

와이퍼블레이드러버의 윈드실드 접촉거동 경향 구조해석 Contact-Behavior Analysis between Wiperblade Rubber and Windshield

*정희진¹, #송경준², 김제현¹, 장준영², 소범식¹

*H. J. Jeong¹, #K. J. Song(kyoungjoon.song@capco.co.kr)², J. H. Kim¹, J. Y. Jang², B. S. So¹
¹경북하이브리드부품연구원, ²(주)캐프

Key words : Rubber, Wiper-blade, ansys, FEM, contact angle

1. 서론

자동차용 와이퍼 시스템 구성요소 중 와이퍼 블레이드는 윈드실드면 위에서 블레이드를 구성하는 구조물과 러버가 압의 누름압을 받아 유리면과 고무 사이에 적정 마찰력을 유지시켜 줄때 효과적인 닦임력과 내구 성능을 발휘하는데, 특히 곡면 유리에 주로 사용되어지는 현재의 블레이드는 곡면 적응성이 우수해야만 블레이드가 유리면과 분리되는 부분이 없이 접촉할 수 있다. 특히 와이퍼블레이드러버는 유리면과 직접적으로 접촉하여 유리면상의 물, 눈, 먼지등의 이물질을 닦아내는 가장 핵심적인 요소로써 와이퍼블레이드러버의 성능은 곧 와이퍼 시스템 전체의 성능을 대변한다고 할 수 있다.

러버의 단면형상과 재질은 유리면과 블레이드 사이의 접촉각을 일정 범위사이에서 유지 시키는 역할을 하며, 규정된 범위를 벗어나는 경우 마찰력의 증가와 블레이드 립의 떨림(chattering) 등 여러 문제를 야기하는 중요한 인자이다. 본 논문에서는 이러한 와이퍼 블레이드러버가 윈드실드면에 접촉하여 거동할 때의 경향을 전산해석을 통해 사전 규명함으로써, 러버설계의 사전신뢰성 검토를 수행하는 연구를 수행하였다.

2. 수학적 모델 연구

고무는 초탄성(Hyper-elastic model)의 성질을 가지며, 이는 탄성과 복원 특성이 우수하다는 의미로 해석할 수 있다. 초탄성의 성질은 일반적으로 낮은 응력에서도 높은 변형 경향을 보인다는 것인데, 변형률의 범위가 500% 이상이며, 해당값 미만일 경우 본래의 형상으로 회복되는 탄성의 성질을 나타내게 된다. 결국 이는 하중과 변형의 관계가 비선형으로 나타나게 된다는 의미이며, 미소한 변

형일 때를 제외하면, Young's Modulus로 표현할 수 없다.¹ 이러한 거동에 대해 변형을 에너지 포텐셜의 변화율이 응력에 대한 일률과 동일하다는 개념을 기반으로, 고무와 같은 초탄성재료의 거동을 기술하는 것이 일반적이며, 대표적인 수학적 모델로 Mooney Rivlin 모델, Ogden 모델, Yeoh 모델 등이 있다.

Mooney Rivlin 모델의 경우 비압축 초탄성체를 위한 일반 변형 에너지 방정식 모델로 제안되었으며, 이는 식(1)과 같은 다항식으로 표현될 수 있다.²

$$W = \sum_{i,j=1}^{\infty} C_{ij} (I_1 - 3)^i (I_2 - 3)^j \quad (1)$$

Yeoh Hyper-elastic model³은 아직 두 번째 변형 불변량 I_2 가 C로 일정하기 때문에 변형 에너지 함수에 기여하지 않는다는 가정하에 식(2)와 같이 Mooney Rivlin 모델의 일반 제형에서 과생되는 또 다른 모델로 제안되었다.

$$W = \sum_{i=1}^N C_{i0} (I_1 - 3)^i \quad (2)$$

구조 거동 경향을 예측하기 위해서는 하중 작용시 응력 및 변형률 분포를 합리적으로 시뮬레이션하는 것이 필요하며, 본 연구의 대상이 되는 와이퍼블레이드 러버의 비선형 거동 해석을 위해 상용 유한요소 프로그램인 Ansys Classic을 활용하였다. Ansys Classic은 고무와 같은 초탄성 재료의 비선형 구조해석을 위해 다양한 비선형 구성방정식(모델)을 제공하고 있으며, 본 연구에서는 Mooney-rivlin Model, Yeoh Model을 상호 비교 검토하여 최종적으로 개발 예정 와이퍼블레이드러버의 기초물성실험치(Stress-Strain curve data 도출 후 각 모델 적용 그래프 형상과 상호 비교)의 에 근거하여, 해당 Hyper-elastic Model에 적합한 Yeoh Model을 적용하였다.

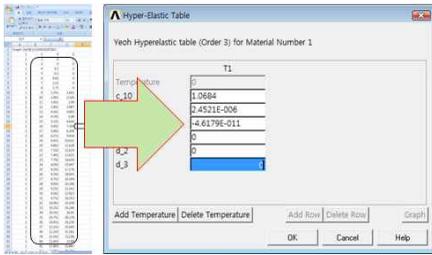


Fig. 1 Application of Yeoh model using Stress-Strain Curve data of rubber

3. 해석 수행 및 결과

구조해석의 유형은 윈드실드면과 와이퍼러버가 서로 접촉한 상태에서 와이핑 거동을 하는 환경을 모사하였으며, 이를 위해 비선형 접촉 거동의 경계조건을 부여하였다.

접촉유형은 Fig. 2와 같이 크게 고무와 고무 사이 6개 부위, 유리와의 고무 사이 2개 부위를 고려하였으며, 유리와의 고무사이의 마찰계수는 실험치에 근거하여 0.45의 값을 부여하였다.

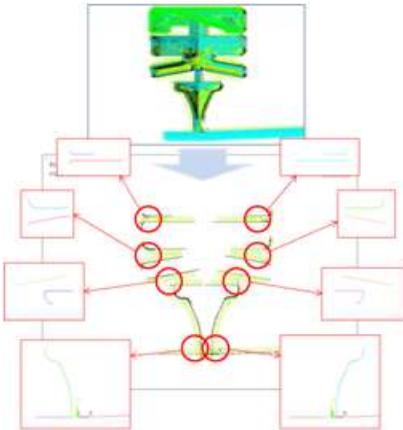


Fig. 2 Contact conditions for analysis

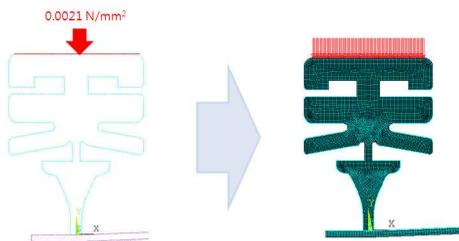


Fig. 3 Contact conditions for analysis

와이퍼 러버의 누름압은 와이퍼블레이드 커넥터 체결부위의 누름하중값을 단면형상에 적용하

기 위해 단위면적값으로 나누어 0.0021N/mm²의 값을 적용하였다. 또한 윈드실드면 거동을 위해 구동방향 강제변위를 주어 해석을 진행하였다.

해석결과 거동 주기중 최대 57°의 접촉각 경향을 보임을 확인할 수 있었다.

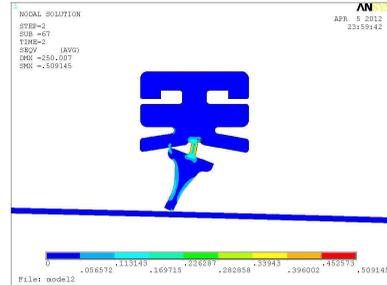


Fig. 4 Contact angle that Max. stress is 0.509MPa

4. 결론

본 연구를 통해 초탄성재료인 고무를 적용한 와이퍼블레이드러버가 자동차전면유리에 접촉하여 와이핑거동을 할 때 러버의 접촉각 및 동적구조 안정성을 예측하기 위한 비선형 접촉 구조해석을 수행하였다. 기존의 와이퍼러버 거동해석에 Mooney Rivlin 모델을 주로 활용하는데 반해 이번 연구에서는 실험치에 근거한 YEOH 모델을 적용하여 해석 결과를 도출하였다.

후기

본 연구는 지식경제부 지역산업기술개발사업(과제번호: 70011328) 수행을 통해 도출된 결과입니다.

참고문헌

1. Li-Rong Wang, Zhen-Hua Lu, "Modeling Method of Constitutive Law of Rubber Hyperelasticity Based on Finite Element Simulations", Rubber Chemistry and Technology, vol.76, p271-286, 2003.
2. M. Wadham-Gagnon, P. Hubert, M.P. Paidoussis, C. Semler, D. Lavoie, "Hyperelastic Modeling of Rubber in Commercial Finite Element Software (ANSYS)", 51st SAMPE International Symposium, Long Beach, CA, 2006.
3. Yeoh, O. H., "Some forms of the strain energy function for rubber," Rubber Chemistry and technology, Volume 66, Issue 5, November 1993, Pages 754-771.