

방진마운트 개발을 위한 와이어 메쉬 탄성계수 추출

Elastic Modulus Extraction of Wire Mesh for Vibration Mount Development

김 태 연* · 신 윤 호† · 문 석 준* · 정 병 창* · 이 태 진**
T. Y. Kim, Y. H. Shin, S. J. Moon, B. C. Jung and T. J. Lee

(Received August 12, 2016 ; Revised October 18, 2016 ; Accepted October 18, 2016)

Key Words : Wire Mesh(와이어 메쉬), Linear Regression Analysis(선형 회귀 분석), Elastic Modulus(탄성계수), Dynamic Ratio(동배율)

ABSTRACT

To alleviate the vibration problem or to satisfy the required criteria for manifesting the guaranteed performance of precise equipment, various vibration isolation materials or apparatus, such as viscoelastic material, air and coil spring, have been developed and applied. Among them, a wire mesh material is regarded as one of the good candidate for reducing the vibration in terms of moderate material price, easy shape machining and long life cycle without the property deterioration induced by the aging or environmental effects. In this paper, prior to wire mesh isolator design, the static and dynamic elastic modulus of wire mesh materials are extracted from the experiment by the simple shaped cylindrical specimens and their characteristics for applying to vibration isolator design are examined. The simple shaped specimens were made as considering the design parameters of a wire mesh mount; i.e. the density, wire diameter and wire mesh slope, and the sensitivity analysis were also performed from a view point of the extracted elastic modulus.

1. 서 론

정밀 가공 관련 산업 발전과 기계 장치들의 소형화·정밀화·자동화에 따라, 장비 성능의 최대 구현을 위해 요구되는 공정의 진동 허용 규제도 엄격해지고 있다. 이를 위해 진동 저감을 위한 여러 분야의 연구가 진행되어 왔으며, 장비 설계에 영향을 최소화 하면서 요구되는 진동 기준을 만족하기 위해 가장 빈번하게 적용되는 것이 방진마운트이다. 방진마운트는 외부로부터 전달되는 진동 또는 충격으로부

터 장비를 보호하거나, 내부 기진원에서 발생하는 진동을 외부 환경 또는 운전자에게 전달되지 않도록 분리 시켜 주는 기계요소이다.

방진마운트용 절연요소의 종류에는 철과 같은 금속을 이용한 코일 스프링, 압축성 유체인 공기를 이용한 공기 스프링, 고무 같은 점탄성 재료를 이용한 점탄성 제진 요소가 있다⁽¹⁾.

방진 장치 제작을 위한 다양한 재료 중 와이어 메쉬 마운트는 와이어 메쉬 밀도 및 금속 재질에 따라 변화되는 재질 특성을 이용한 금속 방진 마운트이다. 와이어 메쉬는 저렴한 원료비와 주변 온도 변

† Corresponding Author; Member, Korea Institute of Machinery & Materials
E-mail : shinyg77@kimm.re.kr

* Member, Korea Institute of Machinery & Materials

** Jinyoung Korea Co., Ltd.

‡ Recommended by Editor Gi-Woo Kim

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

화, 화학물질에 의한 영향이 적으며, 물성의 변화 없이 가용 수명이 긴 장점이 있다. 이러한 특징을 이용하여 최근에는 자동차, 조선 등의 다양한 기계 산업 분야에서 진동/충격 방지용 실링(seal ring), 쿠션(cushion), 가스킷(gasket) 등의 요소 부품 제작에 적용되고 있으며, 절연 성능을 향상시키기 위한 목적으로 와이어 소재에 의탄성 형상기억합금(pseudo-elastic shape memory alloy) 소재를 적용하는 연구 등의 우주 산업 분야의 연구에도 이용되고 있다^(2,3). 그러나 와이어 메쉬 가공 기술과 양산화 공정 구축 어려움 등으로 인하여 다양한 형태의 메쉬 제작의 어려움이 존재한다. 이로 인하여 국내 상용화 실적이 다른 형태의 마운트와 비교하여 상대적으로 적으며, 마운트의 절연요소로서 재질 특성과 관련한 연구가 미미한 실정이다.

이 논문에서는 와이어 메쉬를 활용한 마운트 제품 설계 응용을 목적으로 와이어 메쉬 재질 특성 파악을 위한 실험을 수행하고, 방진마운트 설계 관점에서 재질 특성에 대해 논의하였다. 이를 위해 와이어 메쉬 특성 파악을 위한 원통형 압축 시험 시편을 제작하였으며⁽⁴⁾, 재료시험기 및 유료하중을 포함한 단순화된 마운트 계를 이용하여 동탄성계수를 추출하는 시험을 수행하였다. 이를 바탕으로 방진 요소로 활용하기 위한 와이어 메쉬의 장·단점을 논의하였으며 향후 마운트 설계를 위한 실험 D/B를 구축하였다.

2. 와이어 메쉬 재질의 특성 파악을 위한 단순 형상 시편 제작

와이어 메쉬 재질 특성 파악을 위한 시편은 단순한 형상의 원기둥으로 제작하였다. 이는 탄성계수 추출을 위한 치수 정보 확보가 용이하며, 압축 시험은 좌굴 현상이 발생될 수 있으므로 인장과 달리 세장비가 작게 제작되어야 하기에 이를 고려하여 Fig. 1에 도시한 바와 같이 원기둥 형상의 시편을 제작하였다⁽⁵⁻⁷⁾. 이 실험에 사용된 시편은 $\varnothing 30 \times 40$, $\varnothing 40 \times 40$, $\varnothing 30 \times 20$, $\varnothing 40 \times 20$ 의 크기로 제작하였으며, 설계 변수로는 강성에 큰 영향을 미칠 것으로 판단되는 밀도(ρ), 산성형(s), 와이어 굵기(d)를 고려하였다. 여기서 산성형은 와이어 메쉬의 제작 규격으로서 세부적인 사항은 Fig. 2에 제시하였다.

와이어 메쉬의 제작 공정을 정리하면 다음과 같으며, 제작된 시편의 세부 사항은 Table 1과 같다.

- (1) 강재 와이어 소재를 이용하여 Fig. 2(a)와 같이 와이어 메쉬를 제작한다.
- (2) 가공된 와이어 메쉬를 Fig. 2(b)와 같이 정해진 규격으로 제작 후 감는다.
- (3) Fig. 2(c)와 같이 형상 제작 치구에 장착하여 감겨진 와이어 메쉬를 장착하고 기계적으로 압착하여 원하는 형상으로 소성 변형 시켜 해당 재질을 제작한다.
- (4) Fig. 1은 단순 형상 시편으로 제작이 완료된 모습이다.

여기서 밀도, 산성형, 감는 횟수를 통하여 시편의 형상, 크기, 강성을 조절하는 것이 가능하다.

Table 1 Experimental specimen for material property extraction

Specimen size(mm)	Wire diameter, d (mm)	Density, ρ (g/cm^3)	Wire mesh slope ratio, s
$\varnothing 40 \times 40$	$\varnothing 0.15$	1.5	Small
$\varnothing 40 \times 40$	$\varnothing 0.15$	1.5	Large
$\varnothing 40 \times 40$	$\varnothing 0.20$	1.5	Small
$\varnothing 40 \times 40$	$\varnothing 0.20$	1.5	Large
$\varnothing 40 \times 40$	$\varnothing 0.15$	1.3	Small
$\varnothing 40 \times 40$	$\varnothing 0.15$	1.3	Large
$\varnothing 40 \times 40$	$\varnothing 0.20$	1.3	Small
$\varnothing 40 \times 40$	$\varnothing 0.20$	1.3	Large
$\varnothing 30 \times 40$	$\varnothing 0.15$	1.5	Small
$\varnothing 30 \times 40$	$\varnothing 0.15$	1.5	Large
$\varnothing 30 \times 40$	$\varnothing 0.20$	1.5	Small
$\varnothing 30 \times 40$	$\varnothing 0.20$	1.5	Large
$\varnothing 30 \times 40$	$\varnothing 0.15$	1.3	Small
$\varnothing 30 \times 40$	$\varnothing 0.15$	1.3	Large
$\varnothing 30 \times 40$	$\varnothing 0.20$	1.3	Small
$\varnothing 30 \times 40$	$\varnothing 0.20$	1.3	Large
$\varnothing 40 \times 20$	$\varnothing 0.15$	1.5	Small
$\varnothing 40 \times 20$	$\varnothing 0.15$	1.3	Large
$\varnothing 40 \times 20$	$\varnothing 0.15$	1.5	Small
$\varnothing 40 \times 20$	$\varnothing 0.15$	1.3	Large
$\varnothing 30 \times 20$	$\varnothing 0.15$	1.5	Small
$\varnothing 30 \times 20$	$\varnothing 0.15$	1.3	Large
$\varnothing 30 \times 20$	$\varnothing 0.15$	1.5	Small
$\varnothing 30 \times 20$	$\varnothing 0.15$	1.3	Large

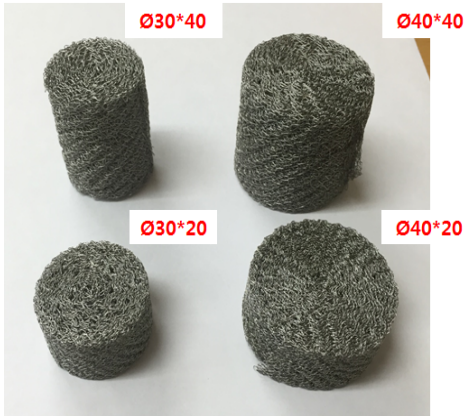
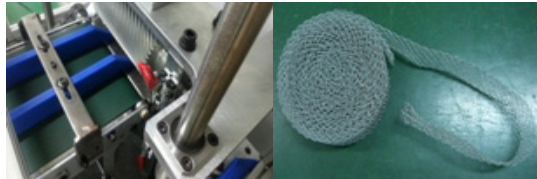


Fig. 1 Experimental specimen for material property extraction



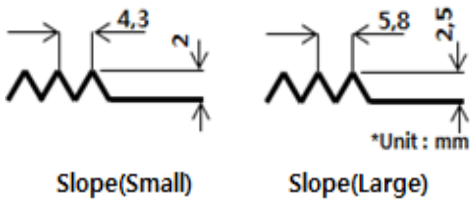
(a) Wire mesh weaving process



(b) Rolling and slope forming process



(c) Pressing and shaping process



(d) Slope forming definition

Fig. 2 Manufacturing procedure of wire mesh specimen

3. 단순 형상 시편에 대한 물성치 추출 실험

3.1 재료시험기를 이용한 정적 물성치 추출

단순 형상 시편의 강성계수 추출을 위한 하중-변위 선도를 계측하기 위해 Fig. 3과 같이 유압을 이용하는 재료시험기인 MTS-810을 이용하여 시편에 대한 압축 실험을 수행하였다. 정적 물성치 특성을 측정하기 위하여 압축 속도는 2 mm/min으로 설정하였으며, 재질의 대표적인 특성 제시를 위하여 4개의 동일한 시편에 대해 계측된 정적 강성계수 결과의 평균값을 이용하였다.

Fig. 4는 압축하중-변위 곡선을 나타내며 시편이 초기 압축(1회)에서는 메쉬 내부 공간으로 인해 작은 하중으로도 상대적으로 큰 변형이 발생하는 것이 관찰 되었으며, 압축 회수가 반복됨에 따라 변형을 위해 상대적으로 큰 하중이 필요한 결과를 나타내었다. 그리고 충분히 낮은 압축 속도(2 mm/min)를 적용했음에도 불구하고, 부하(loading)와 제하(unloading) 시 다른 하중-변형 양상이 관찰되었다. 이로부터 재질의 큰 감쇠를 예상해 볼 수 있었으며, 하중-변형의 초기 압축(1회)을 제외한 3회 압축 결과의 산술 평균을 이용하여 각 시편의 정강성계수를 추출하였다. Fig. 5는 단순 형상 시편 크기에 따른 하중-변위 곡선이며 앞서 언급한 특징과 동일한 경향이 모든 시편에서 관찰되었다.



Fig. 3 Static load-deflection measurement configuration for wire mesh specimen

하중-변위 선도를 이용하여 계산된 정적 강성계수와 단순 형상 시편의 형상 정보를 이용하여 식 (1) 과 같이 정적 탄성계수를 산출하였다.

$$E = \frac{k_s L}{A} \tag{1}$$

도출결과에 대한 경향성 파악을 위하여 선형회귀 분석을 수행하였으며, 탄성계수에 영향을 미치는 매개변수는 와이어지름(d), 밀도(ρ), 산성형(s)으로 설정하였다. 탄성계수와 회귀분석을 실시한 결과는 식 (2)와 Table 3과 같다.

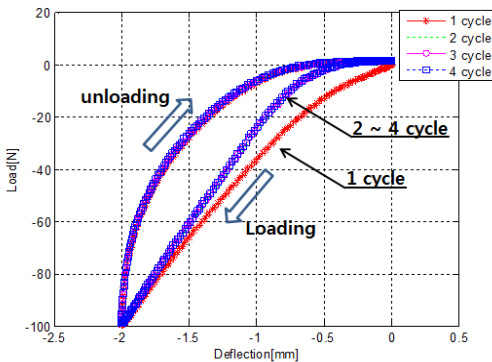


Fig. 4 Measurement results of load-deflection curve for wire mesh specimen

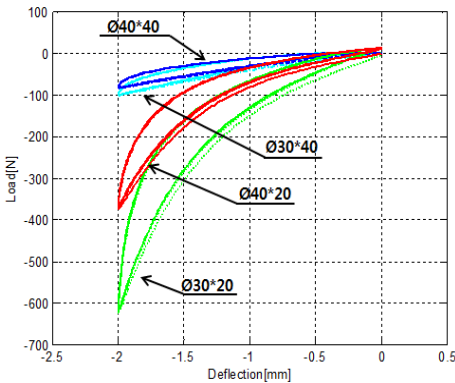


Fig. 5 Measurement results of load-deflection curve for wire mesh specimens

Table 2 Static elastic modulus for wire mesh specimen

Specimen size (mm)	Wire diameter, d (mm)	Density, ρ (g/cm^3)	Wire mesh slope ratio, s	Elastic modulus (N/m^2)
Ø40×40	Ø0.15	1.5	Small	2.02×10^6
Ø40×40	Ø0.15	1.5	Large	1.79×10^6
Ø40×40	Ø0.20	1.5	Small	2.45×10^6
Ø40×40	Ø0.20	1.5	Large	2.04×10^6
Ø40×40	Ø0.15	1.3	Small	1.33×10^6
Ø40×40	Ø0.15	1.3	Large	8.83×10^5
Ø40×40	Ø0.20	1.3	Small	1.26×10^6
Ø40×40	Ø0.20	1.3	Large	1.11×10^6
Ø30×40	Ø0.15	1.5	Small	2.97×10^6
Ø30×40	Ø0.15	1.5	Large	1.91×10^6
Ø30×40	Ø0.20	1.5	Small	2.91×10^6
Ø30×40	Ø0.20	1.5	Large	2.21×10^6
Ø30×40	Ø0.15	1.3	Small	1.60×10^6
Ø30×40	Ø0.15	1.3	Large	1.29×10^6
Ø30×40	Ø0.20	1.3	Small	1.88×10^6
Ø30×40	Ø0.20	1.3	Large	1.57×10^6
Ø40×20	Ø0.15	1.5	Small	2.22×10^6
Ø40×20	Ø0.15	1.3	Large	1.71×10^6
Ø40×20	Ø0.15	1.5	Small	1.37×10^6
Ø40×20	Ø0.15	1.3	Large	1.27×10^6
Ø30×20	Ø0.15	1.5	Small	2.26×10^6
Ø30×20	Ø0.15	1.3	Large	2.33×10^6
Ø30×20	Ø0.15	1.5	Small	2.22×10^6
Ø30×20	Ø0.15	1.3	Large	1.64×10^6

Table 3 Linear regression analysis results for elastic modulus

Regression analysis statistic		Coefficient	
Multiple correlation coefficient	0.83	Y-intercept	1.61×10^6
		Wire diameter (mm)	1.26×10^5
Number of observation	24	Density (g/cm^3)	7.82×10^5
		Wire mesh slope ratio	-3.94×10^5

$$E = 1000(782\rho_n + 126d_n - 394s_n + 1612) \quad (2)$$

ρ_n : 밀도
 d_n : 와이어 지름
 s_n : 산성형

단순선형회귀분석 결과로부터 상관계수는 0.83 탄성계수의 예측도가 나타났으며, 탄성계수를 결정하는 민감도 순위는 밀도(ρ) > 산성형(s) > 와이어지름(d) 순으로 관찰되었다.

단, 동일한 표준시편제작에 대해 가공오차가 관찰되며 이는 시편에 따른 탄성계수 값의 차이를 나타냈으며 그 차이는 약 15%로 계산되었다. 이 연구에서는 동일한 4개 시편의 평균값으로 비교하였다.

3.2 충격실험을 통한 동적 물성치 추출

일반적인 방진 재질은 정적 물성치와 동적 물성치 사이에 일정한 차이를 가진다. 이는 감쇠가 큰 재질의 경우 그 비가 크게 관찰되며, 동배율(dynamic ratio)을 이용하여 나타낸다.

대표적인 방진 재질인 점탄성 재질의 경우 배합에 따라 2 이하의 동배율을 보이며⁽⁸⁾, 동적 탄성계수는 계의 고유진동수를 결정하는 주요한 물성치 정보이다.

동적 탄성계수를 추출하기 위한 방법으로 가장 쉽게 적용할 수 있는 방법이 충격 시험(impact test)을 통한 관심 주파수 부위에서 추출한 동적 강성계수와 시편의 형상 정보를 이용하여 물성치를 추출하는 방법이며, 이를 관심 주파수 주변 구간의 대푯값으로 정의한다.

동적 탄성계수 추출의 경우, 대표적인 시편에 대한 특성을 관찰하기 위하여 시험계획법을 적용하였으며, 이로부터 Table 4와 같이 8개의 시험편을 선정하였다. 시편 상부에 계의 안정성을 보장하면서 하중을 부가하기 위하여 Fig. 6과 같이 4개의 원기둥형 시편을 1set으로 구성하여 동강성계수 추출 실험을 수행하였다.

충격 실험을 위한 실험 장치 구성은 Fig. 6과 같으며, 전용 계측장비(B&K Pulse Analyzer)를 이용하여 계측하였다. 관심 주파수 구간에서의 대푯값을 추출하기 위하여 상부 유효하중(payload)의 크기를 6.9 kg ~ 31 kg까지 변경하며 반복 실험을 수행하였으

Table 4 Experimental specimen for dynamic material property extraction

Specimen #	Wire diameter, d (mm)	Specimen size (mm)	Density, ρ (g/cm^3)	Wire mesh slope ratio, s
#1	Ø0.15	Ø30×40	1.3	Small
#2	Ø0.15	Ø40×40	1.3	Large
#3	Ø0.20	Ø30×40	1.3	Large
#4	Ø0.20	Ø40×40	1.3	Small
#5	Ø0.15	Ø30×40	1.5	Large
#6	Ø0.15	Ø40×40	1.5	Small
#7	Ø0.20	Ø30×40	1.5	Small
#8	Ø0.20	Ø40×40	1.5	Large

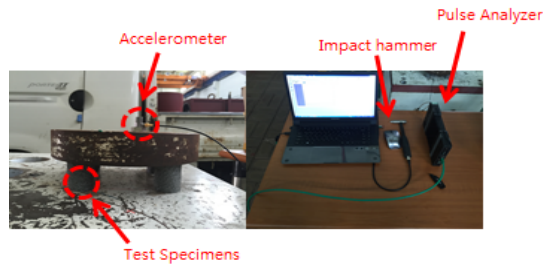


Fig. 6 Experimental set-up for impact test

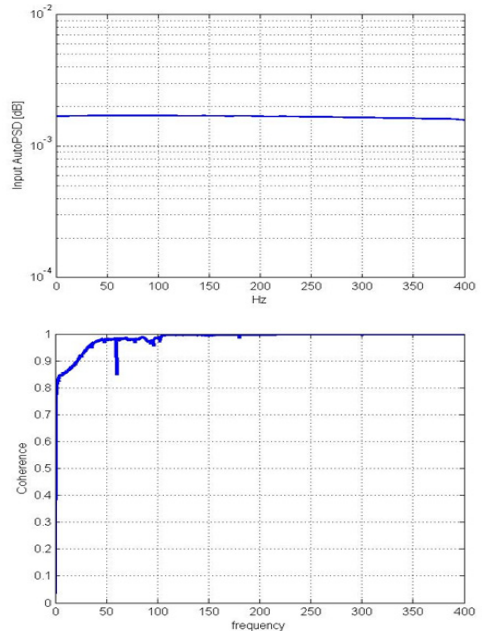


Fig. 7 Input force power spectrum density(up) and coherence between force and acceleration(down)

며, 신뢰성 확인을 위한 입력 힘의 자기스펙트럼밀도(auto-power spectrum density(PSD))와 입·출력 사이의 상관도(coherence)를 Fig. 7과 같이 확인하였다.

Fig. 8과 Fig. 9는 원기동형 단순 형상 시편 중 시편 #8의 결과를 한 예로 보여주고 있다. 유효하중이 6.9 kg, 16 kg, 22 kg, 28.5 kg, 31 kg일 때의 결과를 도시하였다.

주파수 응답함수로부터 고유진동수를 추출하고, 1 자유도 계를 가정한 아래 식을 통해 동적 강성계수를 하중 조건 별로 계산하였다.

$$k_d = \frac{w_n^2 \cdot m}{4} \tag{3}$$

충격실험 결과, 유효하중 22 kg까지의 고유진동수는 75 Hz에서 51 Hz로 감소했으나(Table 5 참조), 그 이후 하중에서는 고유진동수가 증가하여 강성이

크게 증가하는 현상이 관찰되었다. 정하중에 따른 변형이 선형적으로 나타난 하중 조건은 16 kg ~ 22 kg로 관찰되었으며, 6.9 kg 유효하중에서의 동강성은 16 kg ~ 22 kg 구간 보다 상대적으로 낮게 추출되었다. 이는 유효하중이 작아서 4점으로 지지한 와이어 메쉬 시편이 지지부 및 강성 요소로서 역할을 하지 못하여 나타난 결과로 판단되며, 이러한 현상은 유효하중 증가에 따라 발생되지 않는다. 22 kg 이상의 유효하중 구간에 대해서는 강성이 비선형적으로 크게 증가하는 경향이 관찰되었으며, 정하중 증가에 의한 와이어 메쉬 밀도 증가로 인해 강성이 증가하는 구간이 발생한다고 판단되며 시편 높이 대비 약 4 % 이상의 변형 구간부터 경화 현상이 관찰되었다. 이러한 경화 현상은 와이어 메쉬 재질을 이용한 방진 요소 설계 시 제약 조건으로서, 밀도 변화가 현저하게 발생하는 수직 방향의 강성 요소 설계보다는 횡방향 변형을 함께 감안한 설계가 이루어져야 한다고 판단된다.

도출결과에 대한 경향성 파악을 위하여 선형회귀 분석을 수행하였으며, 동적 탄성계수에 영향을 미치는 매개변수는 정적 탄성계수와 같은 와이어지름(d), 밀도(ρ), 산성형(s)으로 고려하였으며, 정적처짐에 의한 동적인 탄성계수의 민감도를 파악하기 위해 연신율(ϵ)을 추가하였다(Table 6 참조).

동적 탄성계수에 대한 회귀분석을 수행한 결과는 식 (4)와 Table 7과 같다.

$$E = 10000(2016\epsilon_n + 881\rho_n - 180d_n - 284s_n + 458) \tag{4}$$

- ρ_n : 밀도
- d_n : 와이어 지름
- s_n : 산성형
- ϵ_n : 연신율

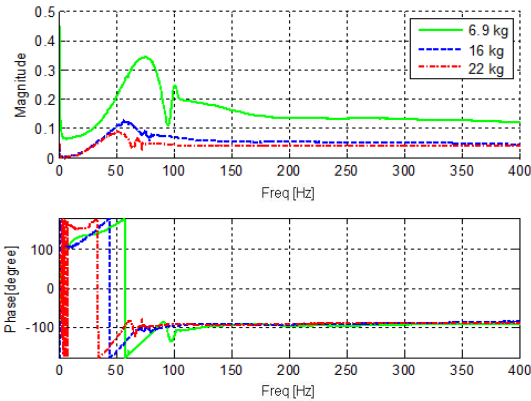


Fig. 8 Frequency response function of specimen #8

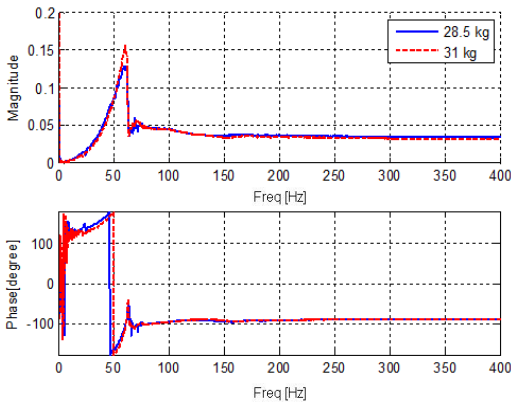


Fig. 9 Frequency response function of specimen #8

Table 5 Dynamic elastic modulus of specimen #8

Payload for 4 EA specimen (kg)	6.9	16	22	28.5	31
Natural frequency (Hz)	75.0	58.0	51.0	59.8	60.0
Dynamic stiffness (N/m)	3.83×10^5	5.31×10^5	5.65×10^5	1.00×10^6	1.11×10^6
Dynamic elastic modulus(N/m ²)	1.22×10^7	1.69×10^7	1.80×10^7	3.20×10^7	3.52×10^7
Damping ratio	0.22	0.23	0.22	0.09	0.07
Elongation	0.20	1.04	1.30	1.70	1.70

Table 6 Orthogonal arrays of elastic mount

No.	Factor				
	Elongation, ϵ	Wire diameter, d (mm)	Density, ρ (g/cm^3)	Wire mesh slope ratio, s	Elastic modulus (N/m^2)
1	0.30	0	0	0	1.12×10^7
2	0.44	0	0	0	2.21×10^7
3	1.00	0	0	0	2.49×10^7
4	0.48	0	0	1	7.15×10^6
5	0.66	0	0	1	1.04×10^7
6	0.67	0	0	1	1.40×10^7
7	0.30	1	0	1	1.09×10^7
8	0.62	1	0	1	1.61×10^7
9	1.00	1	0	1	1.94×10^7
10	0.17	1	0	0	6.61×10^6
11	0.60	1	0	0	1.15×10^7
12	0.67	1	0	0	1.28×10^7
13	0.30	0	1	1	1.44×10^7
14	0.63	0	1	1	2.61×10^7
15	0.92	0	1	1	3.23×10^7
16	0.04	0	1	0	9.57×10^6
17	0.27	0	1	0	1.89×10^7
18	0.31	0	1	0	2.15×10^7
19	0.35	1	1	0	1.69×10^7
20	0.45	1	1	0	2.26×10^7
21	0.65	1	1	0	2.49×10^7
22	0.09	1	1	1	1.22×10^7
23	0.45	1	1	1	1.69×10^7
24	0.57	1	1	1	1.80×10^7

Table 7 Linear regression analysis results for elastic modulus

Regression analysis statistic		Coefficient	
Multiple correlation coefficient	0.86	Y-intercept	4.58×10^6
		Wire diameter (mm)	-1.80×10^6
		Density (g/cm^3)	8.80×10^6
Number of observation	24	Wire mesh slope ratio	-2.84×10^6
		Elongation	2.01×10^7

단순선형회귀분석 결과로부터 상관계수는 0.86로 탄성계수의 예측도가 나타났으며, 탄성계수를 결정하는 민감도 순위는 처짐(ϵ) > 밀도(ρ) > 산성형(s) > 와이어지름(d) 순으로 관찰되었다. 여기서 처짐을 제외한다면 정적 탄성계수의 민감도 결과와 같은 순위이다.

Table 8 Dynamic ratio of representative cylindrical specimens

Specimen #	Dynamic elastic modulus (N/m^2)	Static elastic modulus (N/m^2)	Dynamic ratio
#1	1.94×10^7	1.60×10^6	12.1
#2	1.05×10^7	8.83×10^5	11.9
#3	1.55×10^7	1.57×10^6	9.8
#4	1.03×10^7	1.27×10^6	8.1
#5	2.43×10^7	1.92×10^6	12.7
#6	1.67×10^7	2.02×10^6	8.2
#7	2.15×10^7	2.91×10^6	7.4
#8	1.57×10^7	2.04×10^6	7.7

3.3 충격 실험과 압축실험 결과 고찰

재료시험기를 이용한 정적 탄성계수와 충격실험을 통한 동적 탄성계수를 바탕으로 단순 형상의 원기둥 시편에 대해서 동배율(dynamic ratio)을 도출하였다. 와이어 메쉬 재질의 동배율은 9 이상으로 점탄성 재료가 대부분 2 이하인 점을 감안하면 동배율이 상당히 높게 관찰되며 이는 마운트 재질 관점에서 동일한 유효하중에 대해 고유진동수를 상대적으로 높게 가진다는 점을 바탕으로 판단할 때, 단점으로 지적될 수 있다(Table 8 참조). 그러나 상대적으로 큰 감쇠를 가지는 재질로서 상부에 설치되는 장비 등의 과진동에 대한 빠른 정착시간을 가질 수 있다는 장점을 가진다.

4. 결 론

와이어 메쉬 마운트 설계·개발을 위해서는 와이어 메쉬 재질의 특성 파악이 선행되어야 한다. 이 연구에서는 마운트의 정적/동적 물성치로 간주되는 정적/동적 탄성계수를 파악하기 위하여 단순 형상의 원기둥형 시편을 제작하여 재료시험기와 유효하중을 포함한 단순화된 절연계를 이용하여 정적/동적 탄성계수를 추출하는 시험을 수행하였다. 정적 탄성계수 실험 결과로부터 탄성계수를 결정하기 위한 매개변수들의 관계를 선형회귀분석을 통해 정리하였고, 메쉬 재질이 밀도(ρ) > 산성형(s) > 와이어지름(d) 순으로 탄성계수 결정에 민감함을 파악하였다.

동적 탄성계수 파악을 위한 충격실험 수행 결과, 정적 처짐으로 인한 유효하중 증가가 메쉬의 밀도

증가를 발생시켰으며, 이로 인해 정하중에 따른 지속적인 강성 증가 현상이 관찰되었다. 이로부터 와이어 메쉬 마운트 설계 시 압축 방향 마운트 설계 보다는 횡방향 하중을 동시에 받는 방향으로 마운트를 설계할 것을 제안하였다. 동적 탄성계수 실험 결과로부터 매개변수들에 대한 선형회귀 분석 결과를 정리하였고, 메쉬 재질이 처짐(ϵ) > 밀도(ρ) > 산성형(s) > 와이어지름(d) 순으로 탄성계수 결정에 민감함을 파악하였다. 정적/동적 탄성계수 비인 동배율을 계산하였으며, 다른 마운트 재질과 비교하여 상대적으로 큰 동배율이 관찰되었다. 이로부터 와이어 메쉬 마운트는 유료하중 대비 상대적으로 큰 고유진동수를 가지는 반면, 빠른 정착시간을 가지는 마운트 설계가 가능할 것으로 판단하였다.

후 기

이 논문은 중소기업청 융복합기술개발사업 중 “사물인터넷 기술을 적용한 와이어 메쉬 및 능동진동제어 소재기반의 하이브리드 마운트 개발(과제번호: S2356783)”과제의 결과임을 밝힙니다.

References

(1) Moon, S. J., Shin, Y. H., Chung, J. H. and Song, C. K., 2014, Experimental Review on Dynamic Characteristics of the Commercial Mounts for Vibration Reduction, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol 24, No 9, pp. 687~694.

(2) Youn, S.-H., Jeong, H.-K. and Han, J.-H., 2011, Comparisons of Isolation Performances for the SMA Mesh Washer Isolator with the Variation of Pre-compressed Displacement, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 21, No. 2, pp. 162~168.

(3) Youn, S.-H., 2010, Development of Pyroshock

Mesh Isolator Based on SMA Pseudoelasticity, Doctoral Thesis.

(4) Shin, Y.-H., 2004, Analysis of Viscoelastic Material Under Small-amplitude Vibration Superimposed on Static Compression Strain Using Commercial Fem Code, Master's Thesis.

(5) ASTM D2231, Standard Practice for Rubber Properties in Forced Vibration.

(6) Lee, W.-S., Lee, H.-J., Cho, J.-H., Kim, J.-S., Youn, S.-K. and Kim, K.-J., 2003, Testing for Identification of Dynamic Properties of Viscoelastic Material Subject to Large Static Deformation, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 13, No. 2, pp. 132~143.

(7) KS M6604-1985, Testing Method for Rubber Vibration Isolators.

(8) Gobel, E. F. and Brichta, A. M., 1974, Rubber Spring Design, Newnes-Butterworths.



Tae-Yeon Kim is currently pursuing the master degree in Dept. of Mechatronics Engineering at Chungnam National University. His research interest is Vibration Control using Hybrid Mount.



Yun-ho Shin received his Ph.D. from Dept. of Mechanical, Aerospace and Systems Engineering at KAIST in 2009, respectively. He has worked at Korea Institute of Machinery and Materials from 2010. His research interests include active vibration control, wind turbine control and naval ship survivability.