

# 플랫타입 와이퍼 블레이드의 동적 모델링을 통한 누름압 해석 Analysis of contact pressure of flat-type wiper blade by dynamic modeling

\*김육현<sup>1</sup>, #박태원<sup>2</sup>, 정성필<sup>1</sup>, 이수인<sup>1</sup>, 옥창국<sup>1</sup>, 정원선<sup>3</sup>  
\*W. H. Kim<sup>1</sup>, #T. W. Park(park@ajou.ac.kr)<sup>2</sup>, S. P. Jung<sup>1</sup>, W. S. Chung<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>아주대학교 기계공학과 대학원, <sup>2</sup>아주대학교 기계공학부, <sup>3</sup>자동차부품연구원

Key words : Wiper, Blade, Contact, Dynamic Modeling

## 1. 서론

자동차의 전/후방 유리면에 장착된 와이퍼는 비, 눈, 먼지 등을 닦아내어 운전자의 시야를 확보하는 역할을 한다. 따라서 와이퍼의 성능은 곧 운전자 및 동승자의 안전과 직결이 되는 요소라고 할 수 있다. 와이퍼가 좋은 성능을 내기 위해서 블레이드가 윈드실드 면과 잘 맞닿아야 한다. 이를 위해 와이퍼 블레이드는 균일한 누름압을 받으면서 윈드실드 면과 접촉해 있어야 한다. 따라서 와이퍼의 성능은 블레이드의 누름압 분포와 매우 밀접한 관련이 있다고 할 수 있고, 이에 대한 연구는 필수적이라고 할 수 있다. 균일한 누름압을 가지는 와이퍼 시스템을 설계하기 위해서는 동적 상태의 와이퍼 시스템에 대한 모델링이 먼저 이루어져야 한다. 이번 연구에서는 이러한 분석을 위해 동적 상태의 플랫 타입 와이퍼 누름압 모델을 구성하여 그 결과를 보였다.

## 2. 와이퍼 시스템의 모델링

이번 연구에서는 플랫타입 와이퍼 시스템을 모델링하였다. 와이퍼는 크게 암과 블레이드 부분으로 구성되어 있다. 블레이드는 윈드실드면과 강체-유연체(rigid-flexible) 접촉(Contact)을 한다. 이를 구현하기 위해 Samcef[4]를 이용하여 모델링을 하였다.

### 2.1 암 모델링

암 부분은 Fig.1 에서 보는 것과 같이 헤드(Head)와 로드(Rod)로 구성되어 있다. 두 부분의 재질은 모두 강철로 설정하였고, 물성치는 Table 1 에 나타나 있다. 헤드 부분은 차량과 지면에 대한 회전 조인트(Ground hinge)로 연결되어 있다. 그리고 헤드와 로드, 로드와 후크(Hook)는 회전 조인트(Hinge)로 연결되어 있다. 와이퍼가 실제 운동과 같이 회전을 할 수 있도록 Fig.3 와 같이 시간에 따른 회전각을 설정하였다. 또한 헤드와 로드는 Fig.2 와 같이 스프링(Spring)요소를 이용하여 연결되어 있다. 스프링의 제원은 Table 2 에 나타나 있다. 스프링의 힘은 후크 부분을 통해서 블레이드로 전달된다.

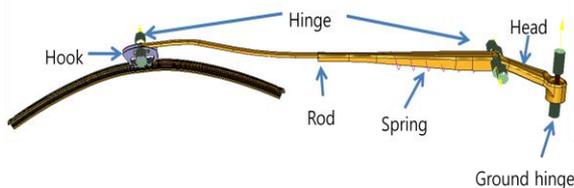


Fig. 1 Arm parts

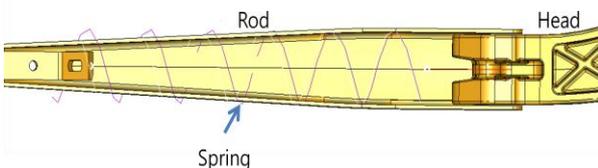


Fig. 2 Spring components

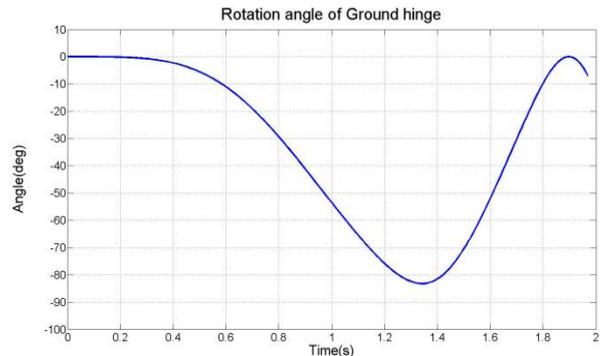


Fig.3 Motion of wiper arm head

Table 1 Material property of parts

Part	Young's modulus (Gpa)	Density (kg/m <sup>3</sup> )
Arm	210	7800
Hook	210	7800
Body spring	200	7800

Table 2 Material property of spring

Part	Stiffness (N/mm)	Damping Coefficient (Nmm/s)
Spring	10.7	150

### 2.2 블레이드(Blade) 모델링

블레이드 부분의 후크 및 바디스프링(Bodyspring)의 재질은 강철로 설정하였고, 물성치는 Table 1 에 나타나 있다. 후크는 암로드에 대해서 회전 운동만 가능한 회전 조인트로 연결되어 있다. 바디 스프링은 후크에 대해서 고정(Fixed)조건으로 연결되어 있다. 바디 스프링과 블레이드 사이에는 블레이드를 장착하는 레일(Rail)이 있다. 레일과 바디스프링, 블레이드와 레일은 각각 점착(Glue)조건으로 연결이 되어 있다. 고정 조건을 사용하면 노드(node)들이 강체와 같이 움직이게 된다. 하지만 점착 조건을 사용하면 노드들이 유연체와 같이 움직임이 가능해져서 블레이드에 구속 조건을 주기에 알맞다. 후크를 통해 전달된 스프링의 힘은 바디스프링으로 전달되고, 바디스프링이 블레이드를 윈드실드 면에 접촉시키면서 누름압이 발생한다.

블레이드와 같이 유연성이 있는 시스템을 해석할 경우에는 부품의 유연 효과를 고려해야 한다. 블레이드에 사용되는 고무는 프와송비(Poisson's ratio)가 0.5 에 가까워서 큰 변형을 하는 초탄성 비압축성 재질이다. 따라서 블레이드의 재질은 초탄성으로 설정하고, 물성치는 Mooney-Rivlin 함수를 이용하여 나타내었다. 주어진 변형률에 대한 고무에서의 응력은 변형률 에너지 함수를 미분하여 얻어진다. Samcef 에서 사용하는 Mooney-Rivlin 함수는 식 (1)과 같다.

$$W(I_1, I_2, I_3) = \sum_{K+L=1}^N a_{KL} (I_1 - 3)^K (I_2 - 3)^L + \frac{1}{2} K (I_3 - 1)^2 \quad (1)$$

모델링에 사용된 Mooney-Rivlin 함수의 계수는 2 차항까지 사용하였으며, 그 값들은 Table 3 에 나타나 있다.

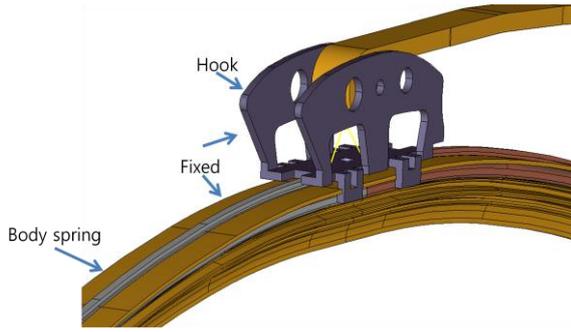


Fig.4 Blade constraints

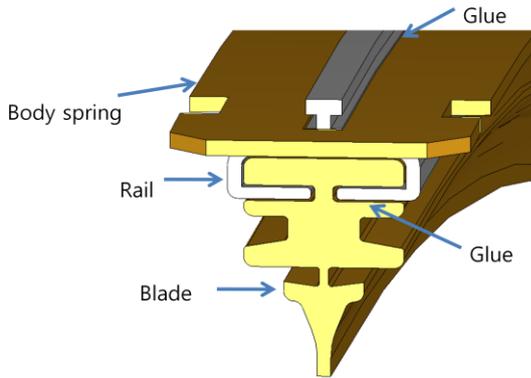


Fig.5 Blade constraints

Table 3 Mooney-Rivlin coefficients

Components	Coefficient(Mpa)
Mooney-rivlin Coefficient	$a_{10} = 0.5888$ $a_{01} = 0.03056$
Compressibility Coefficient	30.5546

2.3 접촉 모델링

블레이드는 윈드실드면과 접촉이 일어나는 운동을 하게 된다. 따라서 블레이드의 면과 윈드실드 면 사이에 접촉조건이 부여된다. 윈드실드면은 강체라고 볼 수 있다. 윈드실드면의 각 점들의 좌표를 이용하여 이 점들을 이용한 평면을 만들었다. 그리고 윈드실드면과 접촉하는 블레이드의 면을 Fig.6 와 같이 강체-유연체 접촉 조건을 부여하였다.

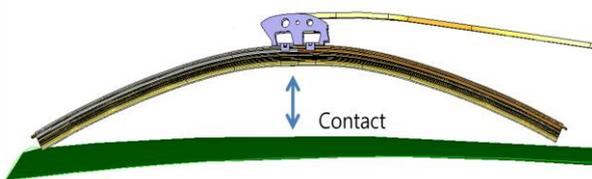


Fig.6 블레이드 접촉 조건

3. 누름압 해석

3.1 2 차원 누름압 해석

2 절의 모델링을 바탕으로 블레이드의 단면을 이용한 2 차원 해석을 수행하였다. Fig.7 와 같이 2 차원 와이퍼 시스템을 모델링하였다. 블레이드가 이동 중에 윈드실드면과 접촉이 일어나고 그에 따라 블레이드의 끝부분에서 누름압이 발생하게 된다. 누름압은 블레이드의 바닥면의 한 점에서의 누름압을 측정하였다. Fig.8 의 결과를 보면 블레이드가 윈드실드면과 접촉하는 순간 큰 누름압이 발생하였다가

일정한 값으로 수렴하는 것을 볼 수 있다.

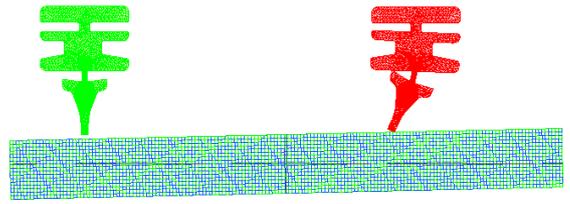


Fig. 7 2 차원 와이퍼 시스템

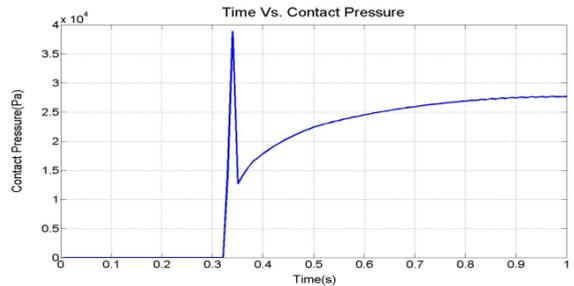


Fig. 8 블레이드의 누름압

3.2 3 차원 누름압 해석

위의 과정을 거쳐 Fig.9 과 같은 3 차원 와이퍼 시스템을 모델링하였다. 블레이드는 스프링의 힘에 의해 윈드실드면에 접촉된 채로 운동을 하고, 블레이드의 바닥면 부분에 누름압이 발생한다. 해석된 결과를 통해 와이퍼 시스템이 작동할 때 블레이드의 누름압을 예측할 수 있다.

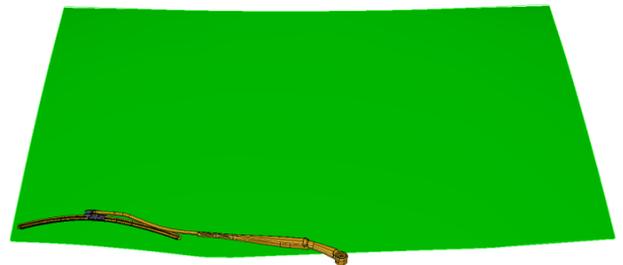


Fig. 9 3 차원 와이퍼 시스템

5. 결론

본 연구에서는 와이퍼의 성능을 대변하는 누름압의 분포를 예측할 수 있도록 동역학 모델을 구성하였다. 와이퍼 시스템의 모델을 구성하기 위해서 Samcef 를 이용하여 각각의 링크와 블레이드의 운동과 구속조건을 정의하였다. 그리고 블레이드의 유연성을 고려한 고무 모델링을 하였다. 이를 이용하여 모델에 대한 해석을 수행하여 와이퍼 동작시의 블레이드의 누름압을 예측할 수 있었다. 이를 실험값과 비교해보고 와이퍼 시스템의 설계 과정에 반영하면 현재의 실험적 방법보다 신뢰성 있는 와이퍼 시스템을 설계할 수 있다.

참고문헌

1. James E. Mark, Burak Erman, Frederick R. Eirch, "고무과학과 기술", MRC 미래컴, 13-14, 2001.
2. 이병수, 신진용, "와이퍼 블레이드의 누름압 해석", 한국자동차공학회지, 14, 51-57, 2006
3. 김현영, 방원준, 김재수, "자동차용 고무 부품에 대한 대변형 유한요소 해석", 한국자동차공학회지, 춘계학술대회, 5-7, 1992
4. Samcef User manual V12.1, Samtech, Belgium