

자동차 내장용 분무형 제진재의 제진특성

Damping Properties of the Spray Type Vibration Reduction Material for the Use of the Automotive Interior Parts

윤주호*, 윤여성*, 김영명*, 김의용**, 김종수***
Ju Ho Yun, Yeo Seong Yoon, Young Myoung Kim, Eui Yong Kim, Jong Soo Kim

ABSTRACT

The new type of vibration reduction material for an automotive interior, which is spray-type liquid material, is developed in this study. The new material has better damping property and lower mass density than other damping materials, for example asphalt sheet. It can be sprayed by an automatic robot, so it is expected to improve productivity and cut down manpower. And it solves a poor adhesion problem and makes an automotive to be lightweight by optimizing spray process. So, It is a next generation automotive vibration reduction material. In this paper, the chemical process for making the new damping materials is described. And then, the damping properties of the vibration reduction materials are analyzed by modal testing of damping treatment specimens. The new vibration reduction materials have good damping properties than asphalt sheet in the experimental results.

주요기술용어 : Vibration reduction material(제진재), Weight reduction(경량화), Viscoelastic(점탄성), Nomogram(노모그램), Loss Factor(손실계수)

Nomenclature

E : storage modulus

I : second moment of area

e : storage modulus ratio

h : thickness ratio

ρ : mass density

f_n : natural frequency

f_r : reduced frequency

α_1 : shift factor

η : loss factor

1. 서론

최근 자동차의 방음, 방진에 대한 제진기술은 차실내·외의 정숙성, 쾌적성을 확보하는 것이 중요한 기술로 인식되면서 차체의 경량화, 엔진의 고출력 등에 의한 자동차의 상품성 향상 측면으로부터 자동차 실내소음의 저감에 대한 요구

* 회원, 자동차부품연구원 소재기술개발본부

** 회원, 서울시립대학교 화학공학과

*** 회원, 아주대학교 대학원 기계공학과

가 매우 높아지고 있고 이에 대응한 자동차용 제진재의 개발이 급속하게 추진되고 있다.^{1,2)} 한편 지구환경보전과 에너지절약, 저공해를 목표로 자동차의 연비향상을 위한 경량화 연구가 활발히 진행되고 있으며, 자동차의 고급화가 진행됨에 따라 차량 상품성 평가의 직감적 요소가 되는 실내의 정숙성, 안락성 및 쾌적함에 대한 요구에 부응한 방음, 방진, 차음, 제진재료의 개발에도 많은 연구가 진행되고 있다.^{3,4)}

자동차용 제진재는 주행시 외부로부터 부여된 진동에너지를 흡수하여 재료의 동적인 손실 특성에 의해 열에너지로 변환하여 진동을 감쇠시키는 재료를 말한다. 소음·진동을 제어하는 재료는 일반적으로 에너지흡수형태에 따라 차음재료, 진동절연재료로 분류할 수 있다. 급속과 같은 강도와 강성이 높은 재료는 진동과 충격을 가하면 큰 음을 발생시키게 되는데 이러한 현상은 제진능력이 낮기 때문에 일어난다.⁵⁻⁸⁾ 현재 자동차용 제진재로 사용되고 있는 재료는 EVA 시트, PVC 시트, 폴리우레탄 폼, 폴리우레탄 스폰지, 유리섬유, 마블 스폰지(marble sponge), 니들펠트(Needle Felt), 레진펠트(Resin Felt), 비닐, 아스팔트 시트 등이 있으며 이들 재료를 다층구조로 조합하여 밀도, 공극율, 두께, 적층순서에 따른 복합재료를 개발하여 사용하고 있다.^{9,10)} 자동차 내장용 제진재로 사용되는 아스팔트 시트는 가격이 저렴하여 1960년대 전반부터 사용되었고 오늘날 자동차 내장용 제진재로서 주류를 이루고 있다.^{11,12)} 아스팔트 시트는 승용차 기준으로 1대당 10~30kg 정도 사용하고 있으며 비금속재료중에서 큰 비율을 차지하고 있어 경량화에 대한 요구가 증대되고 있다.

아스팔트 시트 제진재는 자동차 생산공정에서 바닥부의 형상에 맞게 시트를 프레스 성형하여 생산라인에서 작업자가 직접 설치하고 전착도장 작업 후 차체의 소부공정에서 열(약 140℃)에 의해 융착시키고 있다. 이 과정에서 발생하는 문제점은 복잡한 형상부위나 종벽부위에 밀착불량이 발생하고 아스팔트 시트의 성형품을 보

관하는 제품저장장고가 별도로 필요하며, 아스팔트의 이행성을 방지하기 위해 분말처리함으로써 도장공정중에 분진이 표면에 부착되어 도장불량의 한 요인으로 나타나고 있어 대체품의 개발이 절실히 요구되고 있다.¹³⁾

이러한 문제를 해결하기 위해서는 점탄성 특성 및 감쇠특성이 우수한 수용성 에멀전 고분자 수지를 이용한 분무형 경량 제진재를 개발하여 로봇분무에 의한 자동도포로 생산인력절감, 생산성향상, 밀착불량방지 등의 효과를 거둘 수 있어 고품질자동차 생산 및 국가경쟁력 향상에 이바지할 수 있을 것으로 사료된다.¹⁴⁻¹⁶⁾ 분무형 제진재는 수용성으로 저공해성이며 자동차 운행중 발생하는 온도인 40℃~60℃에서 제진효과가 크고 대폭적인 경량화를 통하여 연비향상 및 차실내의 정숙성, 쾌적성 등의 요구에 부응할 것으로 기대된다. 본 연구에서는 기존의 아스팔트 시트형 바닥 제진재를 분무형 경량 액상 제진재로 대체하여 최대 70% 정도의 경량화를 이루어 연비향상을 도모함과 동시에 지구환경보전을 위한 무용제화에 부응한 소재를 개발하였다.

본 논문에서는 먼저 분무형 액상 제진재의 개발과정에 대해 기술하였고 개발한 새로운 형태의 제진재를 도포한 강판의 제진특성을 실험하여 기존의 아스팔트 시트 제진재의 제진 성능과 비교 평가하였다.

2. 스프레이형 제진재의 조성 및 물성

2.1 실험조성

분무형 액상 제진재의 배합조성 개발시 광범위한 온도영역에서 제진특성이 우수한 재료개발이 필수적이므로 주성분 수지의 선택시 물성유지를 위한 변성과정이 필요하고 가열경화시 급격한 온도상승에 의한 물의 비등을 방지하기 위해 소부조건 및 경화속도를 조절해야 한다. 또한 도포시 고압분무에 의한 외판의 미스트 오염 방지와 균일한 도포를 위해 분무량 및 분무형태를 제어하기 위한 노즐개발기술이 확립되어야 한다. 실제적

으로 수지 자체만으로 큰 제진효과 및 경량화를 달성할 수 없기 때문에 충전재, 첨가재, 발포재 등을 사용하여 조성물을 개발해야 한다.

실험조성은 고분자수지, 충전재, 첨가재의 특성 및 분산도에 따라 Table 1의 비율로 실험배합하였다.

분무형 제진재의 배합물은 분산도에 따라 적절한 점도를 유지시켜야 차체분무시의 수직면, 수평면, 경사면의 흐름성을 방지할 수 있다. 또한 액상 제진재는 다량의 물이 포함되어 있기 때문에 소부시에 급격한 온도상승에 의한 물의 비등으로 인하여 표면의 부풀음, 균열현상이 발생할 수 있으므로 경화재, 충전재의 보수력과 분산성의 조절, 물의 비등을 억제할 수 있는 첨가재, 발포재들의 선택이 중요하다.^{17,18)} 액상 분무형 제진재의 분산단계는 각각의 충전재에 에너지를 가해주면 입자들의 크기는 작아지고 고분자수지와 의 계면은 더욱 커지게 된다. 이때 에너지수준이 높은 조성물은 원래의 낮은 에너지상태로 돌아가려는 현상이 있어 분산후에도 시간이 지남에 따라 응집, 점도의 변화, 색분리 현상을 일으키므로 효과적인 분산을 시켜야 한다. 분산이 잘된 액상 분무형 제진재는 3차원적인 분산구조 즉, 칙소트로피(Thixotropy) 성질을 가지고 있다.

Table 1 Composition of vibration reduction materials
(단위 : %)

배합재	ISD-1	ISD-2	ISD-3
Acryl emulsion	30	30	30
Acryl변성 urethane	5	10	15
Curring agent	5	5	5
충전재	35	35	35
침강방지재	5	5	5
소포재	0.5	0.5	0.5
동결방지재	2	2	2
기타첨가재	0.5	0.5	0.5
물	17	12	7
합 계	100	100	100

칙소트로피성은 겔(Gel)상태에서 저어주면 졸(Sol)상태로 되고 다시 정치시키면 겔(Gel)상태로 되돌아 가는 히스테리시스성을 말한다. 이러한 칙소트로피성은 차체강판에 분무시 배관으로 이동할 때 전단력이 커져서 점도가 일시적으로 저하되며 분무건을 통과하여 피착체에 분무될때 유동정지상태를 유지시켜 흐름성을 방지할 수 있다.

2.2 일반물성

일반물성에서 점도와 비중의 경우 충전재의 함량이 많고 변성아크릴수지의 양이 많은 경우 큰 것을 알 수 있었고 표면점착성도 묻어나는 것이 없었다. 저장안정성의 경우 저온과 고온의 반복시험후 점도변화율을 측정할 결과 동결방지제를 넣지 않은 것이 점도변화율이 크게 나타난 것으로 보아 동결방지제의 역할이 큰 것으로 사료된다. 한편 점도 조절은 칙소트로피성을 향상시킬 수 있는 첨가재로 흙드실리카(Fumed Silica), 메틸셀룰로오즈(Methyl Cellulose)등이 있으며 본 연구에서는 흙드실리카를 사용하여 흐름성이 없고 분무가 가능한 점도인 70000~80000cps의 점도를 가진 제진재 조성물을 개발하였다. 개발한 분무형 제진재의 일반물성을 Table 2에 나타내었다.

3. 분무형 제진재의 제진성능평가

3.1 제진재의 성능 평가 방법

점탄성 재료의 물성치는 금속재료와는 달리

Table 2 Mechanical properties

Sample	ISD-1	ISD-2	ISD-3	
시험항목				
점도(cps)	72000	76000	85000	
비중	Wet	1.40	1.42	1.43
	Dry	0.88	0.88	0.89
고형분(%)	71	73	74	
표면경도(Hs)	67	74	72	
저장안정성(%)	11	10	10	
표면점착성	이상 없음	이상 없음	이상 없음	

저장탄성계수(storage modulus)와 손실계수(loss factor)로 나타내어지는 복소탄성계수(complex modulus)와 포아송비로 표현되며, 이러한 특성은 온도와 주파수에 대한 함수라고 알려져 있다. 복소탄성계수의 정의는 식 (1)과 같다.

$$E^* = E[1 + i\eta] = E' + jE'' \quad (1)$$

여기에서,

E' : 복소탄성계수의 실수부,

저장탄성계수(storage modulus)

E'' : 복소탄성계수의 허수부, 손실탄성계수

(loss modulus)

$\eta = E''/E'$: 손실계수(loss factor)이다.

현재의 제진 재료 시험법은 제진 처리된 시편의 모달 테스트 결과 중 특정온도와 주파수에서의 손실계수로 성능을 평가하고 있다.¹⁹⁾ 그러나 이러한 방법은 시편마다 다르게 코팅된 제진 시료의 두께나 밀도 등이 고려되지 않아, 단순히 시편간의 결과를 상대 비교하는 것은 옳바르지 않다. 제진 재료의 정확한 특성을 알기 위해서는 제진 시편 실험과 제진 시편의 수학적 모델링을 통한 해석적 방법으로 제진 재료만의 물성치를 알아내야한다. 이를 위해 Ross, Ungar, Kerwin에 의해 제안된 RKU 식을 이용한다.¹⁵⁾ 또한 점탄성 재료의 가장 중요한 특성인 온도-주파수 중첩원리를 이용하여 점탄성 재료의 감쇠특성을 폭넓은 온도와 주파수에 대하여 동시에 나타낼 수 있는 환산주파수 노모그램이라는 기법이 개발되어 사용되고 있다.

먼저 RKU식을 이용한 제진재료의 특성을 파악하는 방법은 다음과 같다. 구조물의 한쪽이나 양면에 제진재료가 코팅된 처리를 비구속형 또는 자유층 감쇠처리라고 하는데 구조물에 굽힘이 일어나면 제진재료는 인장-압축변형을 하게 된다. 이러한 감쇠처리형태를 Fig. 1에 나타내었다.

RKU 식을 이용하여 비구속형 감쇠 처리된 시편의 감쇠 성능을 예측할 수 있는데 그 결과식은 식 (2)와 같다.

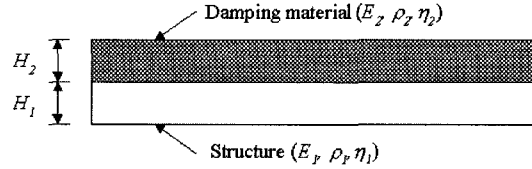


Fig. 1 Free-layer damping treatment

$$\frac{EI}{E_1 I_1} = 1 + eh^3 + 3(1+h)^2 + \left(\frac{eh}{1+eh} \right) \quad (2)$$

여기에서, $e = \frac{E_2}{E_1}$, $h = \frac{H_2}{H_1}$ 이고 E 는 탄성계수, I 는 2차 면적모멘트, H 는 두께, EI 는 굽힘강성이다. 첨자 1은 모재(base structure)를 뜻하고, 첨자 2는 제진 재료층(damping layer), 첨자가 없는 것은 복합(composite)시스템을 의미한다. 제진 재료의 손실계수 η_2 와 시스템의 η 를 식 (2)에 도입하면 다음과 같이 된다.

$$\frac{EI}{E_1 I_1} (1 + i\eta) = 1 + eh^3(1 + i\eta_2) + 3(1+h)^2 \left[\frac{eh(1 + i\eta_2)}{1 + eh(1 + i\eta_2)} \right] \quad (3)$$

식 (3)의 양변을 실수부와 허수부로 나누어 정리하면 다음의 두 식이 유도된다.

$$\frac{EI}{E_1 I_1} = \frac{1 + 4eh + 6eh^2 + 4eh^3 + e^2 h^4}{1 + eh} \quad (4)$$

$$\frac{\eta}{\eta_2} = \frac{eh(3 + 6h + 4h^2 + 2eh^3 + e^2 h^4)}{(1 + eh)(1 + 4eh + 6eh^2 + 4eh^3 + e^2 h^4)} \quad (5)$$

식 (4)는 고유진동수를 예측하는데 사용되어지고 식 (5)는 감쇠 성능을 예측하는데 사용되어진다. 반대로 구조물의 모달 테스트를 통해서 시스템의 고유진동수와 손실계수 등을 측정하면 식 (4)와 (5)를 이용하여 제진 재료만의 탄성계수 E_2 와 손실계수 η_2 를 계산해 낼 수 있다. 식 (4)는 다음과 같은 형태로 바꾸어 쓸 수 있다.

$$\left(\frac{\omega_n}{\omega_{1n}} \right)^2 (1 + h\rho_r) = \frac{1 + 2eh(2 + 3h + 2h^2) + e^2 h^4}{1 + eh} \quad (6)$$

여기에서, $Z^2 = \left(\frac{\omega_n}{\omega_{1n}} \right)^2 (1 + h\rho_r)$ 이라 하면 식 (6)

은 e 에 대한 2차식이 되고 양의 값을 근으로 취하면 e 는 다음과 같은 식으로 구해진다.

$$e = \frac{-(4+6h+4h^2-Z^2)h}{\sqrt{(4+6h+4h^2-Z^2)^2h^2+4h^4(Z^2-1)}} \quad (7)$$

여기에서, $\rho_r = \frac{\rho_2}{\rho_1}$ (밀도비)이며 ω_n 은 시스템의 고유진동수, ω_{1n} 은 금속 빔의 고유진동수, η_n 은 시스템의 손실계수를 뜻한다. 모달 실험을 통해 얻은 제진시편의 고유진동수, 손실계수를 가지고 식 (7)을 이용하여 e 를 계산하면 E_2 를 얻을 수 있고 이 e 값을 식 (5)에 대입하면 η_2 를 계산할 수 있으므로 제진 재료만의 물성치를 추출할 수 있다.

3.2 실험 시편 및 실험장치

본 실험에 사용한 재료들은 총 4가지로 기존의 아스팔트 시트 타입의 제진 재료와 새로 개발한 ISD-1, ISD-2, ISD-3 제품이다. ISD-1, 2, 3은 재료의 조성 성분이 서로 다르며, 이에 따라 최대 손실계수를 갖는 전이온도가 각각 다르다. 이 제진 재료들에 대해 복소탄성계수와 손실계수를 추출함으로써 각 제진 재료의 온도와 주파수에 대한 특성을 알아보고 기존의 아스팔트 타입 제진재와 성능을 비교 평가하였다. 실험에 사용된 시편은 금속 빔의 한쪽면에 제진 재료를 코팅한 Oberst beam 시편으로 형태는 Fig. 2와 같고 모재와 코팅된 제진 재료의 사양은 Table 3과 같다.

Table 3에서 보듯이 ISD 계열의 평균 밀도는 704 Kg/m^3 으로서 기존의 아스팔트 시트의 $1,590$

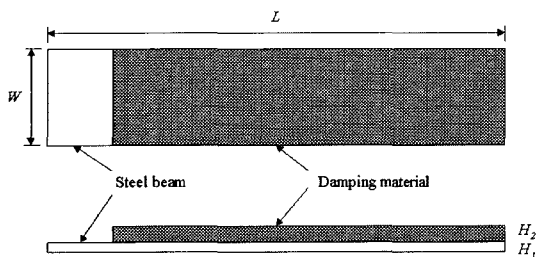


Fig. 2 Shape of vibration reduction material treatment specimen

Table 3 Specification of each damping materials

Material	Mass density ρ [kg/m ³]	Length L [mm]	Width W [mm]	Thickness H [mm]
Steel	7,565	320	30	0.8
ISD-1	624	300	30	5.65
ISD-2	779	300	30	4.07
ISD-3	708	300	30	4.45
Asphalt sheet	1,590	300	30	3.05

Kg/m^3 의 45% 정도이므로 기존 제진재보다 크게 경량화됨을 알 수 있다. 제진재의 두께가 다른 것을 볼 수 있는데 이는 코팅할 때나 경화 시 발포되는 상태에 따라 제진재 층의 두께가 달라지기 때문이다.

본 실험에 사용된 실험 장치를 Fig. 3에 나타냈다. 시편의 경계조건은 일단고정으로 하였으며, 이러한 경계조건을 구성하고 센서를 고정하기 위한 지그를 제작하여 이 지그를 항온조에 장착하고 실험을 하였다. 금속 시편의 한쪽 끝에서 약 20mm 정도는 제진재가 코팅되어 있지 않으며, 이 부분이 바이스에 고정되게 된다. 항온조의 온도조절장치를 이용하여 10°C부터 60°C까지 10°C 단위로 총 6개의 온도에 대해 실험하였다. 사용된 실험장비와 조건을 Table 4에 정리하였다.



Fig. 3 Experimental setup for modal testing

Table 4 Test condition and equipment

Signal analyzer	B&K, 2035
Excitation sensor	B&K, MM0002 (magnetic transducer)
Response sensor	B&K, MM0004 (capacitive transducer)
Excitation signal	Random (white noise)
Temperature	10, 20, 30, 40, 50, 60 °C
Boundary condition	Clamped-Free
Averaging no.	300

3.3 제진시편의 주파수응답함수 측정

Table 4에 명시한 장치들을 이용하여 모재인 금속시편과 제진 시편의 주파수응답함수를 측정하였다. 10°C 부터 60°C 까지 6개의 온도에 대해 실험을 하였으나, 각 시편의 20°C에서의 주파수응답함수만을 Fig. 4에 나타냈다. Fig. 4를 보면 각 시편마다 고유진동수가 다른 것을 알 수 있다.

각 온도별로 측정된 주파수응답함수를 이용하여 모달 파라미터(고유진동수, 모달 댐핑)를 추출하였다. 모달 파라미터 추출에는 상용 모달 해석 프로그램인 "STAR Modal"을 사용하였다.

각 제진시편별, 온도별 주파수응답함수로부터 추출된 손실계수를 Fig. 5에 나타내었다. 일반적으로 자동차용 제진 재료로 사용되는 점탄성 재료의 적용 주파수 범위는 200~700 Hz 정도인

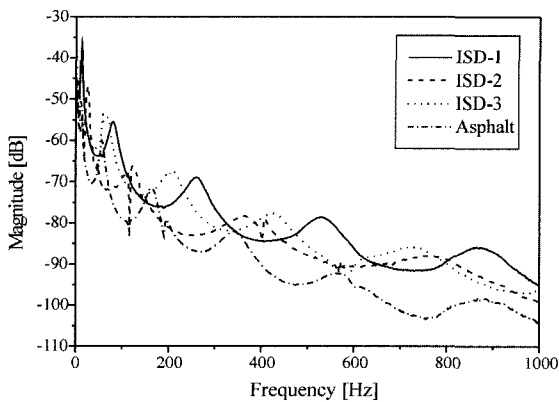
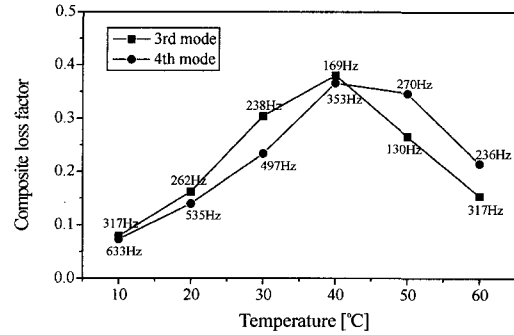
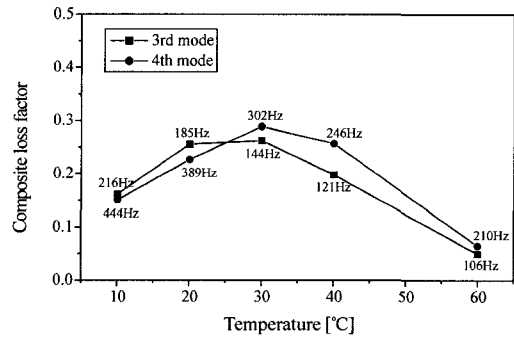


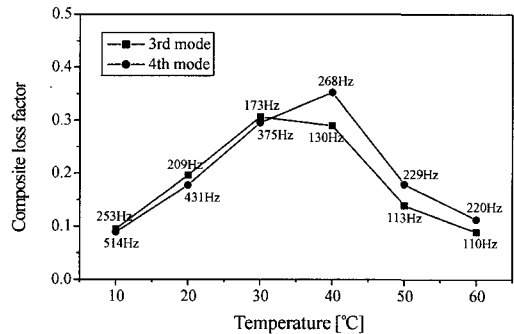
Fig. 4 Frequency response function of each specimen at 20°C



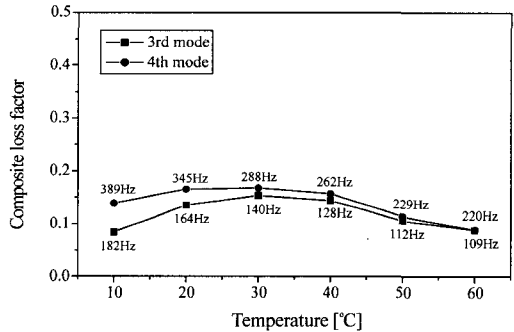
(a) ISD-1



(b) ISD-2



(c) ISD-3



(d) Asphalt sheet

Fig. 5 Loss factor of each material according to temperature and frequency

것을 감안하여 100Hz 이상의 모드에 대한 데이터만 해석에 사용하였다.

온도가 올라감에 따라 각 모드의 주파수가 낮아지는데 이는 온도가 올라감에 따라 제진재의 강성이 작아지기 때문이다. 각 제진재별로 최대 손실계수를 갖는 온도가 다른 것을 알 수 있으며 ISD 계열의 제진재가 아스팔트 타입의 제진재보다 큰 손실계수를 가지고 있음을 알 수 있다. 그러나, 이는 제진시편의 손실계수로서 제진재의 도포두께가 서로 다르므로, 이 결과의 비교로 어느 재료의 제진 성능이 우수한지 판별할 수 없다. 따라서, 이 결과를 바탕으로 식 (5)와 (7)을 이용하여 제진 재료만의 물성치를 추출한 후 환산주파수 노모그램을 작성하였다.

3.4 환산주파수 노모그램 작성

환산주파수 노모그램은 온도-주파수 중첩의 원리를 이용하여 적당한 이동인자(shift factor)를 사용하여 온도와 주파수의 영향을 동시에 고려해 하나의 마스터 그래프로 댐핑 재료의 특성을 표현한 것이다.²⁰⁻²²⁾ 환산주파수 노모그램을 이용하면 특정주파수나 온도에서의 제진재의 복소탄성계수나 손실계수를 예측할 수 있다. Fig. 6에 환산주파수노모그램의 해석과정을 나타내었다.

각각의 온도와 주파수에 대한 결과들을 종합하여 환산주파수 노모그램을 작성하여 Fig. 7에 나타냈다. 기준온도는 전이온도로 하였는데 전이온도란 제진재의 손실탄성계수가 최대가 되는 온도이다. 해석 결과 각 제진재의 기준온도를 Table 5와 같이 정하였다. 제진재의 전이온도에서 제진 시편의 손실계수가 최대가 되어야하나

Table 5 Reference temperature

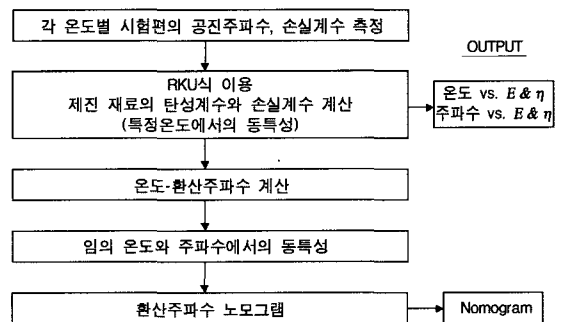
Material	Reference temp.[°C]
ISD-1	30
ISD-2	20
ISD-3	30
Asphalt sheet	20

Table 5의 결과와 제진 시편의 손실계수를 나타낸 Fig. 7을 비교해보면 온도가 서로 일치하지 않는 것을 볼 수 있다. 이는 제진재의 두께에 대한 영향 때문이며 제진재의 두께가 금속 강판의 두께보다 클수록 제진 시편의 최대손실계수 온도는 상승하기 때문이다.

3.5 각 제진재의 손실계수 결과 비교

Fig. 7의 환산주파수 노모그램을 이용하여 제진재의 복소탄성계수와 손실계수를 다항식으로 커브 피팅 할 수 있다. 이 다항식을 이용하면 원하는 온도와 주파수에서의 제진재의 특성을 예측할 수 있다. Fig. 8은 200 Hz에서의 여러 온도에 대한 각각의 제진재의 손실계수를 예측하여 비교한 그림이다.

본 연구 과제에서 개발한 점탄성 제진 재료인 ISD 시리즈는 전체적으로 아스팔트 제진재보다 더 큰 손실계수를 가지며 특히 ISD-2와 ISD-3이



(a) Analysis procedure for measurement of damping material properties

$$\text{Log } \alpha_i = \frac{-C_1(T - T_0)}{C_2 + (T - T_0)}$$

C_1, C_2 : 상수, T_0 : 기준온도, α_i : shift factor

$$\text{환산주파수(reduced frequency)} : f_r$$

$$f_r = \alpha_i \cdot f_n$$

(b) Definition of reduced frequency

Fig. 6 Reduced frequency nomogram

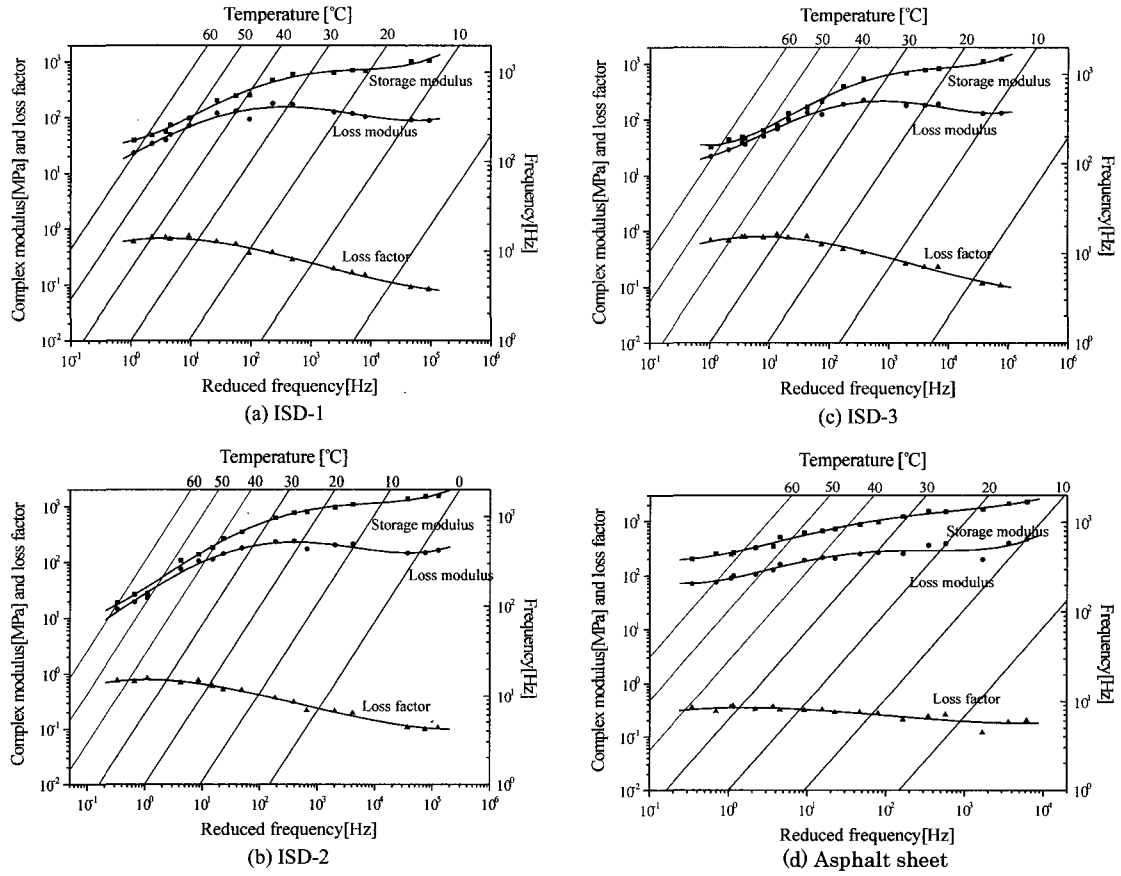


Fig. 7 Reduced frequency nomogram of each damping material

제진 성능이 우수한 것으로 나타났다. 이 결과를 수치로 표시하여 Table 6에 나타냈다.

ISD 계열 점탄성 제진 재료는 기존의 아스팔트 시트 제진재보다 밀도가 절반 이하이고, 200 Hz에서의 특성을 기준으로 할 때 아스팔트 시트 제진재의 손실계수보다 평균적으로 20°C에서 25%, 40°C에서 100%, 60°C에서 113% 만큼 제진 성능이 향상된 것으로 나타났다.

Table 6 Estimated loss factor at 200Hz

Material \ Temp.	20°C	40°C	60°C
ISD-1	0.208	0.563	0.669
ISD-2	0.358	0.698	0.784
ISD-3	0.283	0.723	0.734
Asphalt sheet	0.227	0.331	0.342

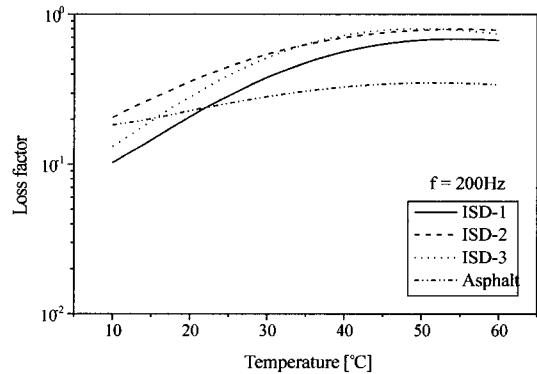


Fig. 8 Loss factor of each damping material according to temperature at 200Hz

4. 결론

본 연구에서는 경량화와 더 우수한 제진 성능을 갖는 자동차용 제진재 개발을 목표로 분무형

태의 새로운 점탄성 제진 재료를 개발하였다. 점탄성 제진 재료에 대한 체계적인 성능 평가 방법을 갖고자 제진재의 특성을 감안한 제진재 성능 평가 기법을 연구하였고 이를 토대로 새롭게 개발된 점탄성 제진재와 기존의 아스팔트 시트 타입의 제진재와의 제진 성능을 비교하였다.

먼저 제진재가 코팅되어 있는 금속시편의 모달테스팅을 통해 제진 재료만의 복소탄성계수와 손실계수를 구하였으며 각 온도별 데이터를 이용해서 환산주파수 노모그램을 작성하여 원하는 온도와 주파수에서의 제진 재료의 특성을 예측할 수 있도록 하였다.

제진재료만의 물성치 추출 결과 전반적으로 ISD 시리즈는 아스팔트 제진재보다 높은 손실계수를 가졌으며 ISD-2와 ISD-3의 성능이 특히 우수하였다. 200Hz에서의 특성을 기준으로 분무형 점탄성 제진재는 아스팔트 제진재보다 전 온도 영역에서 평균 80% 정도 제진 성능이 향상된 것으로 나타났다. 개발된 분무형 점탄성 제진 재료는 그 성분 조성의 변화를 통하여 최대 제진 성능을 나타내는 온도를 변화할 수 있으므로 원하는 목적에 따라 제품을 개발할 수 있는 장점을 지니고 있다.

후 기

본 연구는 산업자원부에서 지원한 중기거점 기술개발사업(저연비 자동차핵심 기술개발사업)으로 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- 1) 中里和辛, 福留秀汽, 多機能付与 吹付け型 制振材の開発, 日本自動車技術, Vol.51, No. 5, 1997.
- 2) 中里ほか, “吹付け型フロア制振材の實用, 自動車技術, Vol.50, No.5, 1996.
- 3) 井上茂, “自動車の防振・騒音と制振材料, 騒音制御,” Vol.15, No.1, 1991.
- 4) 井上茂, “自動車用防音材料と輕量化,” 日本自動車技術, Vol.46, No.6, 1992.
- 5) 前川ほか, “フロア用制振材,” 自動車技術, Vol. 44, No.6, 1990.
- 6) 鈴木浩平, 振動を制する, Technolife Series, 1998.
- 7) 藤森義次, “これからの自動車材料技術, Plastic 材料編, 1998.
- 8) “Damping Materials-Graphical Presentation of the Complex Modulus,” ISO 10112, 1991.
- 9) 古川博章外 2名, 高分子材料の粘弾性と制振特性改良への材料技術,” 日本自動車 技術, Vol.49, No.6, 1995.
- 10) 西澤, “特殊制振材料とエラストマ-,” 日本ゴム協會講演會資料, 1996.
- 11) 전오성, “방음방진대책,” 고분자기술, Vol. 33, 1995.
- 12) 이정권, 김인동, 이영섭, “차실내소음개선을 위한 차음재 및 제진재의 효과적 적용,” 자동차학회지, 제14권 제4호, 1992.
- 13) 長松昭男, 制振に関する研究動向, 日本自動車技術, Vol.49, No.6, 1995.
- 14) 西澤, “制振材としての高分子材料の材料設計と應用, ポリマ-ダイジェスト, 10月号, p.17, 1996.
- 15) J. D. Ferry., Viscoelastic Properties of Polymers, John Wiley & Sons, 1980.
- 16) D. W. Van Krcvelen, Properties of Polymers, 3rd Ed., p.129, 1990.
- 17) 特開平8-182961.
- 18) 特開平7-145331.
- 19) 제진 강판의 진동 감쇠 특성 시험 방법, 한국 산업규격 KS D 0076, 2000.
- 20) S. Inoue, 자동차용 제진 재료에 관한 전문가 초청 기술 세미나 자료집, 자동차부품연구원, 1999.
- 21) S. Daimon, K. Ohi, S. Inoue, Modern Nomogram Software for Estimating Damping Characteristics, JSAE 9433425, 1994.
- 22) 이장무, 모달해석의 이론과 응용, 1994.