

<학술논문>

DOI:10.3795/KSME-A.2010.34.7.837

# 플랫 타입 와이퍼 블레이드의 동적 해석을 통한 누름압 예측

김옥현\* · 박태원\*† · 채장범\* · 정성필\* · 정원선\*\*

\* 아주대학교 기계공학과, \*\*자동차부품연구원

## Estimation of Contact Pressure of a Flat Wiper Blade by Dynamic Analysis

Wook Hyeon Kim\*, Tae Won Park\*†, Jang Bom Chai\*, Sung Pil Jung\*  
and Won Sun Chung\*\*

\* Dept. of Mechanical Engineering, Ajou Univ.

\*\* Korea Automotive Technology Institute

(Received November 24, 2009 ; Revised May 24, 2010 ; Accepted May 27, 2010)

**Key Words:** Wiper(와이퍼), Contact pressure(누름압), Blade(블레이드), Hyperelastic(초탄성)

**초록:** 차량의 유리면에 설치된 와이퍼 시스템은 비나 눈이 올때 운전자의 시야를 확보해주는 중요한 도구이다. 블레이드는 유리면 위의 물체를 닦아내는 가장 중요한 도구이다. 와이퍼 암의 스프링이 블레이드를 유리면 위에 누를 때, 적절한 누름압이 유지되어야 최적의 성능을 얻을 수 있다. 이번 연구에서는 전체 와이퍼 시스템에 대한 동적 해석이 이루어졌다. 상용 구조 동역학 해석 프로그램인 SAMCEF를 이용하여 와이퍼 시스템의 3차원 유한 요소 모델이 생성되었다. 동적 상태에서 블레이드의 누름압의 분포가 계산되었다. 그리고 시뮬레이션 결과를 실험 결과와 비교를 하였다. 이번 연구의 결과를 이용하여 블레이드의 누름압 분포를 예측해 볼 수 있다.

**Abstract:** The wiper system of a vehicle is important because it wipes the windshield, thereby enabling drivers to see through the windshield even under conditions of rain and snow. The blade is the key component of the wiper system because it wipes the windshield. When wiper-arm spring causes the blade to be pressed on the windshield optimum performance of wiping can be achieved when appropriate contact pressure is maintained. In this study, a dynamic analysis of the wiper system is carried out. A three-dimensional finite-element model of the wiper system is generated using SAMCEF, a commercial structural dynamic analysis program. The distribution of the contact pressure of the blade in its dynamic state is calculated. The simulation result is compared to the experiment result. Using the results of this study, the contact pressure of the blade can be estimated.

### 1. 서 론

와이퍼는 차량의 유리면에 장착되어 유리면위의 비, 눈, 먼지 등을 닦아내어 운전자의 시야를 확보하는 역할을 한다. 와이퍼가 좋은 성능을 내기 위해서는 블레이드가 적절한 누름압을 받으면서 유리면과 잘 맞닿아 있어야 한다. 따라서 와이퍼의 성능은 블레이드의 누름압 분포와 밀접한 관련이 있다고 할 수 있다. 현재 국내 와이퍼 제조 업체에서는 여러 해석 프로그램을 이용하여 CAE 기법으로 와이퍼 블레이드의 누름압 분포를 예측하고 있다. 하지만 단순히 유한요소 프로그램을 이용한 정적 해석으로 각 단품에 대한 구조

해석을 실시하는 데에 머물러 있어 전체 와이퍼 시스템에 대해서는 실험으로 성능을 예측하는 수준에 머물러 있다.

따라서 전체 와이퍼 시스템의 성능 예측에 대한 필요에 따라 다양한 연구가 진행되어 왔다. Lee 등<sup>(1)</sup>은 정적 상태의 와이퍼 시스템에 대한 해석을 통하여 블레이드에 발생하는 누름압을 해석하였다. Yoon 등<sup>(2)</sup>은 플랫 타입 와이퍼 시스템의 스프링 레일의 곡면 형상식을 유도하여 스프링 레일의 최적의 곡률 좌표를 유도하였다. Choi 등<sup>(3)</sup>은 와이퍼 기구에 대한 최적 설계를 진행하여 크랭크 암에 대한 최적화를 진행하였다. Kim 등<sup>(4)</sup>은 압전 센서를 이용하여 블레이드에 발생하는 접촉압을 측정하는 연구를 진행하여 와이퍼의 회전 각도 별로 발생하는 접촉압을 정리하였다.

† Corresponding Author, park@ajou.ac.kr

Rho 등<sup>(5)</sup>은 블레이드 고무의 표면 처리에 따른 특성에 대한 연구를 진행하여 그에 따른 고무 표면의 마모 특성의 변화를 보았다.

이상의 연구들은 모두 정적인 상태에서 이루어져왔기 때문에 와이퍼 시스템이 작동 상태일 때 블레이드의 누름압과 각 구성 부품들의 변형 및 영향에 대한 연구가 필요한 실정이다.

따라서 이번 연구에서는 작동 상태의 와이퍼 시스템을 모델링하여 블레이드에 발생하는 누름압을 예측하여 보았다. 그리고 이를 실제 차량에서 발생하는 블레이드의 누름압을 측정하여 모델링의 신뢰성을 검증하였다.

## 2. 와이퍼 시스템의 모델링

와이퍼는 크게 암(Arm)과 블레이드(Blade) 부분으로 구성되어 있다. 암은 와이퍼 모터의 회전에 따라 블레이드를 회전시키는 역할을 한다. 또한 블레이드는 차량의 유리면과 강체 - 유연체(Rigid - Flexible) 접촉(Contact)을 한다. 이번 연구에서는 SAMCEF<sup>(6)</sup>를 이용하여 와이퍼 시스템의 이러한 특성을 모델링하였다.

### 2.1 암 모델링

암 부분은 Fig. 1에서 보는 것과 같이 헤드(Head)와 로드(Rod)로 구성되어 있다. 헤드와 로드 사이에는 스프링이 삽입되어 있어서 헤드와 로드 사이의 상대각(Relative angle)에 따라 스프링이 인장된다. 이로 인해 발생하는 스프링의 압축력이 로드를 통해 블레이드로 전달되어 블레이드를 윈드실드에 압착시킴으로써 블레이드에 누름압이 발생하게 된다. 두 부분의 재질은 모두 강철로 설정하였고, 그 물성치는 Table 1에 나타나 있다. 그리고 스프링에 대한 정보가 Table 2에 나타나 있다. 헤드 부분은 차량과 회전 조인트(Ground hinge)로 연결되어 있다. 그리고 헤드와 로드, 로드와 후크(Hook)는 회전 조인트(Hinge)로 연결되어 있다. 후크는 블레이드를 암과 연결시켜주는 역할을 한다. 와이퍼 시스템이 실제 운동과 같이 회전할 수 있도록 헤드 부분의 회전 조인트에 Fig. 2와 같이 시간에 따른 회전각을 설정하였다.

Table 1 Material property of parts

Part	Young's modulus (GPa)	Density (Kg/m <sup>3</sup> )	Poisson's ratio ( $\nu$ )
Arm	205	7800	0.3
Hook	205	7800	0.3
Body spring	205	7800	0.3

Table 2 Information of spring element

Components	Value
Stiffness (N/mm)	49
Free length (mm)	120
Current length (mm)	140

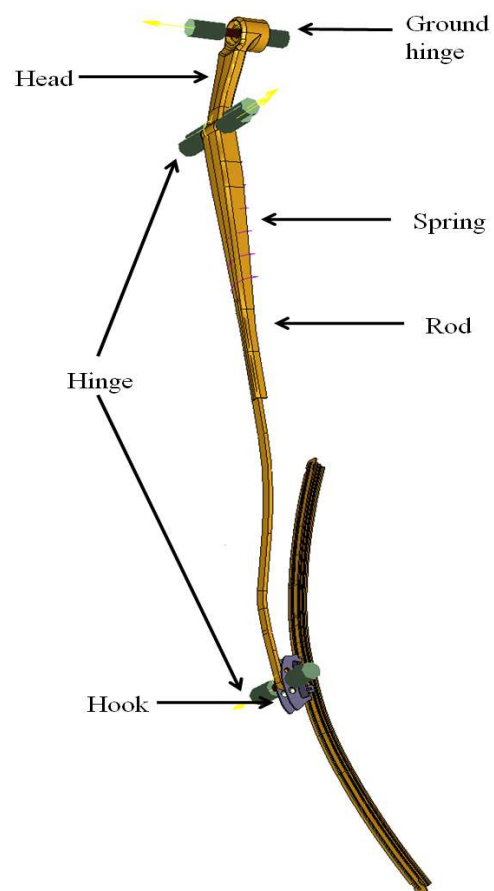


Fig. 1 Structure of the flat type wiper system

2.2 블레이드 모델링

2.2.1 블레이드의 구속조건

Fig. 3와 같이 블레이드 부분은 고무 블레이드, 레일(Rail), 바디스프링(Body spring)으로 구성되어 있다. 레일과 블레이드는 모두 유연체로 설정하였고, 각 부분들은 점착(Glue)조건으로 설정하였다. 그리고 이 부분은 암 부분과 후크를 통하여 연결된다. 후크 및 바디스프링의 재질은 강철로 설정하였고, 그 물성치는 Table 1에 나타나 있다. 바디스프링은 유연체, 후크는 강체로 설정하였고, Fig. 4와 같이 고정 (Fixed) 조건을 설정하였다.

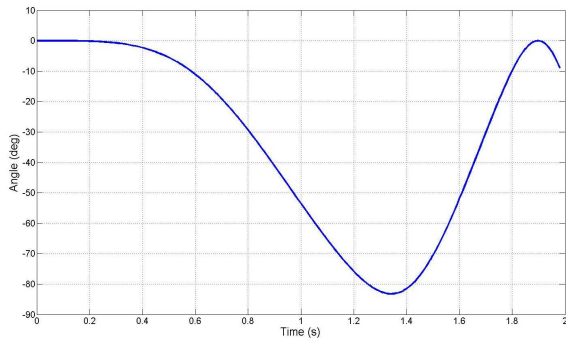


Fig. 2 Motion of wiper arm

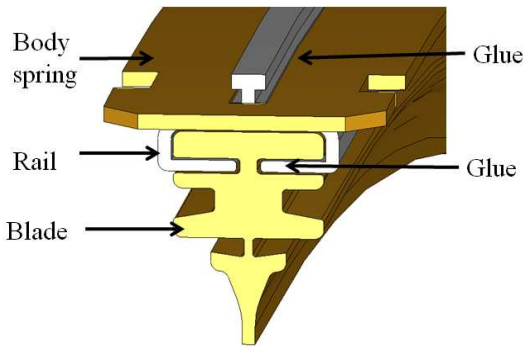


Fig. 3 Components of blade part

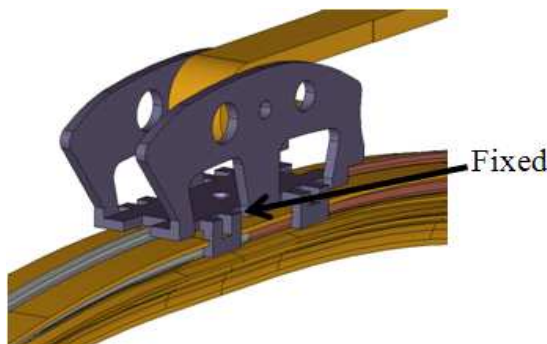


Fig. 4 Constraints between hook and body spring

2.2.2 블레이드 고무 모델

블레이드에 사용되는 고무는 하중과 변형이 비선형 관계를 보이고 대변형 범위에서도 탄성 거동을 나타내는 초탄성 특성을 보인다. 블레이드 고무가 비교적 작은 변형 영역에서 사용되므로 Mooney-Rivlin 모델을 이용할 수 있다. Mooney-Rivlin 모델의 변형률-에너지 함수는 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$W = a_{10}(I_1 - 3) + a_{01}(I_2 - 3) \quad (1)$$

식 (1)에서  $a_{10}$ 과  $a_{01}$ 은 Mooney-Rivlin 상수로서 재료시험으로부터 얻어진 하중 - 변형 관계에 의해 결정된다. Fig. 5에는 인장 시험 결과와 계산된 변형률 에너지 함수를 나타내었다. 신장률이 100%일 때까지 Mooney-Rivlin 모델은 실험값과 매우 잘 일치하는 것을 알 수 있다. 블레이드 고무는 비교적 작은 변형 영역에서 사용되므로 계산된 변형률 에너지 함수를 이용하여 Mooney-Rivlin 상수값을 결정하였다.<sup>(7-9)</sup> 이 상수값들은 Table 3에 나타내었다.

2.3 접촉 모델링

블레이드는 바디 스프링의 힘에 의해서 유리면과 접촉을 하게 된다. 유리면은 실제 차량의 유리면을 3차원 측정하여 얻어진 점들의 좌표를 이용하여 구현하였다. 블레이드는 유연체이지만 유리면은 강체라고 볼 수 있다. 유리면과 블레이드 유

Table 3 Material property of blade rubber

Components	Value
Mooney-Rivlin Coefficient (MPa)	$a_{10} = 0.5888$ $a_{01} = 0.03056$

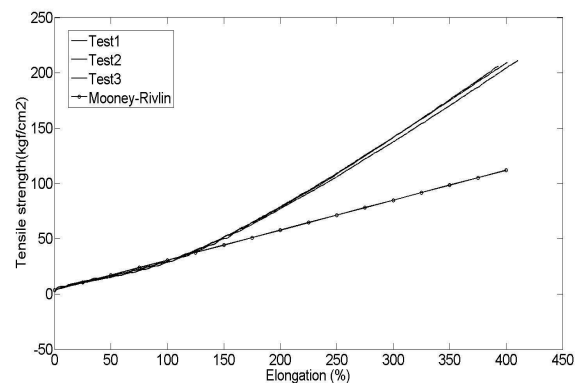
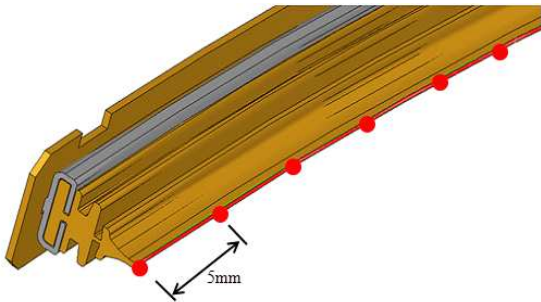


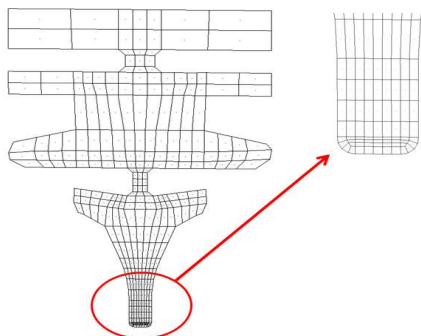
Fig. 5 Test result of rubber material

**Table 4** FE information of parts

	Arm	Body spring	Rail	Blade
절점수	Rigid body	2016	4264	31488
요소수		826	2240	24880
요소형태		Hexahedron		



**Fig. 6** Contact measure point of blade



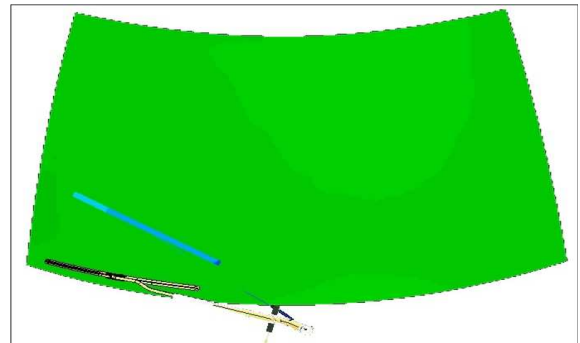
**Fig. 7** Elements of cross-section of blade

한요소 모델의 최하단부에 접촉 조건을 설정하여 해석 과정에서 블레이드와 유리면은 강체 - 유연체 접촉을 하게 된다. 해석 결과에서 블레이드에서 발생하는 누름압을 알아보기 위해 Fig. 6과 같이 블레이드 유한요소 모델에 발생하는 힘을 5mm 간격으로 측정하였다.

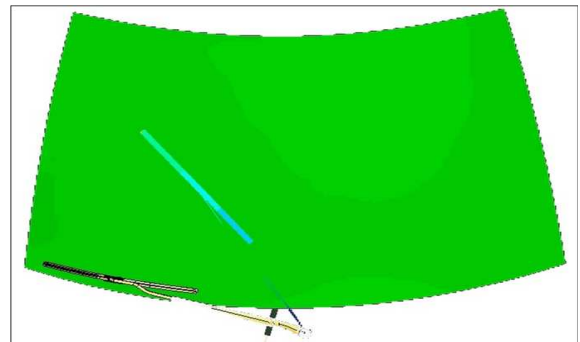
### 3. 누름압 해석 및 실험

#### 3.1 누름압 해석

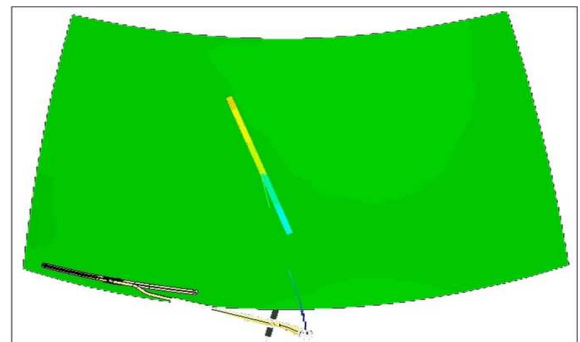
바디스프링, 레일 그리고 블레이드 부분은 유연체로 설정하였으므로 이 부분에 대한 유한 요소 모델을 생성하였다. Table 4에 유한요소 모델에 대한 정보가 나타나 있다. Fig. 7에서는 블레이드 단면의 유한 요소 형상을 볼 수 있다. Fig. 8에는 블레이드가 움직이는 모습을 몇 가지 회전각에 따라 나타내었다.



(a) 30 degree rotation



(b) 45 degree rotation



(c) 60 degree rotation

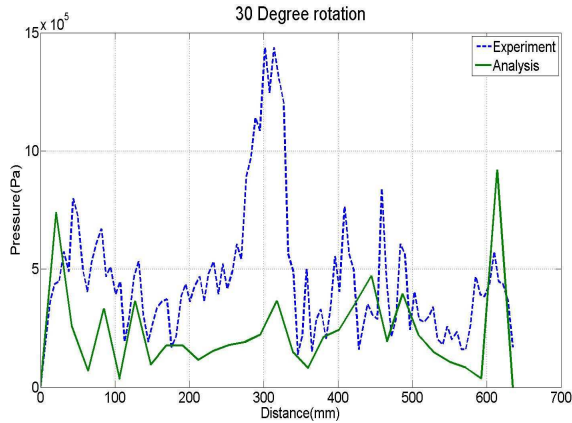
**Fig. 8** Motion of wiper system



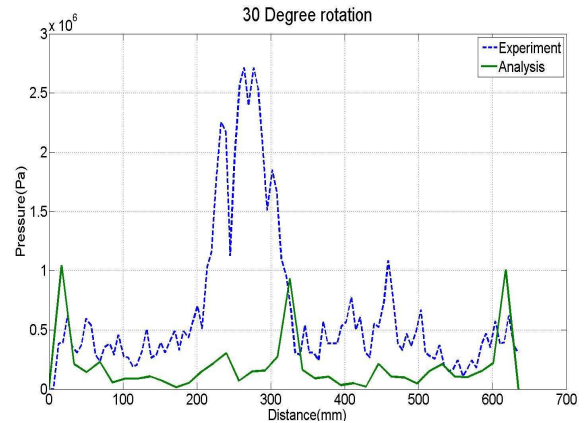
**Fig. 9** Device for contact pressure measurement

#### 3.2 누름압 측정

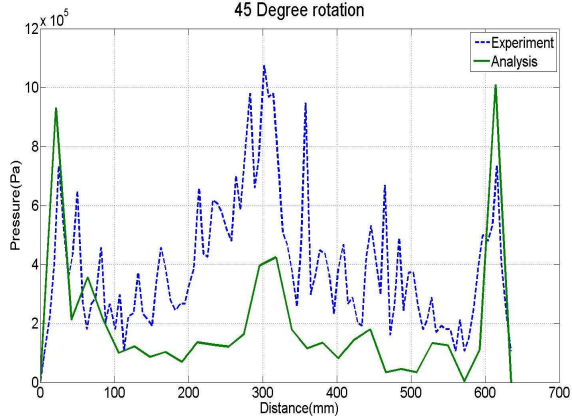
실제 차량에서 와이퍼 시스템의 누름압을 측정하기 위해 Fig. 9과 같은 측정 장비를 구성하였



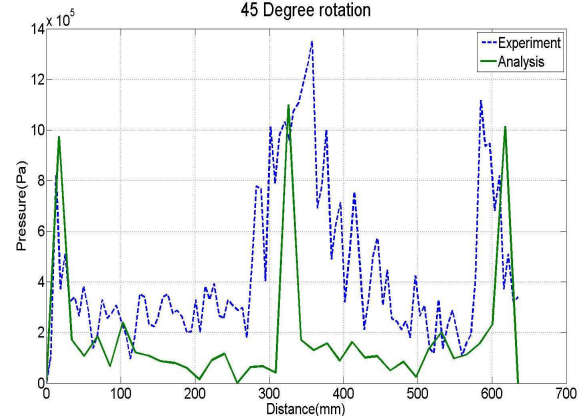
(a) 30 degree rotation



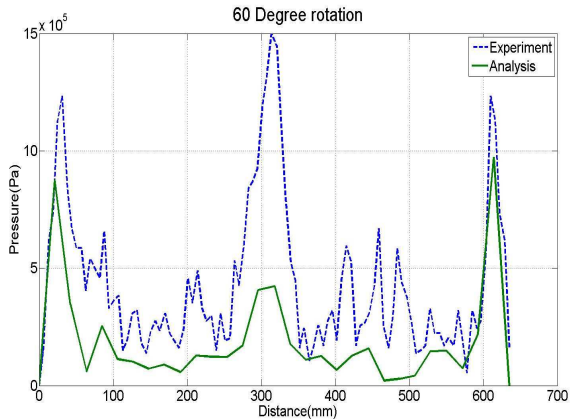
(a) 30 degree rotation



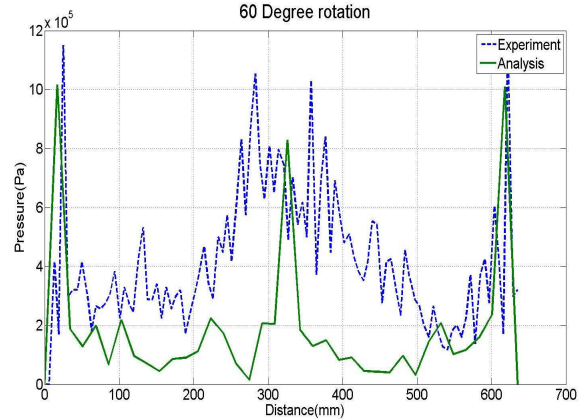
(b) 45 degree rotation



(b) 45 degree rotation



(c) 60 degree rotation



(c) 60 degree rotation

Fig. 10 Comparison of results in opening

Fig. 11 Comparison of results in closing

다. 측정 결과를 시뮬레이션 결과와 비교하기 위해 블레이드에 5mm 간격으로 압전 센서를 부착하고, 컴퓨터를 이용하여 데이터를 수집하였다. 와이퍼의 상향과 하향시에 각각 3번씩의 실험을 하고 실험 결과 값들의 평균을 구하여 데이터의 신뢰성을 확보하였다. 아직 와이퍼가 작동 시에 블레이드에 발생하는 누름압을 측정하는 실험 방

법이 구성되어 있지 않다. 따라서 실험은 와이퍼를 30°, 45°, 60°로 회전을 시킨 정적 상태에서 블레이드에 발생하는 누름압을 측정하였다.

### 3.3 시뮬레이션 결과와 실험 결과 비교

앞서 구했던 시뮬레이션 결과와 실제로 블레이드에 발생하는 누름압과 비교를 하여 Fig. 10, 11



에 나타내었다. Fig. 10, 11을 보면 와이퍼의 상향과 하향 시에 30°, 45°, 60°로 회전시의 블레이드에 발생한 누름압 값이 나타나 있다.

또한 블레이드의 한쪽 끝을 기준으로 길이 방향으로 블레이드에 발생하는 누름압 값을 나타내었다. 전체적으로 블레이드의 양 끝과 가운데 부분의 누름압이 높게 나타나 있고 그 사이의 부분들은 낮게 나타나는 경향이 비슷한 것을 볼 수 있다. 하지만 실험값과 해석값이 일치하지 않는 것은 실험값은 정적 상태의 블레이드의 누름압을 측정된 값이고, 해석은 동적 상태에서 진행되었기 때문으로 판단된다. 이는 블레이드가 작동 중에 유리면과 접촉하여 발생하는 마찰이나 고무의 특성 등에 의해 다른 값을 보인다고 추정된다. 추후 연구를 통해 측정 결과와 시뮬레이션 결과가 다른 원인에 대한 정확한 분석이 필요하다.

#### 4. 결 론

이번 연구에서는 와이퍼의 성능을 나타내는 블레이드의 누름압 분포를 예측할 수 있는 동역학 모델을 구성하였다. 그리고 그 결과를 실험 결과와 비교하여 시뮬레이션 결과의 신뢰성을 확보할 수 있었다.

(1) 동적 상태의 와이퍼 시스템의 누름압을 예측하기 위해 시스템의 각 부분에 대한 운동과 구속 조건을 정의하고 해석 모델을 생성하였다.

(2) SAMCEF를 이용하여 와이퍼 블레이드, 레일, 바디 스프링을 유연체로 모델링하였다. 그리고 이 부분들의 유한 요소를 생성하여 유연 효과를 고려하였다.

(3) 실차에서 와이퍼 시스템에 발생하는 정적인 누름압을 측정하여 해석 결과와 비교하여 그 경향이 비슷한 것을 볼 수 있었다.

(4) 해석 결과의 신뢰성을 확보하기 위해서는 동적 상태의 와이퍼 시스템의 누름압을 측정할 수 있는 실험 방법 및 실험 장비의 개발을 통해 와이퍼

작동시의 누름압을 측정하는 것이 필요하다.

#### 참고문헌

- (1) Lee, B. S. and Shin. J. Y., 2006, "Contact Pressure Analysis of a Windshield Wipe Rblade," *Trans. of KSAE*, Vol. 14, No. 3, pp. 51~57.
- (2) Yoon, Y. S. and Kim, C., 2006, "The Curve Equation of a Flat Wiper Spring Rail Inducing Uniformly Distributed Loads," *Spring conference proc. by KSAE*, Vol. 2, pp. 1303~1307.
- (3) Choi, J. H., Choi, D. H., Suh, M. W. and Suh J. W., 1995, "Optimum Design of Wiper Mechanisms Consisting of Two RSSR Mechanisms," *Journal of KSME*, Vol. 19, No. 3 pp. 1573~1580.
- (4) Kim, D. H., Park, S. H., Kim, Y. H. and Kim J. H., 2000, "Contact Pressure Measurement of Windshield Wiper Blade using Piezoelectric Sensor," *Spring Conference proc. by KSAE*, No. 2, pp. 463~467.
- (5) Rho, S. B., Lim, M. A., Park, J. K. and Son J. I., 1998, "The Characteristics of Wiper Blade Rubber with Surface Treatments," *Elastomer*, Vol. 33, No. 1, pp. 27~36.
- (6) SAMCEF Field Online Help Version 6.3, 2008, Samtech Corporation.
- (7) Kim, K. W. and Kim, N. W., 2006, "Prediction of Strain Energy Function for Butyl Rubbers," *Journal of KSME(A)*, Vol. 30, No. 10, pp. 1227~1234.
- (8) Treloar, L. R. G. 1975, *The Physics of Rubber Elasticity*, 3rd Ed., Clarendon, Oxford.
- (9) James E. Mark, Burak Erman and Frederick R. Eirch, 2001, *Rubber Science and Technology*, MRC Miracom, pp. 13~14.