

# 건설장비 유체 봉입 캐빈 마운트 선정 방법

## Selection Process of Viscous Cabin Mount for Construction Equipment

조희† · 김주호\*  
**Hee Cho, Jooho Kim**

### 1. 서 론

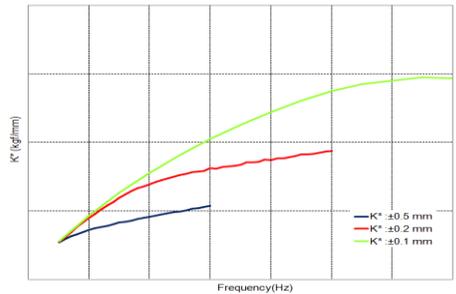
건설 중장비의 경우 작업 및 험지 주행 등 빈번한 외부 동적 부하, 충격에 노출되어 있으며 지속적인 진동, 소음에 의한 피로 및 승차감 저하 문제의 해결이 필요하다. 이 때문에 적절한 캐빈 마운트 적용이 중요한데 특히 작업 시 고진폭 저주파 입력, 충격 등의 외부 강제 입력에 의한 절연 특성이 매우 중요하다. 이러한 조건을 만족시키기 위해 캐빈 마운트는 넓은 주파수 영역에서의 높은 감쇠력, 낮은 탄성 계수가 요구되지만 Rubber Mount 로는 이러한 조건을 충족시키기에 한계가 있다. 때문에 고점도 액체가 들어있는 Viscous Mount 적용으로 높은 감쇠, 충격 절연 효과를 얻고 있다. 그러나 캐빈 마운트는 정적인 상태의 저 진폭 중 고주파 진동 조건에 대해서도 절연 효과가 필요하므로 마운트 선정 시 이러한 조건들을 종합적으로 고려해야 한다.

### 2. 마운트 선정 방법

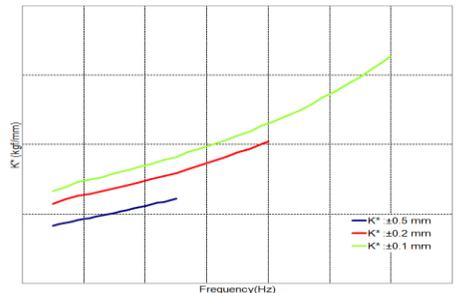
#### 2.1 Viscous Mount 동 특성

Viscous Mount에 함유된 고 점도의 실리콘 오일은 내부 오리피스를 통해 유동하며 높은 댐핑을 갖게 하므로 충격완화, 공진 억제에 유리하다. 큰 중량의 캐빈 구조물을 지지하고 구조물의 내구 수명을 유지하는 한편 저 주파수 영역에서 높은 감쇠 성능을 가져 캐빈의 절연 및 지지 효과가 크다. 하지만 Viscous Mount는 Fig 1과 같이 주파수와 진폭에 따라 그 동 특성이 변하는 비선형성으로 인하여 정확한 캐빈 진동 전달 특성을 예측하기 위해서

는 차량의 가진 주파수, 진폭 입력 조건에 해당하는 Mount의 동 특성 데이터 사용이 필요하다.

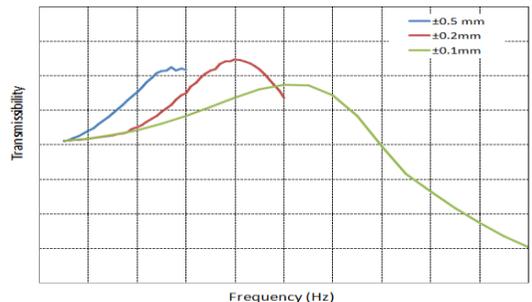


(a) vertical direction



(b) horizontal direction

**Fig 1 Dynamic Stiffness**



**Fig 2 Vibration Transmissibility**

† 교신저자; 정희원, 두산인프라코어 PINVH 성능개발팀

E-mail : hee.cho@doosan.com

Tel : 032-211-3929, Fax : 032-211-3731

\* 두산인프라코어 시작 전기개발팀 성능검증직

마운트 단품 동특성 테스트로 초기 하중, 가진 변위, 주파수에 따른 동강성 (dynamic stiffness), 손실 계수 (loss factor) 데이터를 확보하고 회귀 분석을 통해 Viscous Mount 수치 모델 계산 식을 유도한 사례가 있다. <sup>(1)</sup> regression coefficient는 least-squares approximation에 의해 추정 결과로부터 유도한다.

dynamic stiffness

$$K_d = \alpha_1 + \alpha_2 f + \alpha_3 d + \alpha_4 f^2 + \alpha_5 f d$$

loss factor

$$C_\omega = \beta_1 + \beta_2 f + \beta_3 d + \beta_4 f^2 + \beta_5 f d$$

정상 상태의 조화운동에서 유효한 복소수 강성과 그에 따른 진동수 의존 손실인자의 식을 이용하여 Fig 2와 같이 가진 주파수, 변위에 따른 전달률을 예측할 수 있다. 실제 입력 진동은 조화 함수 형태가 아닌 주파수 범위에 걸쳐 변화하는 랜덤한 형태이므로 계산 결과의 한계를 염두에 두어야 하나 절연 효과에 대한 상대적인 비교 및 최적 사양 선정 기준으로 유용하게 활용할 수 있다.

$$\frac{Z_{output}}{Z_{input}} = \left[ \frac{1 + (2\zeta r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2} \right]^{1/2}$$

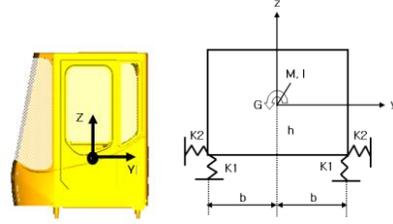
## 2.2 목표 절연 성능 및 강성 결정

### (1) 목표 절연 성능

먼저 주어진 가진 주파수에 대한 목표 진동 전달률 설정이 필요하다. 기본적으로 정적인 상태의 진동 절연 성능이 확보되어야 하므로 차량의 엔진, 유압 기기 등의 가진원의 주파수 성분 분석과 굴삭, 주행, 선회 등의 동적 거동에 의해 발생하는 저주파 가진, 충격 등을 고려해야 한다.

### (2) 강성 결정

기본적으로 캐빈 중량에 의한 위치 별 정적 처짐량과 마운트 스토퍼와의 간극, 캐빈 주변부와의 간섭 등을 검토해야 한다. 이 후 목표 진동 전달률을 만족하는 허용 강성 범위를 결정해야 한다. 사전에 캐빈 중량, 무게중심, 관성모멘트 등의 물성치와 마운트 위치 정보를 확보하고 특정 가진 주파수에서의 목표 전달률을 만족하는 마운트의 동 강성 범위를 결정한다. 이 후 static/dynamic ratio를 이용하여 최종적인 마운트 강성을 선정한다.



$$\text{수직 방향 } f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_z}{M}}$$

피치, 롤 방향

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{2}(f_y^2 + f_{\theta G}^2) - \frac{1}{2}\sqrt{(f_y^2 - f_{\theta G}^2)^2 + 4f_y^4 \varepsilon^2}}$$

$$f_y^2 = \frac{K_y}{M}, \quad f_{\theta G}^2 = \frac{K_\theta + K_y h^2 - Mgh}{I}$$

$$K_y = 2K_2, \quad K_\theta = 2K_1 b^2, \quad \varepsilon = \frac{h}{i}, \quad i = \sqrt{\frac{I}{M}}$$

이와 함께 충격 하중에 의한 동적 처짐량, 주변부 간섭 또한 고려하여 충분한 stroke 확보가 되어야 한다. 보통 다양한 펄스와 조화 입력이 함께 존재하므로 더 나은 절연 효과를 위해 조화 입력의 경우 감쇠비의 작은 값을 선택해야 하지만 충격 외란에 대한 절연의 경우 큰 감쇠비를 요구한다. 충격 하중 작용 시 일반적으로 생각하는 마운트의 절연 성능이 다르다. 충격 하중 작용 시 마운트 변위를 유도하면 아래와 같다. 이를 이용하여 충격 하중 전달 시 최대 변위 응답에 대한 검토가 가능하다.

$$x(t) = \frac{\hat{I}}{2\omega_n m \sqrt{\zeta^2 - 1}} \left[ \exp\left\{ \omega_n (\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1}) t \right\} - \exp\left\{ -\omega_n (\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1}) t \right\} \right]$$

## 3. 결 론

Viscous Mount에 대한 변위, 주파수 별 가진 테스트 결과의 회귀분석으로 동강성 수치 계산식을 유도하고 조화 입력에 대한 진동 전달률 예측이 가능함을 확인하였다. 목표 성능 만족을 위한 마운트 선정에 위해서는 차량의 동적 거동 및 엔진, 유압기기에 의한 진동 절연 관점의 검토와 마운트 정적 처짐, 동 하중, 충격에 의한 처짐 및 이로 인한 주변부 간섭 회피 관점의 검토가 종합적으로 이루어져야 한다. 이와 관련하여 목표 성능 설정 및 최종 마운트 강성 선정 방법, 순서에 대하여 정립하였다.