

자전거 허브 베어링의 구조적 내구성 해석에 관한 연구

한문식*, 조재웅**,#

*계명대학교 기계자동차공학과, **공주대학교 기계자동차공학부

Structural Durability Analysis of Bike Hub Bearing

Moonsik Han*, Jaeung Cho**,#

*Keimyung University Mechanical and Automotive Engineering Dept.

**Kongju National University Mechanical and Automotive Engineering Div.

(Received 17 April 2015; received in revised form 7 May 2015; accepted 15 May 2015)

ABSTRACT

As riders do not sense damage to hub bearings due to the friction that occurs while riding, unexpected accidents can happen. Hub bearings can also be broken by cracks due to minor impact. Therefore, the vibration analysis of bike hub bearings is thought to be important. Two bike hub bearings were modelled in this study. The bolts at both ends of the bearings were fixed. The standard weight of a Korean man was assumed to be 70Kg, and a force of 700N was applied. As a result of this study, maximum deformations occurred in bolts at both ends of the central axis. Regarding displacement due to natural frequencies, Model 2 had less deformation than Model 1. Using the results of this study, the structural safety of the design of hub bearings can be estimated, and design plans for durable hub bearings can be suggested.

Key Words : Bike(자전거), Hub bearing(허브 베어링), Vibration analysis(진동 해석), Maximum deformation(최대 변형량), Durability(내구성)

1. 서 론

기름 값의 상승과 건강한 삶을 지향하는 인구의 증가로 자전거를 이용하는 인구는 날이 갈수록 증가하고 있는 추세이다. 그 결과 자전거의 종류와 기능이 다양해짐에 따라 내구성이 향상되고 탑승감과 안전성이 보완된 자전거들이 등장하게 되었다. 이러한 자전거는 200여 가지의 다양한 부품들이 결합되어 만들어지는 조립제품이다. 그 중 자전거의

바퀴와 프레임 사이를 연결하는 허브베어링은 자전거의 중요한 요소로서 체중과 자전거 차체의 무게 그리고 지면과의 마찰을 최소화시켜 주는 역할을 한다. 또한 회전운전을 원활하게 하여 구름성을 향상시켜 주며 안전성을 높여 준다. 따라서 허브베어링은 탑승자의 주행감을 중요시하는 최근 추세에 맞게 자전거 설계 시 주의 깊게 고려해야 하는 부품으로 부각되고 있다. 본 연구에서는 합금공구강으로 만들어진 허브베어링을 크기에 따라 두 가지 모델을 CATIA V5를 이용하여 모델링한 뒤 운전자 하중에 대하여 구조해석과 진동해석을 수행하였다^[1-4]. 또한 주행 중 발생하는 마찰로 인하여 허브베

Corresponding Author : jucho@kongju.ac.kr

Tel: +82-41-521-9271, Fax: +82-41-555-9123

어링의 파손은 탑승자가 감지 할 수 없기 때문에 예기치 못한 사고를 발생 할 수 있다. 작은 충격으로 발생된 크랙에 의하여 허브베어링이 파괴될 수도 있기 때문에 허브베어링의 피로해석 또한 매우 중요하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구의 해석결과를 통하여 내구성 있는 자전거의 허브베어링 설계방안을 제시할 수 있다고 사료된다^[5-9].

2. 해석모델 및 구속 조건

2.1 해석모델

Fig. 1은 3D 모델링 된 허브베어링을 유한요소로 나눈 것이다. 두 모델은 중심축과 다른 부품의 사이즈가 다르다. Fig. 1 (a)에서의 Model 1은 27586개의 절점과 12208개의 요소를 가지고 있으며 (b)에서의 Model 2는 26526개의 절점과 11700개의 요소를 가지고 있다. Table 1은 연구 모델에 적용된 구조용강의 물성치를 나타낸 것이다.

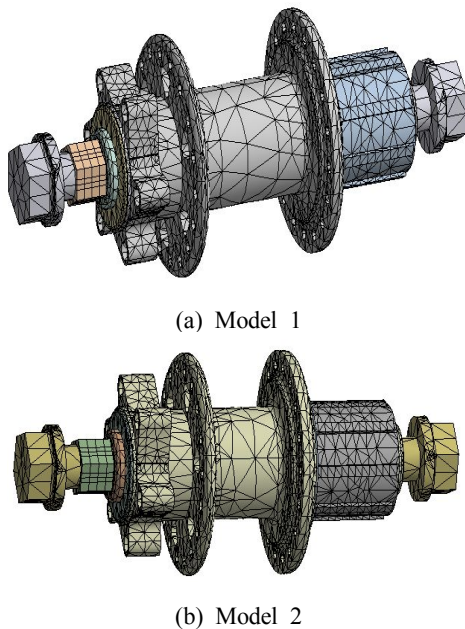


Fig. 1 Analysis model

Table 1 Material property

Young's Modulus(GPa)	200
Poisson's Ratio	0.3
Density(kg/mm ³)	7.85×10^{-6}
Tensile Yield Strength(MPa)	250
Compressive Yield Strength(MPa)	250
Tensile Ultimate Strength(MPa)	460
Compressive Ultimate Strength(MPa)	0

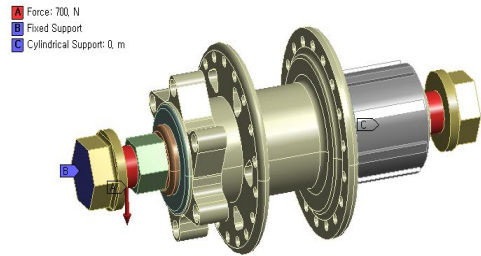


Fig. 2 Boundary condition

2.2 구속 조건

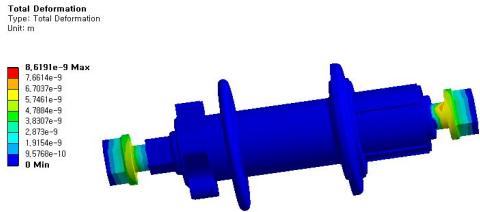
경계조건은 Fig. 2와 같이 허브베어링 양쪽 끝 나사를 Fixed support로 고정시켰으며, 베어링의 회전 부분은 Cylindrical support로 고정하였다. 그리고 대한민국 성인체중인 70kg을 기준으로 하여 700N을 프레임과 연결되는 중심축 양 끝에 가해진다고 가정하였다.

3. 해석결과

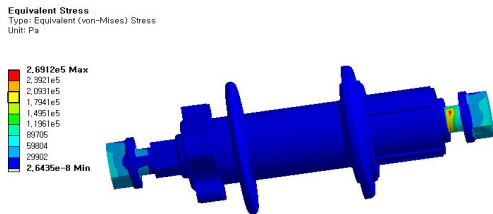
3.1 구조해석

Fig. 3과 4는 두 모델의 전변형량 및 등가응력에 대한 구조해석 결과를 나타낸 것이다. Model 1은 0.0000086mm의 최대변형량과 269.12kPa의 최대등가응력을 보이고 Model2는 0.0000084mm의 최대 변형량과 199.32kPa의 최대등가응력을 나타내고 있다. 구조해석 결과, Model 2가 Model 1보다 구조적으로 내구성이 강하다는 것을 알 수 있다. 그리고 최대 등가응력 역시 Model 2가 Model 1에 비하여 작은

것을 확인할 수 있었다. 또한 두 모델 모두 나사 양끝 부분에서 최대의 등가응력이 생겼으면 이는 나사 끝 부분에서 파손이 발생할 수 있다는 것을 나타낸다. 즉 두개의 모델 중 Model 2가 Model 1보다 더 큰 하중을 견딜 수 있을 것으로 사료된다.



(a) Total deformation of model 1

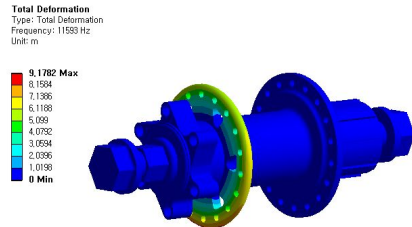


(b) Equivalent stress at model 1

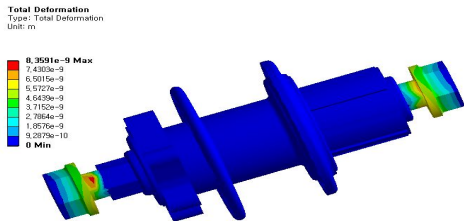
3.2 진동 해석

Fig. 2에서 고정 조건만을 부여하여 Model 1과 2에 대하여 고유 진동해석 결과를 Fig. 5와 6에 나타내었다. Model 1은 Mode 2인 고유 진동수가 11727Hz에서 11.044m로 가장 큰 변형을 보였고 Mode 1인 11593Hz에서 9.1782m로 가장 작은 변형을 보였다. Model 2는 Mode 2인 고유진동수가 11756Hz에서 11.036m로 가장 큰 변형이 일어났고 Mode 1인 16310Hz에서 10.449m로 가장 작은 변형이 일어났다. 두 모델 공히, Mode 2에서 전변형량 값이 가장 크게 나왔고 Mode 1에서 전변형량 값이 가장 작게 나왔다. Fig. 7은 Model 1과 2에 대하여 Mode 별 고유진동수를 나타낸 것이다. 두 모델 모두 Mode 6에서 가장 큰 진동수를 보이고 있고, Mode 2에서 가장 작은 진동수가 나타나는 것을 볼 수 있다.

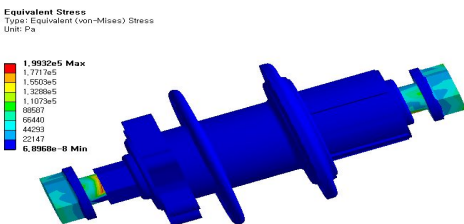
Fig. 3 Structural analysis of model 1



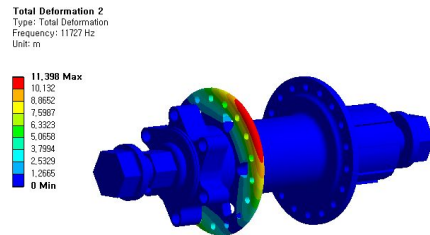
(a) Total deformation at mode 1



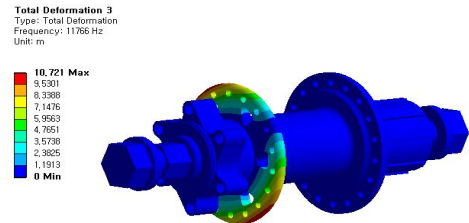
(a) Total deformation of model 2



(b) Equivalent stress at model 2



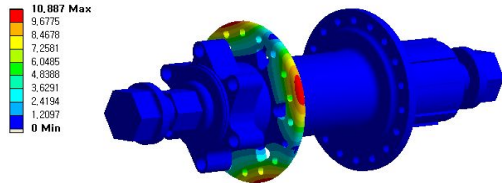
(b) Total deformation at mode 2



(c) Total deformation at mode 3

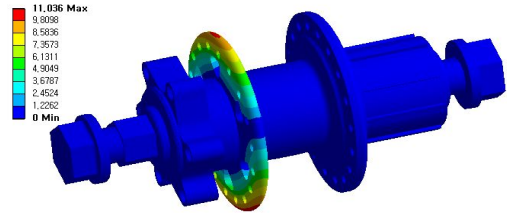
Fig. 4 Structural analysis of model 2

Total Deformation 4
Type: Total Deformation
Frequency: 12892 Hz
Unit: m



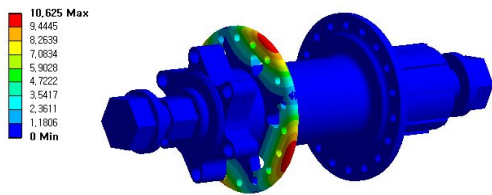
(d) Total deformation at mode 4

Total Deformation 2
Type: Total Deformation
Frequency: 11756 Hz
Unit: m



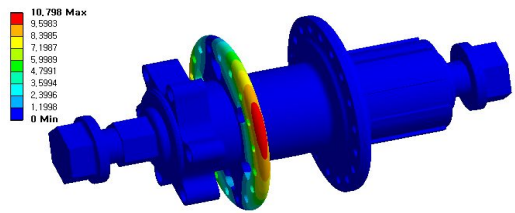
(b) Total deformation at mode 2

Total Deformation 5
Type: Total Deformation
Frequency: 12315 Hz
Unit: m



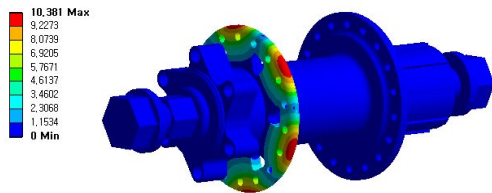
(e) Total deformation at mode 5

Total Deformation 3
Type: Total Deformation
Frequency: 11796 Hz
Unit: m



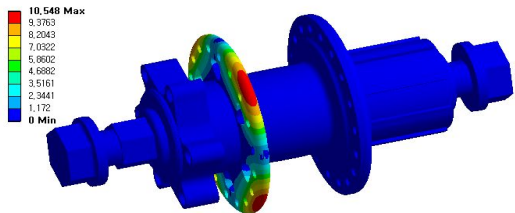
(c) Total deformation at mode 3

Total Deformation 6
Type: Total Deformation
Frequency: 16333 Hz
Unit: m



(f) Total deformation at mode 6

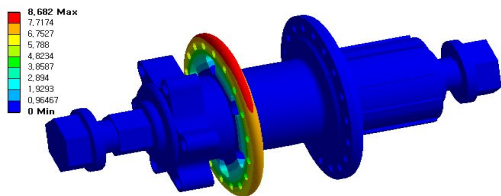
Total Deformation 4
Type: Total Deformation
Frequency: 12913 Hz
Unit: m



(d) Total deformation at mode 4

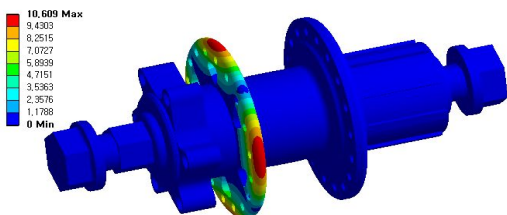
Fig. 5 Modal analysis of model 1

Total Deformation
Type: Total Deformation
Frequency: 11629 Hz
Unit: m

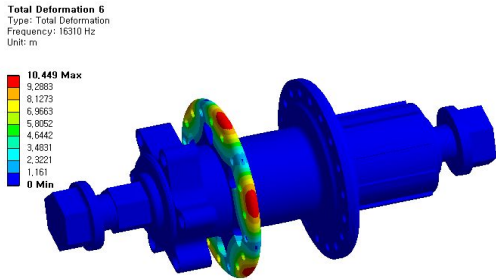


(a) Total deformation at mode 1

Total Deformation 5
Type: Total Deformation
Frequency: 12931 Hz
Unit: m

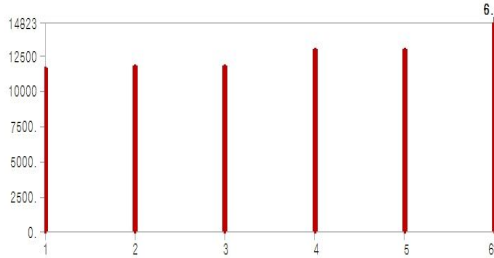


(e) Total deformation at mode 5

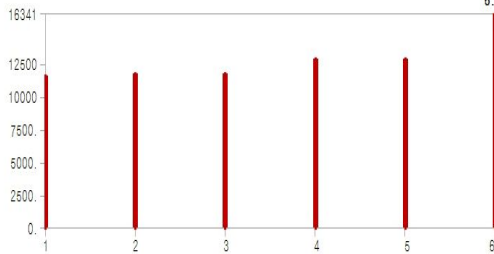


(f) Total deformation at mode 6

Fig. 6 Modal analysis of model 2



(a) Model 1



(b) Model 2

Fig. 7 Natural frequency due mode

4. 결론

본 연구는 자전거의 바퀴의 부품인 허브베어링의 형상에 따른 구조 및 진동 해석을 통하여 다음과 같은 해석 결과를 보았다.

1. 구조해석 결과 두 가지 모델 모두 프레임과 연결되는 체결 부위에서 최대 변형을 보였으며 그 값은 Model 1은 약 0.0000086mm이고, Model 2는 약 0.0000084mm이다. 즉, Model 2가 Model 1에

비하여 더 큰 하중을 견딜 수 있다고 사료된다.

2. 두 가지 모델 모두 중심축 양끝 부분에서 최대 등가응력이 발생한 것으로 보면, 중심축 양 끝에서 부품의 손상이 발생 할 수 있으며 고유진동해석 결과, 두 모델 공히 Mode 2에서 전변형량값이 가장 크게 나왔고 Mode 1에서 전변형량값이 가장 작게 나왔다. Mode 6 에서 가장 큰 진동수를 보이고 있고, Mode 2에서 가장 작은 진동수가 나타나는 것을 볼 수 있다.
3. 본 연구의 결과를 종합하여 자전거의 허브베어링 부품 설계에 응용한다면 그 파손 방지를 통한 내구성을 검토하여 그 설계에 유용하게 활용될 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Kim, Y. S., Cho, J. K., Kim, M. J., Cho, K. M., Hyun, and C. T., "A Productivity Analysis of Tower Crane Installation Progress Based on Simulation Technique", Journal of the Korea Institute of Building Construction, Vol. 10, No. 2, pp. 33-40, 2010.
2. Kim, T. J., Kee, Y. J., Kim, D. K. and Kim, S. H., "Fatigue Safe Life Analysis of Helicopter Bearingless Rotor Hub Composite Flexbeam", J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences, Vol. 47, No. 7, pp. 561-568, 2013.
3. Kim, S. H., Kang, S. W., Kim, M. H., Jang, Y. W., Ha, W. I. and Park, J. S., "Structural Stress and Fatigue Testing of Edge Details", Proceedings of KWJS Spring conference, pp. 267-269, 2004.
4. Lee, Y. S., Shin, K. H. Cheong, S. K., Choi, U. J. and Kim, Y. K., "Utilization of Finite Element Analysis in Design and Performance Evaluation of CFRP Bicycle Frames", Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A, Vol. 37, No. 1, pp. 121-127, 2013.

5. Han, M. S. and Cho, J. U., "Study on Bike Frame due to Nonuniform Fatigue Loads", Transactions of KSAE, Vol. 20, No. 3, pp.133-140, 2012.
6. Kim, H., Jo, M. H., Koo, J. Y., Lee, J. H. and Kim, J. S., "Virtual Dynamic Machining System for Chatter Detection and Avoidance", Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 23, No. 3, pp. 273-278, 2014.
7. So, S. H. and Kang, S. S., "Structural Analysis of Overloaded Multi-aerial Platform", Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 22, No. 6, pp. 901-907, 2013.
8. S. G. Han, Y. I. Shin, C. H. Yoon and C. K. Song, "Strength and Durability Analysis of the Double Planetary Gears", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 13, No. 5, pp. 28-34, 2014.
9. I. S. Son, C. H. Kim, S. H. Bae and J. Y. Lee, "Rescue Lift Development Using Structural Analysis", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 1, pp. 111-116, 2015.