

CAE 를 이용한 휠 내구성능 해석을 위한 연구 The Analysis of the Durability of the Wheel using CAE

*박재홍¹, #박태원², 정성필¹

*J. H. Park¹, #T. W. Park(park@ajou.ac.kr)², S. P. Jung¹

¹아주대학교 기계공학과, ²아주대학교 기계공학부

Key words : Durability of the wheel, Multiaxial loading test, Finite element analysis, Lateral load

1. 서론

자동차의 타이어와 휠은 차량의 하중을 지지하고, 노면에서 발생하는 충격을 완화함과 동시에 자동차 엔진의 동력, 제동력 등을 노면에 전달 하여 차량의 운동을 제어하는 역할을 한다. 이러한 휠의 내구성을 검증하는 방법으로는 굽힘 모멘트 내구 시험 (Cornering Fatigue Test) 과 반경 방향 부하 내구 시험 (Radial Fatigue Test) 이 있다. 하지만 이 두 가지 시험 모두 일 방향 단축 시험으로서 실제 차량과 노면 사이에서 일어나는 현상을 재현하는 데에는 한계가 있다. 본 논문에서는 기존의 시험방법들의 한계점을 극복하기 위하여 복합축내구시험을 모사한 CAE 를 사용한 해석기법을 제안하고자 한다. 복합축 내구 시험기는 기존의 일 방향 단축 시험과는 달리 횡 하중, 수직 하중 그리고 캠버각을 고려한 다축 시험이 가능하다.[1]

2. FE 모델 생성 및 시험 조건 적용

2.1 휠, 드럼, 타이어 유한요소 모델 생성

본 논문에서는 일반적인 중형차에 사용되는 17" 휠을 해석 대상으로 사용하였다. 또한 드럼과 타이어는 복합축 내구 시험기를 모사하기 위하여 임의로 생성하였다. Fig. 1 은 생성한 휠-타이어 조립체와 드럼을 보여준다.

2.2 복합축 내구 시험 조건 적용

휠과 타이어를 하나의 조립체로 만들기 위하여 휠의 림 부위를 고정조인트(fix)를 사용하여 타이어와 연결하였다. 그리고 휠-타이어 조립체와 드럼 사이에는 접촉(contact) 조건을 사용 하여 연결하였다. 휠에 각속도를 부여 하기 위하여 Fig. 1 과 같이 휠의 중심에 축방

향 노드(axis node)를 생성하고 이 노드와 휠의 러그홀 부위를 회전조인트(hinge)를 사용 하여 연결 하였다. 그 후 축방향 노드에 수직 하중과 횡 하중을 가함으로써 휠의 전체에 하중이 가해지도록 하였다. 마른 도로에서 차량의 타이어에 가해지는 마찰계수인 0.8 을 부여하여 실제 차량과 노면 사이의 현상을 유사하게 모사하였다. [2]

Fig. 2 는 본 연구에 사용되어진 차량의 제원을 나타낸다. 아래의 제원을 참고하여 차량 전륜의 수직하중과 횡 하중을 계산하였다. 식 (1)은 차량의 제동 시 전륜 동적 축하중을 나타낸다. 가속하는 모델의 스프링 상 중량에 대해서는 식 (2)와 같이 변경 할 수 있다

$$W_F = \frac{L_F}{L} \times W - \frac{h}{L} \times Wa \tag{1}$$

$$W_F = \frac{L_F}{L} \times W_s \tag{2}$$

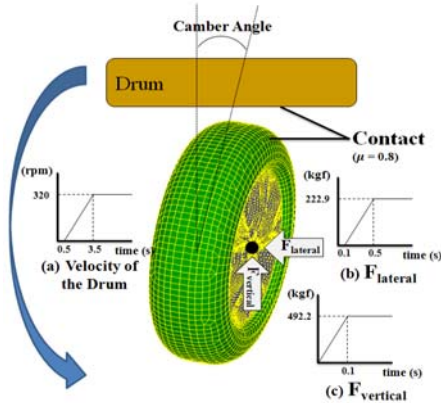


Fig. 1 Boundary condition of the multiaxial loading test

위의 식(2)를 사용하여 계산한 전륜에 가해지는 수직하중(W_F)은 492.2 kgf 가 된다.

$$W_L = \frac{L_F}{L} \times W \times 0.4 \quad (3)$$

식 (3)을 사용하면 차량의 전륜에 발생하는 횡하중(W_L)은 222.9 kgf 이다. 위에서 계산한 차량에 가해지는 횡 하중, 수직 하중 과 드럼의 각속도를 부여한 모델링은 Fig. 1 과 같다. 이때, 시스템의 전체적인 안정을 위하여 수직하중과 횡 하중을 부여하는 시점에 시간차를 두었으며 Fig. 1 의 그래프와 같이 일정한 기울기를 가진 함수(ramp function) 형태의 하중을 부여하였다.

3. 결과

복합축 시험 환경에서의 해석은 타이어와 드럼간에 발생하는 마찰력에 의해 타이어가 미끄러짐 없이 회전하는 것이 중요하다. Fig. 3 는 휠-타이어 조립체와 드럼의 회전 각속도 결과 그래프이다. 드럼의 반지름이 600 mm, 타이어의 반지름이 370 mm 로 드럼의 반지름 보다 1.62 배 크다. Fig. 3 에서 드럼의 회전 각속도가 1920 deg/s 일 때, 휠-타이어 조립체의 각속도가 3110 deg/s 로 회전 각속도의 비 또한 1.62 이므로, 드럼과 타이어간 미끄러짐 없이 타이어가 회전하고 있음을 알 수 있다

또한, Fig. 4 와 같이 최대응력이 발생하는 지점이 휠의 바디 부분에 집중되는 것으로 볼 때, 휠크랙이 휠의 다른 부분보다는 응력이 집중되는 바디 부분에서 발생 할 것으로 예상이 된다.

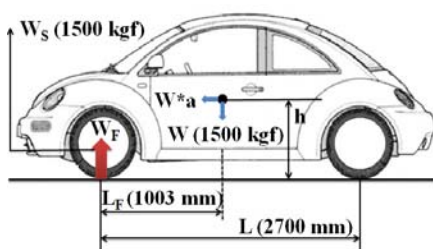


Fig. 2 Dynamic axle weight distribution of the vehicle

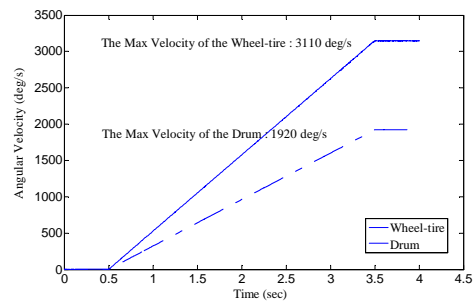


Fig. 3 Angular velocity of the wheel-tire & drum

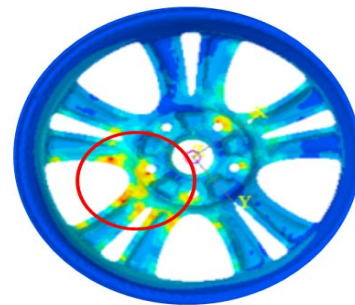


Fig. 4 Stress distribution of the wheel

4. 결론

본 연구에서는 상용프로그램인 SAMCEF 를 이용하여 다음과 같은 성과를 얻었다.

- 1) 휠-타이어 FE 해석을 위한 유한요소 모델을 생성 하였다.
- 2) 실차 해석과 유사한 환경을 모사하기 위하여 차량의 캠버각과 횡력을 고려하여 해석을 수행하였다.
- 3) 빠른 속도로 회전하는 휠의 회전 관성을 고려한 동역학적 해석을 수행하였다.
- 4) 다물체 동역학 해석 기술을 바탕으로 한 복합축 하중 조건을 구현하였다.

참고문헌

1. Ciavarella, M. and Monno, F., 2010, "A Comparison of Multiaxial Fatigue Criteria as Applied to Rolling Contact Fatigue", *Tribology international*, Vol. 43, pp. 2139~2144.
2. Thomas D. Gillespie, 1992, *Fundamental of Vehicle Dynamics*, SAE, USA, pp. 346~347.