한국소음진동공학회논문집 제 18 권 제 4 호, pp. 465~472, 2008.

자동차 와이퍼 링키지의 진동해석을 위한 동역학 모델링

Automotive Windshield Wiper Linkage Dynamic Modeling for Vibration Analysis

이 병 수†

Byoungsoo Lee

(2008년 2월 25일 접수 ; 2008년 3월 31일 심사완료)

Key Words : Automotive Windshield Wiper(자동차 유리 와이퍼), Wiper Linkage(와이퍼 기구), Vibration(진동), Noise(소음), Dynamic Modeling(모델링), Multibody Dynamics(다물체 동역학), Contact(접촉), Simulation(모사)

ABSTRACT

An automotive windshield wiper system is modeled mainly for vibration analysis purpose. The model is composed of solid links, ideal joints, imperfect joints to simulate unavoidable manufacturing defects and bushings having stiffness, contact between a wiper blade and a wind screen glass, friction, a spring and an actuator. Main stream of wiper dynamics analysis has been obtaining a closed form of system of equations using Newton's or Lagrange's formula and doing a numerical simulation study to understand and predict the behavior of it. However, the modeling process is complex since a wiper system is of multibody and a contact problem occurs. When imperfection, such as dead zone of a joint and stiffness of a rubber bushing, should be included, the added complexity makes the modeling difficult. Since the imperfection is understood as main cause of problematic vibration, the dynamics model of a wiper system aiming vibration analysis should include such unavoidable manufacturing defects in the model. An open form of dynamic model of a automotive windshield wiper system with imperfect joints using a commercial software is obtained and a simulation analyssis is conducted for vibration reduction study.

1. 서 론

와이퍼는 자동차 전후방 유리면에 부착된 오염 물질을 닦아내어 운전자의 시야를 확보하게 한다. 이러한 와이퍼에서 소음, 떨림, 부상 같은 문제점들은 운전자들에게 불쾌감을 주거나 안전 운행에도 지장을 초래한다. 와이퍼의 닦음 성능을 저하시키는 대표적인 장애 현상은 줄무늬(streaking)인데 이는 정적인 상태에서조차 와이퍼 길이 방향으로 유리와의 접촉 압력이 일정하지 않아서 발생하는 현상이다. 이외에도 고르지 못한 누름압 혹은 변형되거나 경화된 와이퍼 고무에 의해 발생하는 흐림(smearing)과 부분적으로 닦이지 않는 구간(unwiped area)등의 장애 현상이 있다. 진동 및 소음과 관련된 세가지 주요한 현상은 채터링(chattering), 긁는 소리(squeal noise), 반전 충격음(reversal thud)이다. 채터링은 비교적 저주파 진동으로 유리면에 채썰듯한 모양을 남기며, 채터링 특성에 영향을 미치는 파라미터는 고무의 물성, 유리면과의 마찰계수, 와이퍼 블레이드와 진행 방향이 이루는 각도인 접촉각(angle of attack) 등으로 알려져있다. 긁는 소리(squeal noise)는 높은 진동음으로 귀에 거슬리는

† 교신저자 ; 정회원, 계명대학교 기계자동차공학부
E-mail : blee@kmu.ac.kr
Tel : (053)580-5349, Fax : (053)580-6285

소음을 발생시킨다. 반전 소음은 좌우 사점에서 발생하며 변형된 고무가 반전하면서 발생하는 둔탁한 충격음이다. 그러므로 와이퍼 블레이드 링키지 어셈블리의 기구학적, 동역학적 특성은 와이퍼 닦음 성능 및 소음 진동 특성을 좌우하는 중요한 인자이고 와이퍼 설계 제작 기술에 대한 연구는 필수적인 과제가 되었다.

와이퍼 어셈블리의 기구학적 설계에 관련되 연구 결과로는 Witwer 등[1]이 수행한 와이퍼 링키지의 동작 오차 분석 방법에 대한 연구, Sancibrian 등[2]이 수행한 최적의 와이퍼 동작 경로를 합성하는 연구, Choi 등[3]에 의한 두 개의 RSSR 기구를 바탕으로 와이퍼 메커니즘의 최적 설계 기법에 대한 연구 등이 있다.

기구 설계 기법에 대한 연구 외에 와이퍼 고무 블레이드의 누름압 및 동작 중의 와이퍼 진동을 측정하는 기술에 대한 연구도 수행되었다. Castellini[4] 등은 레이저 도플러 진동계에 추적 기능을 추가하여 동작 중인 와이퍼 블레이드의 횡방향 진동을 측정하는 기술을, Lee[5]는 최소한의 하드웨어와 휴대용 컴퓨터를 이용한 와이퍼 피봇의 각속도 및 각가속도 측정 기술을, Kim 등[6]은 압전 소자를 이용하여 와이퍼와 유리면 사이의 압력 측정을 시도하였다. 모터를 단품으로하여 실차에서 작동소음이 전체 소음에 얼마나 큰 영향을 미치는지 연구한 결과도 있다[7].

언급한 연구는 기구 설계의 최적화, 설계 기법 개발 및 진동 측정 기술에 관련한 것이다. 와이퍼와 관련된 문제를 해결하거나 특성을 개선하기 위해서는 와이퍼의 거동 특성을 알아야하는데 Lee 등[8]은 와이퍼와 유리면 사이의 누름압을 예측하기 위하여 다물체 동역학과 접촉에 관련한 모델링 및 해석을 수행하였다. Goto 등[9], Grenouillat 등[10], Chevennement-Roux 등[11]은 와이퍼 블레이드 및 링크 간의 다물체 동역학, 유리와의 접촉과 관련하여 뉴튼의 운동방정식 혹은 라그랑지식 등을 이용하여 닫힌 운동방정식을 유도하고 수치해석을 통해 진동을 포함하는 와이퍼의 미세 거동을 분석하였다. 이들의 연구는 와이퍼 시스템과 같은 복잡한 다물체 동역학 계에 대하여 닫힌 운동방정식을 얻는데 집중하고 있으며 결과적으로 매우 복잡한 형태의 상미분 방정식계에 도달한다. 이미 복잡한 운동방정식에 불완전한 조인트를 포함시킬 경우 자유도가 더욱 상승하는 것 외에 운동방정식 유도가 불가능하지는 않지만 매우 어렵게 된다. 제조상의 공차 및 조립시의 공정에 의해 필연적으로 불완전성이 존재하는데 예를 들면 와이퍼를 고정시키는 홀더의 유격 등이다.

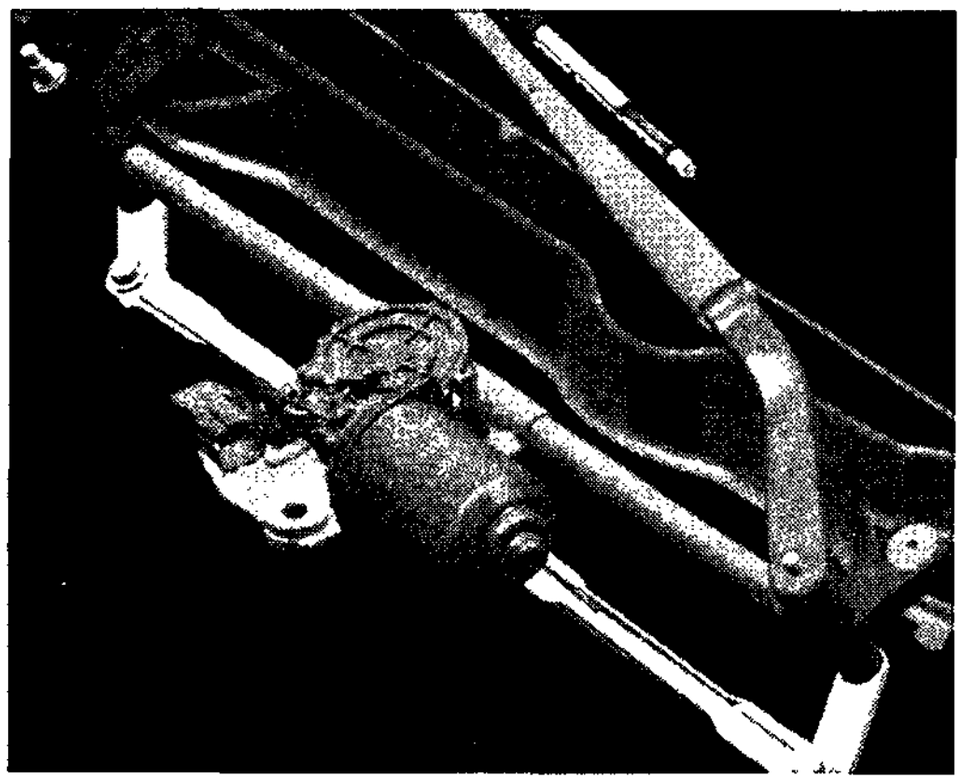

Fig. 1 A typical automotive windshield wiper linkage

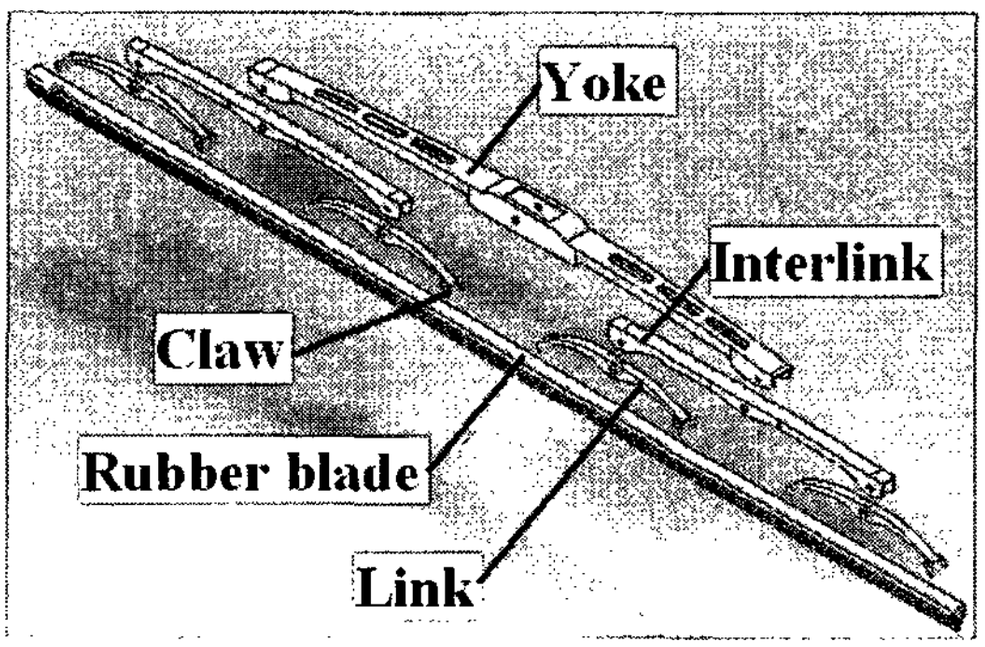

Fig. 2 Various links form a wiper blase assembly

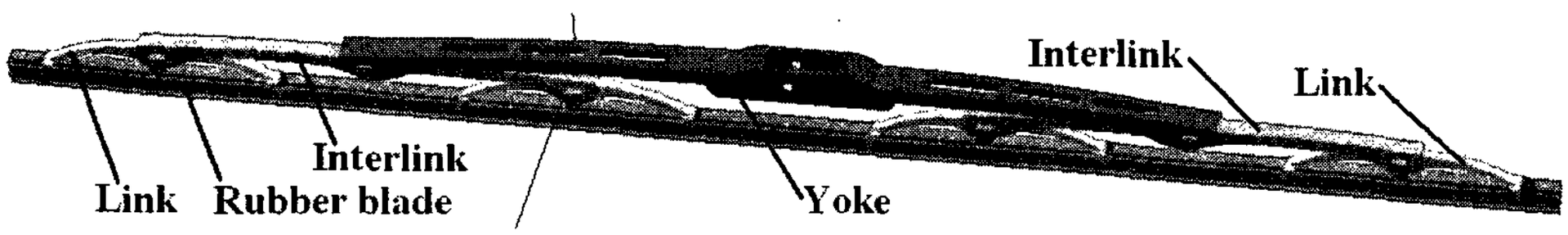

Fig. 3 Wiper blade assembly with various links and joints

그러므로 와이퍼 시스템 해석 시 닫힌 형태의 운동방정식 유도가 필요없는 상용 다물체 동역학 소프트웨어를 사용하는 것은 매우 매력적인 대안이다.

이 연구에서는 와이퍼의 닦음 성능 및 진동을 포함하는 동특성을 해석하기위한 와이퍼 링키지 어셈블리의 기구학적, 동역학적 모델링에 대해 서술하고 시뮬레이션 해석을 수행하였다. 와이퍼 시스템의 불완전성을 시험하기위해 와이퍼 시스템을 차체에 고정하는 부위의 고무 부싱에 유격을 인위적으로 가하거나, 고무의 부싱 조립 시 불량이 생길 경우 고무 부싱의 역할을 잃고 탄성이 없는 강체가 되는 경우를 상정하기도 하였다.

2. 와이퍼 링키지 동적 거동 해석을 위한 모델링

와이퍼 어셈블리는 다음과 같은 서브 어셈블리로 구성되어있다(Fig. 1참조)

· 고무 재질의 와이퍼 블레이드와 금속 판재로 프레스 가공된 인터링크, 링크, 요크와 이런 부품을 연결하는 조인트

· 왕복동 운동하는 와이퍼 피봇에 고정된 하부 아암, 길고 상대적으로 얇아 탄성을 갖고 있는 상부 아암, 와이퍼 블레이드가 유리면에 접촉하도록 압력을 가하는 스프링 등으로 구성된 아암

· 자동차의 앞 유리창

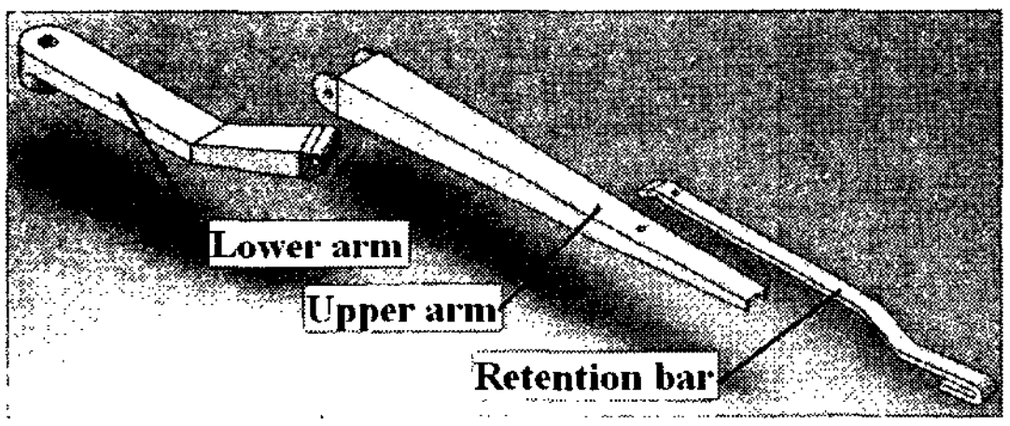

Fig. 4 Lower arm, upper arm and retention bar made of elastic steel plate

· 한 개의 구동 모터에 연결된 두개의 크랭크-로커 기구와 프레임, 그리고 차량의 샤시에 연결 부위인 부싱

다음 각 장에서는 각 서브 어셈블리의 동역학적 모델링에 대해 서술한다.

2.1 와이퍼 블레이드 어셈블리 모델

대상 와이퍼 블레이드는 토너먼트 형식의 일반적인 것이며 와이퍼 아암으로부터 핀 조인트로 연결되는 요크와(Fig. 2), 요크에 핀 조인트로 연결된 두 개의 인터링크, 그리고 각 인터링크에 두 개씩 연결된 링크(모두 네 개), 그리고 링크의 클러(claw, 와이퍼 블레이드를 구속하는 발톱형 조인트)에 연결된 고무 재질의 블레이드로 구성되어 있다. 모든 핀 조인트와 클러에는 불완전성이 존재하는데 이는 설계 시의 공차와 제작 공정 중 발생하는 오차가 합해져서 발생하며, 이런 불완전 조인트는 와이퍼 동작 시 진동과 진동에 기인한 소음을 발생시키는 원인이 된다. 이 연구에서는 모든 핀 조인트와 클러 중 바깥 쪽 끝을 회전(리볼류트) 조인트로 가정하고 나머지 클러는 회전과 슬롯을 따라 병진할 수 있는 핀-슬롯 조인트로 모델링한다. 그러므로 모든 부재는 유격과 틈이 없으며 오로지 주어진 자유도로만 부재가 상대

Table 1 Links and joints of a wiper blade

Link	Mating link	Joint (DOF)
Yoke	Arm	Revolute (1)
	Link 1	Revolute (1)
	Link 2	Revolute (1)
Link 1	Interlink 1	Revolute (1)
	Interlink 2	Revolute (1)
Link 2	Interlink 3	Revolute (1)
	Interlink 4	Revolute (1)
Interlink 1	Blade	Revolute (1)
Interlink 2	Blade	Pin-slot (2)
Interlink 3	Blade	Pin-slot (2)
Interlink 4	Blade	Pin-slot (2)

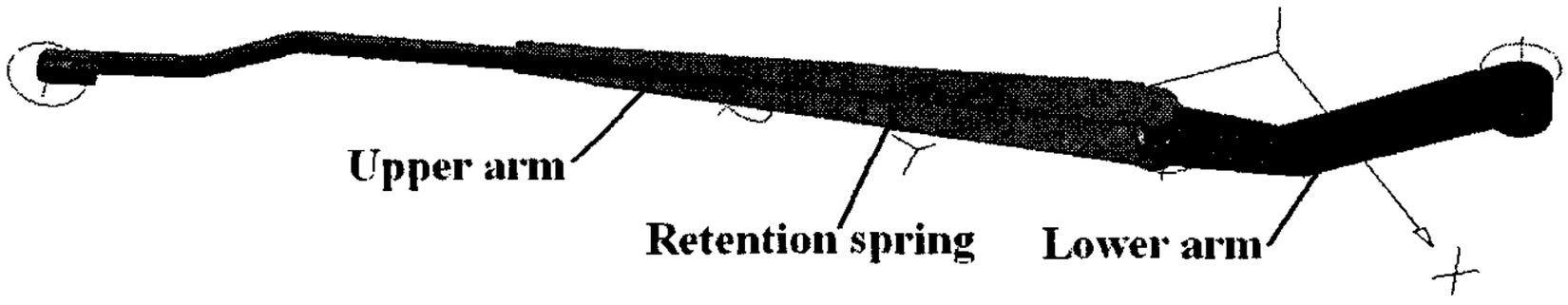

Fig. 5 Assembled wiper arm

Table 2 Links and joints form a wiper arm

Link	Mating link	Joint (DOF)
Lower arm	Pivot shaft	Rigid (0)
	Upper arm	Revolute (1)
Upper arm	Retention bar	Rigid (0)
Retention bar	Wiper assembly	Revolute (1)

운동 하도록 구속한다. 물론 유격과 같은 불완전성을 부여하는 것도 가능하다. 모든 링크는 강체로 가정하며 부재와 조인트는 Table 1과 같이 요약할 수 있다.

2.2 와이퍼 암 모델

와이퍼 암은 와이퍼 피봇의 왕복 요동 운동을 와이퍼 블레이드 어셈블리에 전달하고, 와이퍼가 유리면과 접촉하도록 가압하는 기능을 한다. 하부 아암은 보통 알미늄 재질로 다이케스팅된 강체이고 상부 암은 철판으로 제작되며 탄성을 갖는 retention bar와 리벳으로 결합된다(Fig. 4). 유리면과의 접촉력 유지를 위해 하부 암과 상부 암 사이에 스프링(retention spring)이 장착되었고 그 강성은 접촉력이 약 800 g에서 1 kg 정도 되도록 선정된다. 선정된 스프링의 강성은 38650 N/m, 자유길이 79.1 mm, 장착 인장력(preload)이 437 N이다. 하부 암, 상부 암, retention bar가 결합되면 Fig. 5와 같은 형상을 갖는다. 암 어셈블리를 구성하는 모든 부재를 강체로 모델링하며 각 부재간 조인트의 구성은 Table 2와 같이 모델링 한다. 물론 retentioin bar에 탄성을 부여하는 것도 가능하다.

2.3 윈드 쉴드 모델

모델을 간단하게하고 링키지의 동역학적 거동을 해석하기위해 유리창(윈드 쉴드)는 평판으로 설정하였다. 유리창은 와이퍼 블레이드와 접촉하여 미끄러지며, 측정된 실제 마찰계수인 약 0.22정도를 유지하도록 설정하였다.

2.4 프레임, 브레킷 및 링키지 모델

와이퍼 링키지는 한 개의 모터와 이 모터 회전축에 결합된 크랭크(Fig. 6), 그리고 크랭크의 볼 조인트에 결합된 두 개의 커넥팅 로드, 그리고 각 커넥팅 로드에 볼 조인트로 결합된 두 개의 로커로 구성되어 있다. 모터 내부에는 워엄과 워엄 기어로 감속하는 기구가 있지만 모델의 간략화를 위해 워엄 기어를 생략하고 모터가 그만큼의 토크와 회전 속도를 갖도록 모델링 하였다. 커넥팅 로드는 강체이며 볼 조인트로 양 끝이 결합되어 여유자유도를 갖는데 이 여유자유도는 와이퍼 어셈블리의 동역학적 특성에 영향이 없으므로 여유자유도를 없애기 위해 별도의 구속조건을 가하지 않았다. 실제로 볼 조인트를 사용하는 이유는 크랭크의 운동 평면과 로커의 운동 평면이 달라 핀 조인트로는 크랭크-로커 운동을 이룰 수 없기 때문이다.

두 크랭크-로커 기구의 프래임은 브레킷이다. 브레킷에는 모터가 장착되어 크랭크를 회전시키고, 브레킷의 양 끝에는 피봇 두 개가 코킹 공정을 통해 결합되며 이 두 개의 피봇과 모터가 장착되는 부분 세 군데에 차체와 탄성 결합되는 부싱이 장착된다. 부싱을 넣는 이유는 와이퍼 어셈블리에서 발생하는 진동과 진동에 기인한 소음을 차단하기 위함이며,

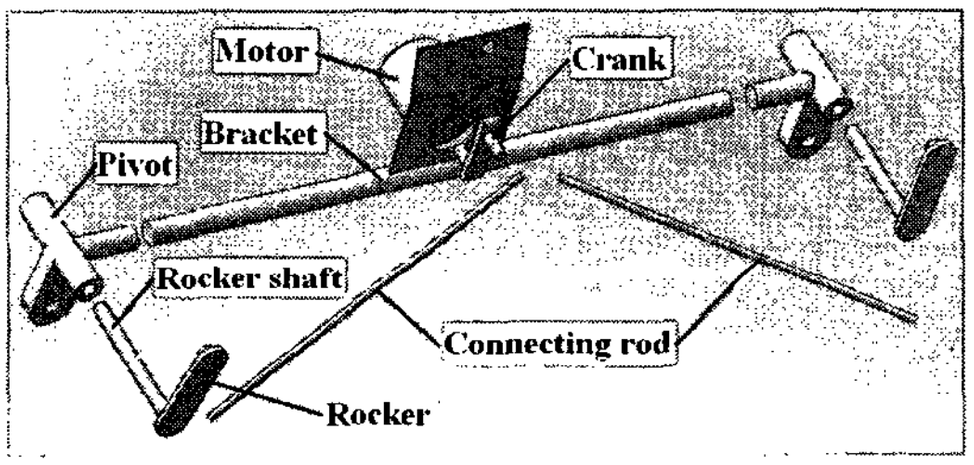

Fig. 6 Components and links form a linkage and base frame

Table 3 Links and joints of wiper linkage assembly

Link	Maing link	Joint (DOF)
Motor	Crank	Rigid (0)
	Bracket	Rigit (0)
Crank	Connecting rod 1	Spherical (3)
	Connecting rod 2	Spherical (3)
Connecting rod 1	Rocker 1	Spherical (3)
Connecting rod 2	Rocker 2	Spherical (3)
Rocker 1	Pivot 1	Revolute (1)
Rocker 2	Pivot 2	Revolute (1)
Bracket	Pivot 1	Rigid (0)
	Pivot 2	Rigid (0)
Pivot 1	Frame	Bushing (6)
Pivot 2	Frame	Bushing (6)

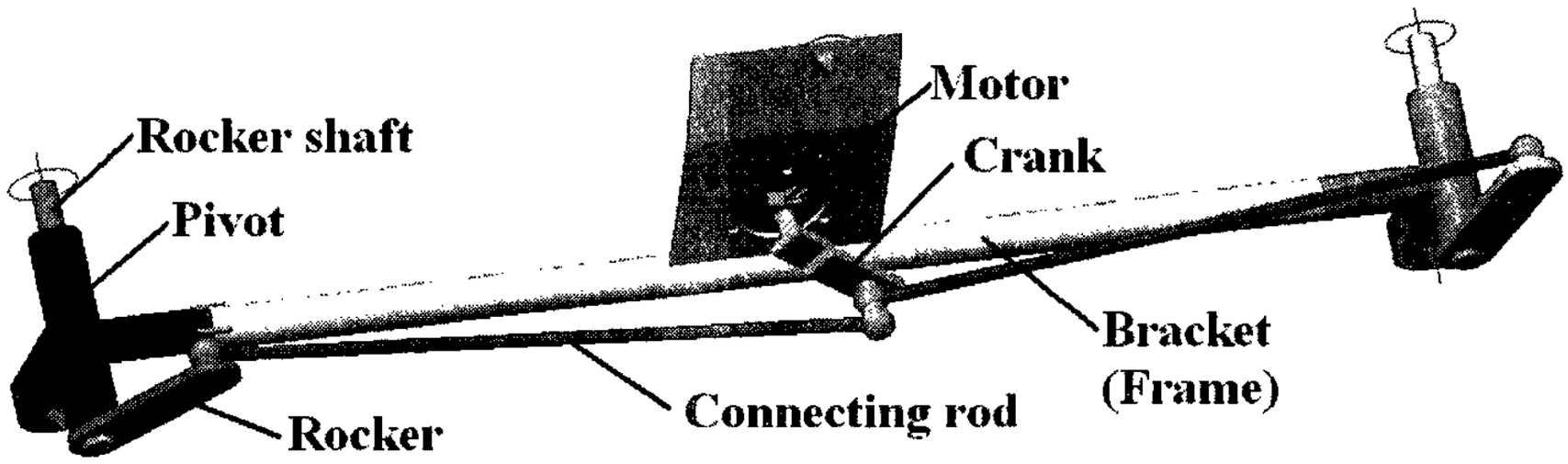

Fig. 7 Assembled wiper linkage and motor

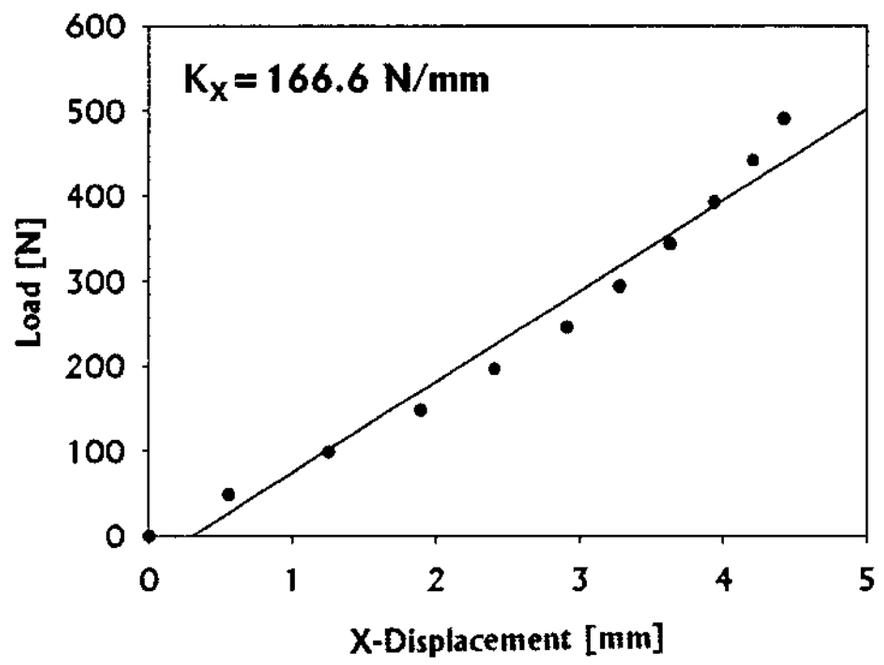

Fig. 8 Stiffness of rubber bushing in lateral direction

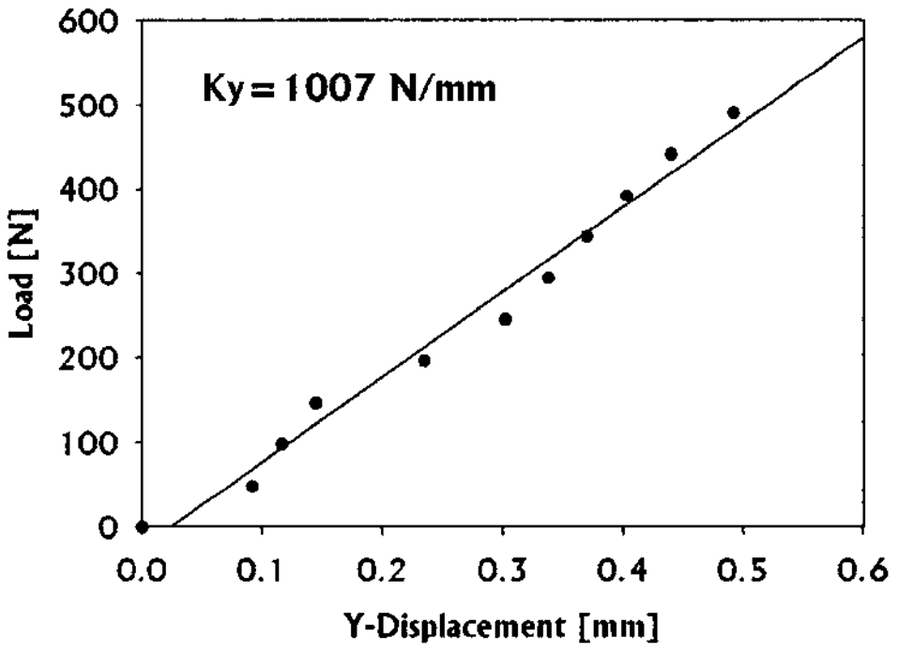

Fig. 9 Stiffness of ruber bushing in axial direction

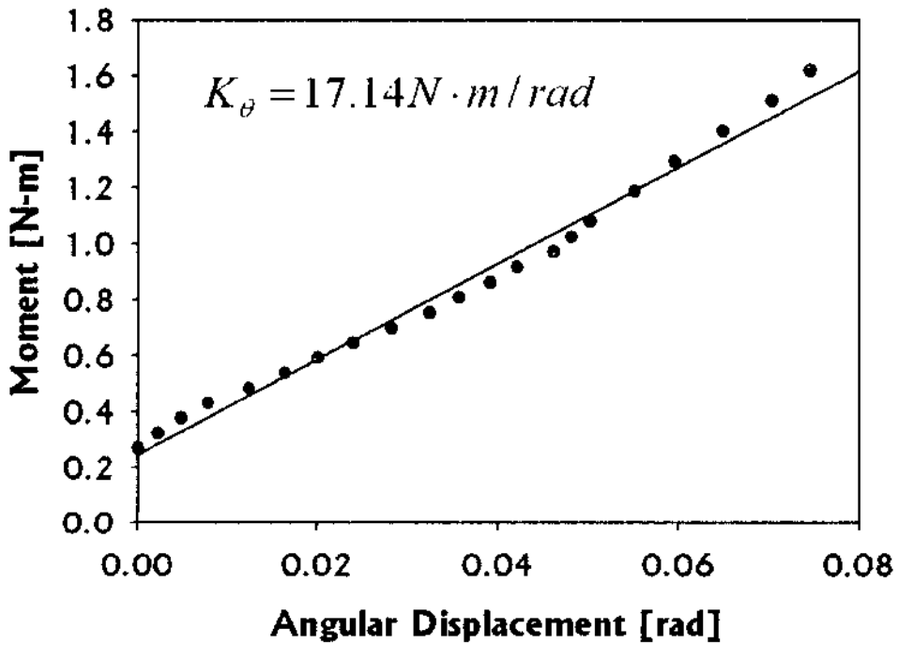

Fig. 10 Rotational stiffness of bushing

탄성의 강약에 따라 제진 성능이 달라진다. 부싱은 6자유도를 갖고 있으며 병진 강성과 회전강성은 측정한 값을 사용하였다. 모든 부재는 강체로 모델링하며 부재와 상대재, 그리고 조인트는 Table 3과 같다. 결합 후의 구조는 Fig. 7과 같다.

2.5 부싱(탄성을 갖는 불완전 병진-회전조인트)

와이퍼 피봇의 회전조인트 요소는 원통형 부싱에 헐거운 끼워맞춤을 한 연마된 강봉이다. 완전하지 않은 부싱과 주변 지지구조의 탄성 때문에 외력이나 외부 모멘트가 가해지면 회전조인트는 변형하는데 이런 부싱과 주변 지지구조를 모델링 하기위해 탄성을 갖는 부싱 요소를 사용하였다. 탄성 값은 외력을 가하고 변형을 측정하는 방법으로 각 방향에 대해 구했다. 측정 방법은 측정 대상 조인트에 변위계를 설치하고 스프링 저울을 통해 외력을 가하였다. 여러 외력에 대해 변위 값을 얻고 그래프로 그려 스프링상수를 회귀분석법으로 구하였다(Fig. 8, 9). 또한 작용 모멘트에 대한 회전강성을 측정하기위해 로드셀을 회전 중심으로부터 알고있는 거리에 설치하고 외력을 가한 후 우력과 각변위를 기록하여 회전 강성을 구했다(Fig. 10).

부싱의 불완전성은 탄성 외에도 제조상의 결함으로 매우 높은 강성을 갖는 경우도 포함한다. 고무부싱은 적절하게 결합될 경우 설계된 목표 탄성을 갖지만 제조 공정의 결함에 의해 심하게 짓눌릴 경우 고무의 탄성을 잃고 진동 절연 기능을 상실하는데 이런 경우는 부싱을 고정 조인트로 모델링하거나, 측정된 강성보다 훨씬 큰 강성을 갖게하는 방안을 제시 할 수 있다. 두 번째 방법은 모델의 파라미터만 변경하면 되므로 매우 손쉬운 대안이 될 수 있다. 이 연구에서도 두 번째 방법으로 짓눌린 고무부싱을 모델링 하였다.

3. 시뮬레이션

동적 거동 해석에 MSC.visualNastran Desktop을 사용하였다. 해석 시 와이퍼 블레이드가 유리면을 침투하거나 지나가는 것을 막고 두 물체 간에 접촉이 이루어지도록 하기 위하여 두면 사이의 적절한 관계를 부여하여야 한다. 방법으로는 스프링의 강성 또는 접촉강성을 벌칙 변수(penalty parameter)라고 놓고 스프링을 사용하여 두 물체간의 접촉 적합성을 부여 할 수 있는 벌칙법(penalty method)이 있다. 접촉 적합성을 부여하는 또 하나의 방법으로는 다른 물체를 침투할 수 없다는 조건을 만족시키기 위하여 접촉력이라는 자유도를 추가 하는 방법인 라그랑지 승수법(Lagrange multiplier method)이 있다. 이 연구에서는 벌칙법과 라그랑지 승수법을 조합하여 사용하는 방법인 수정 라그랑지(augmented Lagrange) 승수법을 사용하였다. 수정 라그랑지 승수법은 일련의 반복과정에서 우선 접촉강성에 기초하여 접촉의 적합성을 판별하고 평형이 만족되면 침투량을 점검하며, 접촉력은 다음과 같이 계산 된다.

$$F_n^{(k)} = \lambda^{(k)} + p\frac{dg(k)}{dt}, k = 1,2,\cdots,k_{\max}$$

여기서

$$\lambda^{(k)} = 0 \quad \text{for } k = 1$$
$$\lambda^{(k)} = F_n^{(k-1)} \text{ for } k > 1$$

해석을 위한 MSC.visualNastran Desktop 최종 모델은 Fig. 11과 같다. 해석 시 부싱의 영향을 조사하기 위해서 현재의 단단한 부싱과 이 부싱보다 탄성이 1/10인 부싱으로 시뮬레이션 해석을 수행하였고 진동 특성을 비교하기위해 브레킷의 가속도 그래프를 그렸다.

Fig. 12는 와이퍼 어셈블리를 지지하는 브레킷 지지 부싱이 실차 것과 같은 경우의 와이퍼 프레임의 시간-가속도 그래프이다. 가속도 성분의 크기가 시

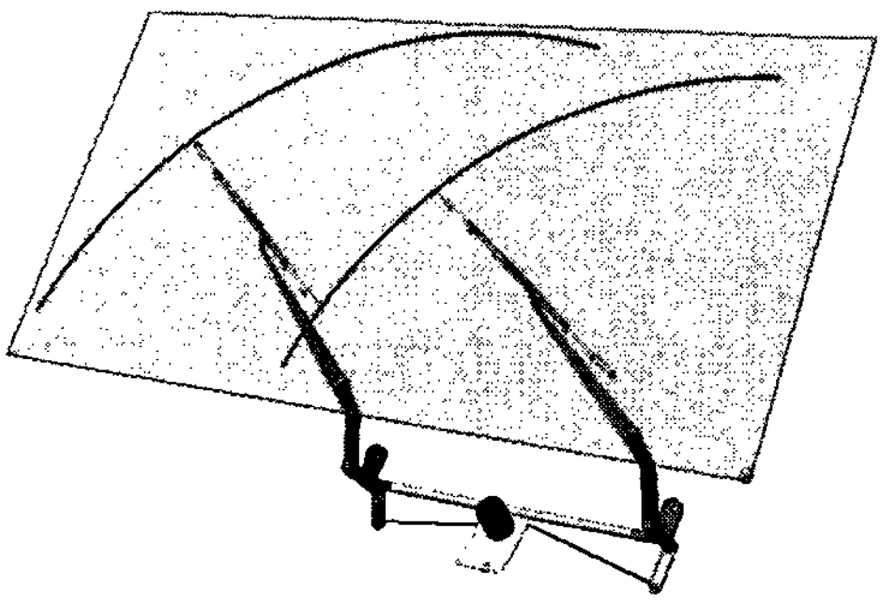

Fig. 11 MSC.visualNastran Desktop model of windshield wiper linkage

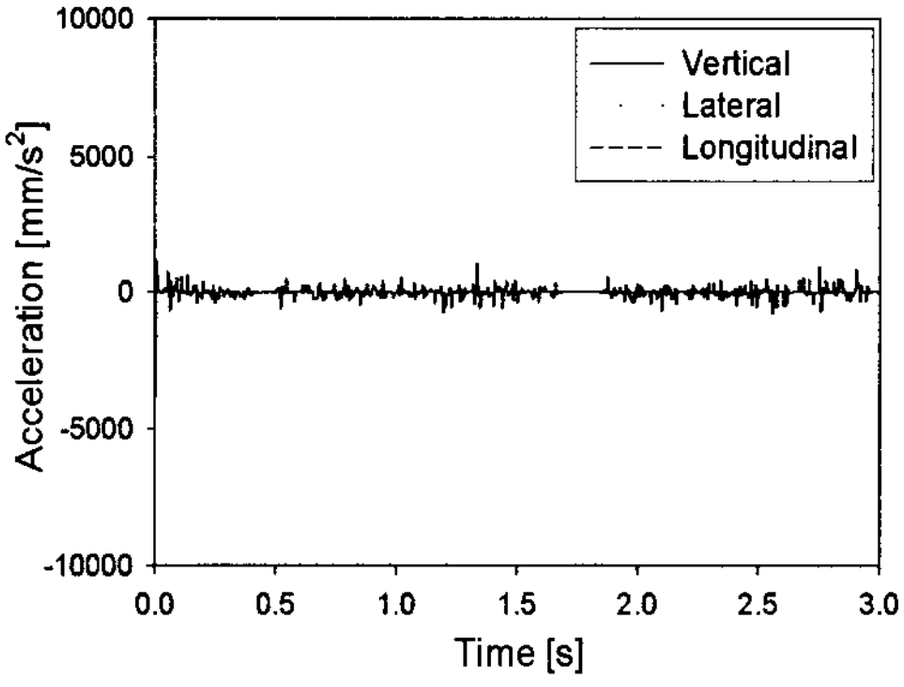

Fig. 13 Acceleration of frame with soft rubber bushing

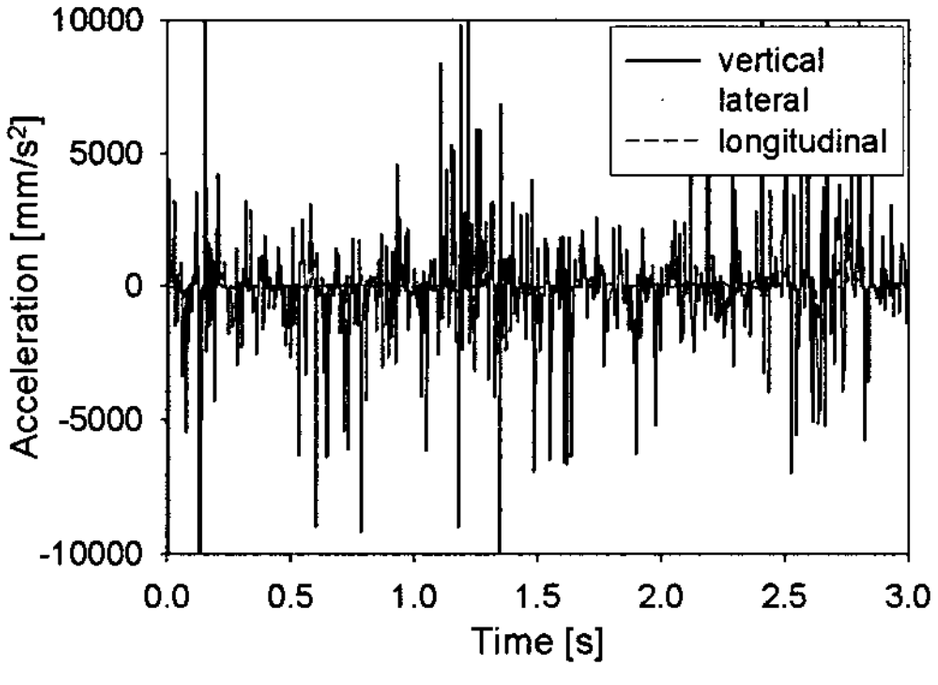

Fig. 12 Acceleration of frame with original

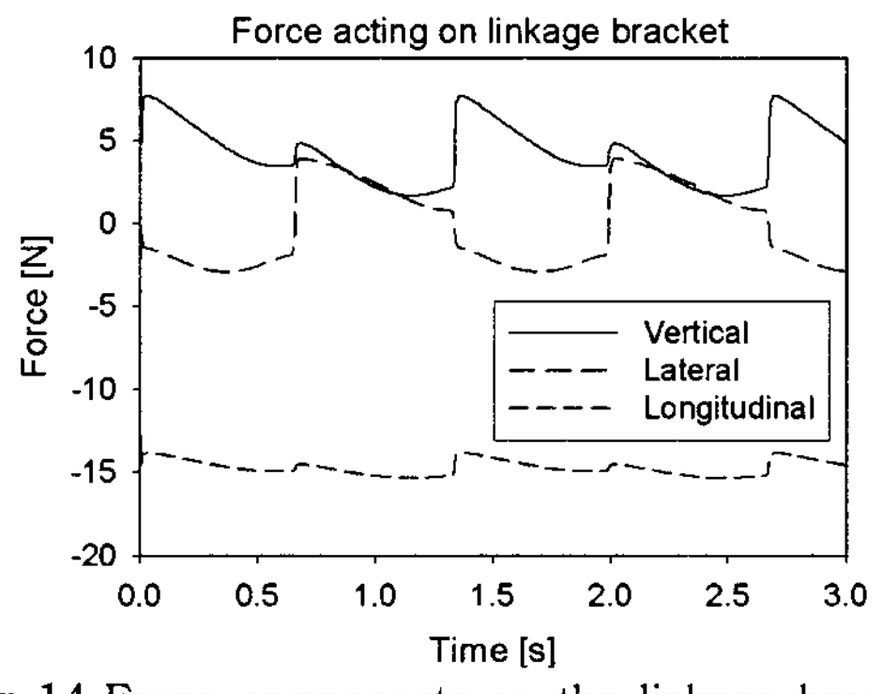

Fig. 14 Force components on the linkage bracket

간 축에 따라 변동하는 것을 관찰 할 수 있는데 와이퍼의 속도가 변동하는 사점에서 커지는 것을 알수 있다. 이 그래프에서 사점의 시기는 0, 1.25, 2.5초이며 와이퍼의 속도의 방향이 바뀌면서 진폭이 커진다는 것을 알 수 있다.

Fig. 13은 고무 부싱의 탄성이 현 모델 값의 1/10되는 값으로 설정된 경우의 브레킷의 가속도다. 가속도 성분의 크기가 현저히 감소한 것을 알 수 있는데 가속도가 감소하면 진동도 줄어들고 또한 진동에 의한 소음도 감소한다. 즉, 와이퍼 어셈블리의 동역학적 모델을 구성하고 시뮬레이션 해석을 통해 부싱의 특성이 진동과 소음에 어떠한 영향을 미치는지 해석하고 예측할 수 있음을 알 수 있다. 물론 조립 불량으로인해 부싱 고무가 짓눌린 상황을 모사하기 위해서 앞에서 언급한 것과 같이 부싱의 강성을 매우 높게 설정하여 해석을 수행하면된다.

또한 부싱에 작용하는 힘을 예측하였는데 Fig. 14에 있는 그래프에 나타나 있다. 와이퍼 시스템 제조업체에서는 고무의 내구 수명을 알아내기 위해서 부싱에 반복 하중을 가하는 피로 내구 수명 시험을 수행하는데 실차 운전 조건에서 어떤 힘이 부싱에 반복적으로 작용하는지 해석을 통해 얻을 수 있으므로 정확한 수명 예측이 가능해진다. 물론 그래프에 나타난 힘 이력 곡선은 정상적인 운전 상황에서 얻은 값이므로 물기가 없는 유리면을 닦는 경우나, 눈이 와이퍼 운동 범위의 가장자리에 쌓여 와이퍼 기구에 무리한 힘이 가해지는 경우 등의 해석도 가능하다.

4. 토의 및 결론

와이퍼의 닦음 성능 및 진동을 포함하는 동특성을 해석하기위한 와이퍼 링키지 어셈블리의 기구학적, 동역학적 모델링에 대해 서술하고 진동 문제와 관련된 시뮬레이션 해석을 수행하였다. 모델은 닫힌 형태가 아니며, 강체 링크, 이상적인 조인트, 제조공정상의 불가피한 결함을 모델링하기 의한 불완전 조인트, 고무 지지 부싱을 모델링하기 위한 탄성을 갖는 부싱 조인트, 와이퍼 고무 블레이드와 유리면과의 접촉, 마찰, 스프링 및 모터에 해당하는 액추에이터를 포함하고 있다.

지지용 고부 부싱은 와이퍼 어셈블리에서 발생하는 진동과 진동에 기인한 소음을 차단하기 위함이며, 탄성의 강약에 따라 제진 성능이 달라진다. 적절하지 못한 고무 부싱의 탄성에 의해 진동 절연 효과의 약화될 수도 있다. 부싱의 불완전성은 탄성 외에도 제조상의 결함으로 매우 높은 강성을 갖는 경우도 포함한다. 고무 부싱은 적절하게 결합될 경우 설계된 목표 탄성을 갖지만 제조 공정의 결함에 의해 심하게 짓눌릴 경우 고무의 탄성을 잃고 진동 절연 기능을 상실하는데 이런 경우는 부싱을 고정 조인트로 모델링하거나, 측정된 강성보다 훨씬 큰 강성을 갖게하는 방안을 제시 할 수 있다. 두 번째 방법은 모델의 파라미터만 변경하면 되므로 매우 손쉬운 대안이 될 수 있다. 이 연구에서도 두 번째 방법으로 짓눌린 고무 부싱을 모델링 하였다.

완전하지 않은 부싱과 주변 지지구조의 탄성 때문에 외력이나 외부 모멘트가 가해지면 부싱은 변형하는데 이런 부싱과 주변 지지구조를 모델링 하기위해 탄성을 갖는 부싱 요소로 모델링하였다. 탄성 값은 외력을 가하고 변형을 측정하는 방법으로 각 방향에 대해 구했다. 또한 작용 모멘트에 대한 회전강성을 측정하기위해 로드셀을 회전 중심으로부터 정해진 거리에 설치하고 외력을 가한 후 우력과 각변위를 기록하여 회전 강성을 구했다.

동적 거동 해석에 MSC.visualNastran Desktop을 사용하였다. 해석 시 와이퍼 블레이드가 유리면을 침투하거나 지나가는 것을 막고 두 물체 간에 접촉이 이루어지도록 하기 위하여 두면 사이에 접촉 조건을 부여하였다. 유리와 와이퍼 블레이드의 마찰계수는 우천 시의 동작 조건에 해당하는 상수 값으로 설정하였다.

와이퍼 기구를 고정하는 고무 부싱이 와이퍼 블레이드의 진동에 미치는 영향을 살펴보기위해 측정된 강성 값과 그 값의 1/10에 해당하는 연한 강성 값에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 모터의 회전수는 와이퍼 저속 설정에 해당하는 속도로 일정하게 회전한다고 가정하였고, 시뮬레이션 출력 값으로 와이퍼 프레임의 가속도 값을 얻었다. 시뮬레이션 결과 측정된 본래의 고무 부싱으로 지지되는 와이퍼 기구보다 연한 고무 부싱으로 지지되는 와이퍼 기구가 진동 발생 및 전달을 억제한다는 결과를 얻었다. 이는 일반적인 사실에 부합한다. 제조 공정의 결함에 의해 고무 부싱이 눌려 제 기능을 상실한 부싱을 모사하기 위한 방편으로 매우 큰 값의 강성을 이용하는

방법을 제안하였고 시뮬레이션 해석도 수행하였지만 이 논문에는 제시하지 않았다.

개발한 와이퍼 시스템 동역학 모델을 즉시 활용할 응용 분야를 열거하면 다음과 같다.

① 적설량이 많은 경우 좌우 사점에 눈이 많이 쌓여 설계된 요동 운동 범위보다 좁은 영역에서 작동되는 와이퍼의 경우에 기구와 모터에 많은 부하가 작용한다. 이 상황을 모사하기 위해 좌우 사점에 스프링을 부착하는 방법을 제시할 수 있다. 이 시뮬레이션으로 모터에 어떠한 부하가 부과되는지, 기구의 연결조인트에 작용되는 토크 혹은 힘을 얻을 수 있다. 모터의 작용력 및 기구의 연결 조인트에 작용되는 토크 혹은 힘은 구속조건 유지력을 읽어서 얻을 수 있다.

② 와이퍼 브레킷과 피봇은 코킹 공정으로 결합된다. 코킹 공정으로 결합된 부위의 내구 수명을 얻기 위해 와이퍼를 매우 오랜 시간 운전시키는 내구 시험을 수행한다. 이렇게하여 내구 수명 곡선을 얻는다 하더라도 기구의 내구 수명을 알 수 없다. 왜냐하면 결합 부위의 작용 토크 혹은 작용력을 알지 못하기 때문이다. 내구 수명 예측에 작용력을 아는 것은 그 작용력에 해당하는 내구 수명 예측의 전제 조건이기 때문이다.

③ 고무 부싱의 강성 값이 진동에 미치는 영향을 조사하고 가장 적절한 부싱의 강성 값을 찾는 연구에 응용할 수 있다. 그리고 그 강성 값을 갖는 부싱을 부착하는 경우 기구의 변위 및 와이퍼 요동 운동에 미치는 영향 등을 조사할 수 있다.

후 기

이 연구는 산업자원부·한국산업기술평가원 지정 계명대학교 전자화자동차부품기술혁신센터 지원에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

(1) Wittwer, J. W., Chase, K. W. and Howell, L. L., 2004, "The Direct Linearization Method Applied to Position Error in Kinematic Linkage", Mechanism and Machine Theory, Vol. 39, pp. 681~693.

(2) Sancibrian, R., Viadero, F., Garcia, P. and Fernandez, A., 2004, "Gradient-based Optimization of Path Synthesis Problems in Planar Mechanisms", Mechanism and Machine Theory, Vol. 39, pp. 839~856.

(3) Choi, J. H., Choi, D. H., Seo, M. W. and Seo, J. W.. 1995, "Optimum Design of Wiper Mechanisms Consisting of Two RSSR Mechanisms," Transactions of the KSME, Vol. 19, No. 7, pp. 1573~1580.

(4) Castellini, P. and Cupido, E., "Vibration Measurements on Wind-screen Wipers by Tracking Laser Doppler Vibrometer", Unknown Source, pp. 457~463.

(5) Lee, B., 2005, "Measuring Angular Speed and Angular Acceleration for Automotive Windshield Wiper Pivot", Transactions of KSAE, Vol. 13, No. 4, pp. 58~65

(6) Kim, D. H., Park, S. H., Kim, Y. H. and Kim, J. H., 2000, "Contact Pressure Measurement of Windshield Wiper Blade Using Piezoelectric Sensor", Korean SAE Conference 2000-03-2072, pp. 463~467.

(7) Choi, C.-H. and Lim, S.-G., 1998, "A Study of Interior Noise Reduction through In-vehicle Measurement Test to the Windshield Wiper Motor System", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 8, No. 5, pp. 862~869.

(8) Lee, B. and Shin, J.-Y., 2006, "Contact Pressure Analysis of a Windshield Wiperblade", Transactions of KSAE, Vol. 14, No. 3, pp. 51~57.

(9) Goto, S, Takahashi, H. and Oya, T., 2001, "Clarification of the Mechanism of Wiper Blade Rubber Squeal Noise Generation", JSAE Review, Vol. 22, pp. 57~62.

(10) Grenouillat, R. and Leblanc, C., 2002, "Simulation of Mechanical Pressure in a Rubber-Glass Contact for Wiper Systems", SAE Technical Paper 2002-01-0798.

(11) Chevennement-Roux, C., et. al., 2005, "Wiper Systems With Flexible Structures–instabilities Analysis and Correlation with a Theoretical Model", SAE Technical Paper 2005-01-2375.