인 MSC.MARC⁽⁶⁾를 사용하였다. 휠 베어링 유닛 형상이 좌우 대칭이므로 1/2 형상만을 모델링 하였다. 베어링의 변형거동을 보다 정확히 모사하기 위하여 탄소성 해석(elasto-plastic analysis)과 접촉 해석(contact analysis)을 수행하였다. 베어링 내륜의 재질은 STB2 이며, 외륜과 허브는 SM55C 이다^(1,3).

전동체인 볼(ball)은 3 가지 방식으로 모델링 하였다. 첫 번째로는 강체 구(rigid ball)로 가정하였고, 두 번째로는 비선형 스프링 한 개로 가정하였다. 세 번째로는 볼을 비선형 스프링 세 개를 이용하여 모델링 하였다. 강성해석을 위한 경계조건은 Fig. 1 에 나타내었다.

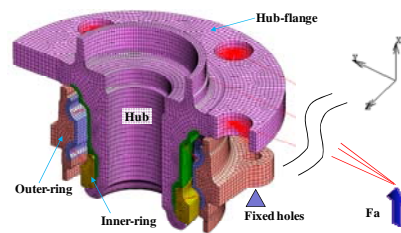


Fig. 1 Boundary conditions of stiffness analysis for wheel bearing unit

3. 강성시험

3세대 휠 베어링 유닛에 대한 강성시험은 Fig. 2와 같다. 외륜은 지그(jig)를 통하여 지면에 고정되며, 허브는 부하판에 연결된다. 일정 거리($l=300\text{mm}$)만큼 떨어진 곳에서 축방향 하중(F_a)을 가한 후, 부하판에 고정된 측정용 원반에서의 기울기(bearing inclination, θ)를 측정한다. 측정된 기울기로부터 휠 베어링의 강성(k)은 다음과 같이 계산된다⁽¹⁾.

$$M = F_a \times l \quad (1)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\delta}{D_o}\right) \quad (2)$$

$$k = M/\theta \quad (3)$$

여기서, δ 는 다이얼 게이지(dial gauge)에서 측정된 측정용 원반의 고저 차이이며, D_o 는 원반의 측정직경(100mm)을 나타낸다.

4. 결과 및 고찰

전동체 모델링 기법을 달리하면서 수행된 강성해석 결과와 강성시험 결과를 Fig. 3에 나타내었다

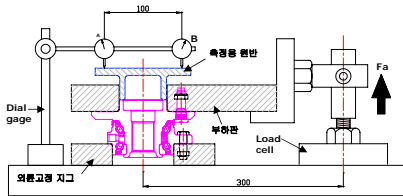


Fig. 2 Stiffness test for wheel bearing unit

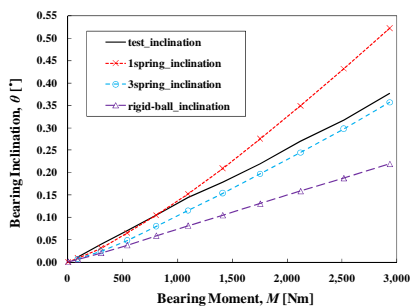


Fig. 3 Bearing inclination plot

강체로 전동체를 모델링 한 경우는 시험에 비해 기울기가 40% 정도 적다. 또한, 비선형 스프링 한 개로 모델링 한 경우는 모멘트가 증가하면서 시험 결과보다 큰 결과를 보인다. 모멘트가 증가할 때, 전동체와 케도간 접촉면적이 증가하며 접촉각이 변화하는데, 스프링 한 개만으로는 이런 현상을 고려할 수 없기 때문에 예상된다. 비선형 스프링 3개와 전동체 한 개를 모델링 하는 경우는 대체적으로 시험결과와 유사한 결과를 보인다. 이로부터 스프링 3개와 모델링한 경우는 모멘트가 증가하더라도 전동체 접촉각 및 접촉면적의 증가를 반영할 수 있음을 알 수 있다. 이 결과로부터 전동체 모델링은 비선형 스프링 3개와 하는 것이 가장 휠 베어링의 강성을 잘 예측할 수 있다고 판단된다.

5. 결론

전동체 모델링 기법을 달리하면서 휠 베어링 유닛 전체에 대하여 강성해석을 수행하였다. 해석결과와 시험결과를 비교한 결과, 전동체를 비선형 스프링 3개와 모델링하는 것이 가장 좋은 결과를 알 수 있었다.

참고문헌

1. 이승표, 이인하, 김용찬, 김현우, 배현욱, 박중양, "설계 변수법을 이용한 자동차용 휠 베어링의 구조설계 및 해석," 대한기계학회 2010년도 추계학술대회 논문집, pp.574-577, 2010.
2. 김봉철, 조영걸, 이왕열, 이승표, "자동차용 휠 베어링의 강도해석 및 설계," 한국자동차공학회 2010년도 추계학술대회 논문집, pp.1356-1358, 2010.
3. 김기훈, 유영면, 임종순, 현준수, "Wheel Bearing Unit의 구조해석을 위한 경계조건 설정에 관한 연구," 한국자동차공학회 논문집, 8권, 6호, pp.230-237, 2000.
4. T. Numata, "Latest Technical Trend regarding Hub Unit Bearings," Koyo Engineering Journal English Edition, No. 168E, pp.8-13, 2005.
5. MARC 2008 r1, Volume A : Theory and User Information, MSC. Software Corporation, 2008.