

리어뷰 미러의 실차 동특성 및 주행시 동적 안정성(회전각)에 대한 평가 On the Evaluation of In-Vehicle Dynamic Characteristics and On-Road Dynamic Stability(Angle of Rotation) of Rearview Mirror

정승균† · 이근수* · 김중한*
Seungkyun Jung, Keunsoo Lee and Jeunghan Kim

Key Words : Rearview Mirror(리어뷰 미러), Dynamic Stability(동적 안정성), Mirror Rotation(미러 회전), Natural Frequency(고유진동수), FRF(Frequency Response Function, 주파수응답함수)

ABSTRACT

Dynamic stability of the vehicle rearview mirror is an important factor for the driver's visual perception (image blur) when driving down the road and regarded as one of the vehicle level N&V performance of visible component vibration. Several projects within GM identified a set of objective metrics and validation methods that can replace current existing subjective evaluation of mirror stability. This paper presents objective evaluation results for assessing dynamic stability (angle of rotation) of the vehicle rearview mirrors using both in-lab FRF measurements and on-road testing.

1. 서 론

차량에서 리어뷰 미러의 주기능은 운전자에게 확실한 후방시야를 제공하는 것이며 이를 위해서는 시야(상)의 흐림(Image Blur)을 야기시키는 20~100Hz 대역의 동적 안정성이 중요하다. 국내와는 달리 북미/유럽/일본 지역에서는 이미 오래 전부터 FMVSS 등과 같은 법적 규제에 의해 리어뷰 미러가 차량에 안정적으로 장착되도록 하고 있으며 이를 통해 승객의 안전과 눈의 피로 감소를 도모하고 있다. 하지만 이들 지역의 어떤 규제도 리어뷰 미러의 안정적 장착에 대해 객관적으로 규정하고 있지는 않으며, 이에 GM에서는 수년간의 Project를 통하여 주관적으로만 평가하던 미러의 동적 안정성을 객관적으로 평가하는 방법 및 부품/실차에서의 요구조건들을 개발하여 차량개발에 응용하고 있다.

다양한 연구에서 주행시 시야 흐림 현상은 미러의 회전운동에 기인한다고 알려졌으며, 그 중에서도 특히 Yaw나 Pitch와 같은 Out-of-Plane 진동의 영향을 가장 많이 받는 것으로 알려져 있다(Fig. 1 참조). 이러한 미러 진동의 원인은 크게 노면에 의한 구조적 가진(Structural Excitation)과 공기역학적 가진(Aerodynamic Excitation)이 있으며 이들의 기여도는 차량의 주행속도와 노면에 따라 달라질 수 있다.

본 논문에서는 다양한 노면/속도에서 미러의 진동 및 동특성(고유진동수) 측정을 통해 미러의 동적 안정성(Dynamic Stability)을 평가/분석하고자 한다.

2. Requirements for Mirror Stability

앞서 언급한 바와 같이 FMVSS 등과 같이 주관적 평가에 기초한 규제들을 차량개발에 반영하기 위해서는 정량화된 시험 및 규제치가 요구되며, 이를 위해 리어뷰 미러에 대해 다음과 같은 Vehicle Level

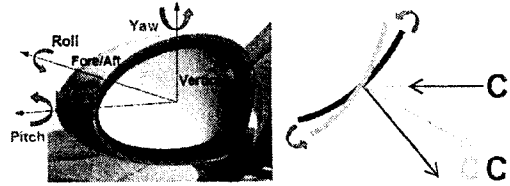


Fig.1 리어뷰 미러의 6자유도 운동(좌) 및 미러렌즈의 회전축(C)의 요구사항들(Requirements)이 개발되었다.

(R1) Dynamic Rotation in Degree < X_1 degrees

- Low Speed Structural Excitation
- Cruising Speed Structural and Aerodynamic Excitation
- High Speed Aerodynamic Excitation

(R2) First Mode of Natural Frequency > Y_1 Hz

위 (R1)의 요구사항은 각각의 가진에 최적화된 노면과 주행속도가 시험절차에 명시되어 있으며 (R2)의 항목은 실험실에서 차량 조건(In-Situ)으로 미러하우징 및 미러 렌즈의 고유진동수를 구하도록 되어 있다. 실차 조건과는 별도로 미러의 단품 개발을 위한 Component Level의 요구사항들 역시 Vehicle Level과 유사한 개념으로 정립되어 있으며 협력업체에서 성능개발 및 납품하도록 되어 있다.

3. Calculation of Mirror Rotation

리어뷰 미러 렌즈 상의 3점 가속도 측정($X_1(t)$, $X_2(t)$, $X_3(t)$)을 통해서 수직/수평 축에 대한 회전 각 가속도를 계산할 수 있으며, 이를 푸리에 변환한 뒤 RMS 합산하면 총 각가속도($G_T(\omega)$)를 얻을 수 있고 미러 렌즈의 총 동적 회전각은 이를 두 번 적분하여 구할 수 있다. 최종 결과인 동적 회전각은,

$$\text{Dynamic Angle of Rotation} = \iint G_T(\omega) \quad (1)$$

이때 측정되지 않은 가속도 $X_4(t)$ 및 기타 기하학적 관계들은 Fig. 2로부터 쉽게 계산할 수 있다.

† GM Daewoo Auto & Technology, NVH Team
E-mail : seungkyun.jung@gmdat.com
Tel : (032) 590-6307, Fax : (032) 590-6002

* GM Daewoo Auto & Technology, NVH Team

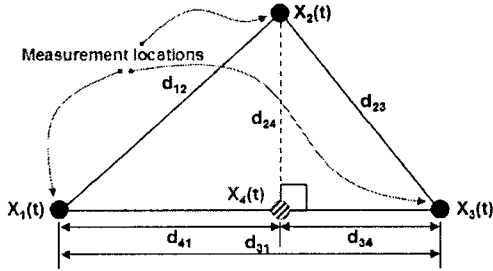


Fig. 2 Schematic diagram of Mirror Rotation Measurement Setup

4. 시험 및 결과

3대의 차량에 대해 Fig. 3과 같이 단축 가속도계를 설치한 후 2절의 각 요구사항에 해당하는 노면 및 속도에 대해 각각 5회의 주행시험을 실시하였다. 또한 미리 하우징의 병진 고유진동수 및 미리 렌즈의 회전 고유진동수를 실차 조건에서 측정하였다.

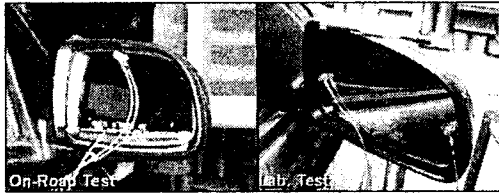


Fig. 3 Vehicle Level Test Setup

Fig. 4에 3대의 차량에 대한 시험 결과를 나타내었다. 차량 A의 경우 Aerodynamic 가진 조건에서 Target을 초과하고 있으며, 이는 미리 하우징의 전후 방향 공진의 영향임을 알 수 있다. 반대로 차량 B의 경우 주행시 미리 회전진동의 최대치는 미리 하우징의 전후 방향 및 수직 방향 공진의 중간쯤에 위치하며 모든 노면 조건에서 Target을 만족함을 알 수 있다. 차량 C는 하우징의 전후/수직방향 고유진동수가 모두 유사하고 비교적 낮지만 On-Road Target을 잘 만족하고 있다. 차량에 대해 최종적인 Validation을 할 경우 다양한 노면에서의 주관평가와 더불어 주행시 20~100Hz 대역에서 미리의 동적 회전각의 최대치로 Target 만족여부를 판단한다.

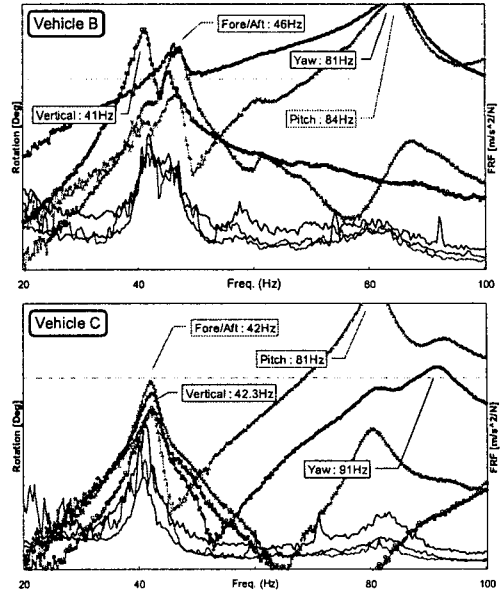
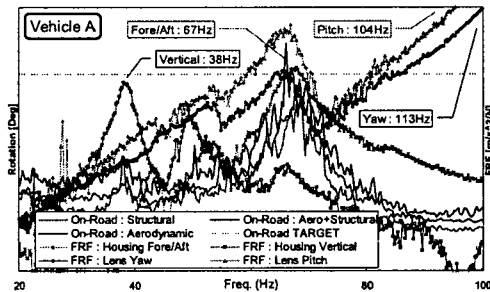


Fig. 4 Mirror Vibrations - Rotations and FRFs

5. 결론

본 논문에서 제시된 차량에 대한 시험결과 및 다양한 벤치마킹을 통해서 다음과 같은 결론을 얻었다.

미리 렌즈의 진동 측정으로부터 다양한 속도와 노면에서 동적 안정성(회전각)을 정량화 할 수 있으며, 이를 토대로 차량개발에 필요한 객관화된 Target을 설정할 수 있다. 노면과 공기역학적 가인에 의해 나타나는 미리 진동의 피크치는 주로 미리 하우징의 수직(드물게 전후 방향) 방향 고유진동수와 가장 관련이 깊으며, 미리 렌즈의 회전성분(Pitch & Yaw) 고유진동수에 의한 영향은 무시할 만하다. 이때 미리 진동에 가장 많이 기여하는 고유진동수가 높다고 해서 반드시 미리 회전진동이 양호함을 의미하는 것은 아니며, 이는 곧 미리의 구조적 특성뿐 아니라 공기역학적 특성도 중요함을 알 수 있다. 이러한 측면에서 미리의 공기역학적 특성 및 미리의 마운팅 Type 그리고 마운팅 부위의 강성(Static Stiffness) 등에 대한 추가적인 고찰이 요구된다.

참고 문헌

- (1) Nariaki Horinouchi et al., 2003, "Development of Estimation Technique for Flow Induced Vibration on External Rearview Mirror", SAE 2003-01-2815
- (2) Simon Watkins, 2004, "On The Causes of Image Blurring in External Rear View Mirrors", SAE 2004-01-1309