

한 대의 레이저 스캐닝 바이브로미터를 이용한 3차원 진동 측정 시스템의 개발

Development of the 3-D vibration measurement system using one laser scanning vibrometer

김동규* · 박기환†
Dongkyu Kim, Kiyhwan Park

1. 서 론

최근 각광을 받고 있는 비접촉식 진동측정기는 빛의 간섭을 이용하여 물체가 진동할 때 발생하는 속도를 도플러 주파수로 알아내는 방법으로 스캐너를 부착하여 측정면적 전체를 빠른 속도로 측정할 수 있다. 이와 같은 측정장치를 레이저 스캐닝 진동측정기(laser scanning vibrometer, 이하 LSV)라 부른다. LSV는 미세한 속도를 고 분해능으로 측정할 수 있어 기계시스템, 전자기기, 자동차, 가전, 토목, 건축물, 비접촉으로 측정할 수 밖에 없는 회전기기, 접근하기 어려운 위험환경에서의 측정분야 등에 많이 사용되고 있다.

하지만, LSV는 진동 측정 시 레이저가 진행되는 방향의 속도 성분만 측정이 가능하여 일반적인 방법으로서는 측정 면에 수직한 방향의 속도를 측정하기가 어려운 단점이 있다. 따라서 LSV를 이용하여 3차원 진동을 측정하기 위해서는 서로 다른 세 위치에서 측정된 진동신호와 측정면의 수직, 수평방향을 알아내기 위한 3차원 형상 측정이 필요하다. 본 논문에서는 광학 필터를 이용하여 정확한 3차원 진동 측정을 위해 진동 측정과 3차원 형상 측정이 동일한 측정점을 대상으로 이루어지고, 나아가서는 진동과 형상을 동시에 측정할 수 있도록 개발된 3차원 진동 측정 시스템을 제안한다.

2. 3차원 진동 측정 시스템

2.1 3차원 진동 측정 원리

제안된 시스템은 1차원 LSV와 레이저 스캐너(laser scanner, 이하 LS)로 구성된다. 그림 1에서와 같이 1차원 LSV와 LS가 통합된 측정기를 3회 이동하면서 각 측정점의 진동과 측정체의 형상을 측정하면 3대의 LSV를 사용하는 것과 같은 효과를 얻을 수 있다. 그림 1은 임의의 형상을 갖는 물체의 한 측정점이 V_{real} 의 속도로 진동할 때 해당 측정점의 면내, 면외 속도 성분을 구하기 위한 3차원 진동 측정 시스템의 기하학적 구성을 나타내며, 세 곳의 측정위치에 LSV 좌표계 $(x_1y_1z_1)$, $(x_2y_2z_2)$, $(x_3y_3z_3)$ 가 있고 측정점에 로컬 좌표계 $(x_Ly_Lz_L)$ 이 표시되어 있다. 각 위치에서 측정된 속도는 V_1, V_2, V_3 로 정의한다. 로컬좌표계의 각 축과 V_1, V_2, V_3 가 이루는 각도를 α, β, γ 로 하며, 그림 1에는 로컬좌표계의

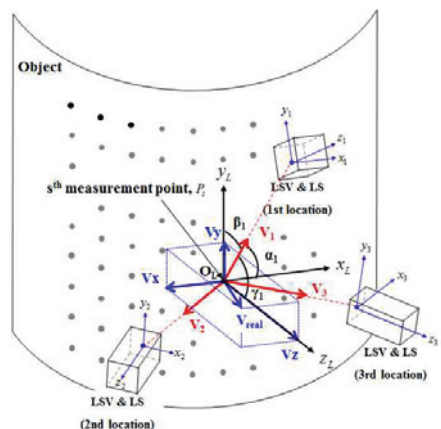


Figure 1 Geometrical configuration of the 3D vibration measurement system

† 교신저자; 정회원, 광주과학기술원
E-mail : khpark@gist.ac.kr
Tel : (062)715-2391, Fax : (062)715-2384
* 광주과학기술원 기전공학부

각축과 V_1 이 이루는 각도 ($\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$)만을 대표적으로 표시한다.

3차원 진동 측정을 위해서 먼저 세 측정 위치(측정기 위치)에서 측정하고자 하는 측정점들의 형상과 속도를 측정한다. 각 위치에서 측정된 형상들 사이의 기하학관계를 이용하면 각 측정위치에 정의된 LSV 좌표계사이의 관계를 알아낼 수 있다. 이들 관계로부터 각 측정위치를 얻어낼 수 있다. 측정위치를 알면 레이저 빔과 측정점의 로컬좌표계 사이의 관계도 알아낼 수 있고, 이로부터 각 측정위치에서 얻은 속도 V_1, V_2, V_3 를 수식 (1)을 이용하여 면내, 면외 속도인 V_x, V_y, V_z 로 변환할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha_1 & \cos \beta_1 & \cos \gamma_1 \\ \cos \alpha_2 & \cos \beta_2 & \cos \gamma_2 \\ \cos \alpha_3 & \cos \beta_3 & \cos \gamma_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} \quad (1)$$

2.2 3차원 진동 측정기 개발

본 논문에서는 제안된 3차원 진동 측정방식을 실제로 구현하기 위해서 LSV와 LS를 통합하여 그림 2와 같이 새로운 시스템으로 구성한다. 제안된 시스템은 광학 필터를 이용함으로써 형상과 진동 측정용 광원의 광경로를 동일하게 만든다. 두 광원의 광량 손실을 줄이기 위해 빔 스플리터를 사용하는 대신에 광학필터를 이용하였다. 실제 시스템에서 진동 측정을 위해서 사용된 광원은 헬륨-네온 레이저로 632.8nm의 파장을 갖고, 형상 측정을 위해서 사용되는 광원은 반도체 레이저 다이오드로 850nm의 파장을 갖는다. 사용된 광학 필터는 632.8nm 근방의 파장을 가진 광은 반사시키고, 그 외의 파장을

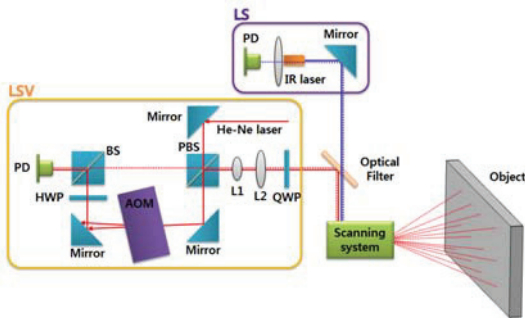


Figure 2 Optical configuration of the 3D vibration measurement system

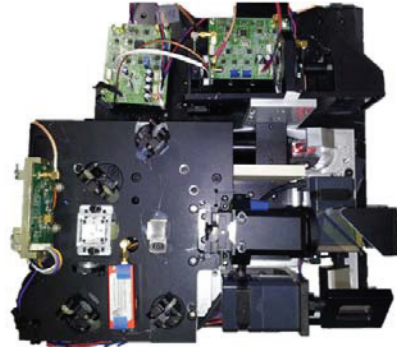


Figure 3 Real configuration of the 3D vibration measurement system

가진 광은 투과시켜 진동과 형상 측정이 동시에 가능하도록 하였다.

그림 2에서 진동 측정용 레이저의 광경로는 붉은색으로 표시되어 있으며, 측정점에서 반사되어 들어오는 빔은 점선으로 표시되어있다. 이에 반해 형상 측정용 레이저의 광경로는 푸른색으로 표시되어 있으며, 광학 필터를 투과하여 진행된다. 그러므로 제안된 방식을 이용하면 한 번의 스캐닝만으로 진동과 형상을 동시에 측정할 수 있다. 실제로 구현된 시스템은 그림 3과 같다.

3. 결 론

결론적으로, 제안된 방식은 진동 측정용 광원과 형상 측정용 광원의 파장이 서로 떨어져 있어야 한다는 점과 광학 필터를 사용함으로써 광원이 필터를 투과할 때 광량이 조금 손실된다는 단점이 있으나, 손실되는 광량의 정도가 매우 작아 측정에 큰 영향을 주지 않는데 비해 형상과 진동의 동시측정이 가능한 장점이 있어 3차원 진동 및 그 외 3차원 형상을 가진 물체의 진동을 측정할 때 측정시간을 단축시킬 수 있다는 장점이 있다.

후 기

" 이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2011-0017876)."