

스테레오 카메라를 이용한 구조물 진동 측정

Structural Vibration Measurement using Stereo Cameras

이희남† · 이효성*
Huinam Rhee, Hyoseong Lee

1.

본 연구에서는 두 대의 카메라를 이용하여 촬영한 영상을 처리하여 구조물의 3차원 진동 변위를 측정하기 위한 알고리즘을 개발하고 실험을 통해 확인하였다. 변위, 속도 또는 가속도의 측정은 측정 대상물체에 직접 센서를 부착하여 측정하는 접촉식 방법과 레이저나 와전류를 이용하는 비접촉식 방법으로 이루어지는데 접촉식 방법의 경우에는 구조물에 부가적으로 물체를 추가하게 되어 동특성에 영향을 주거나 실제 현장에서는 고온 또는 위험한 환경이어서 센서 장착이 용이하지 않은 경우가 많다. 한편 비접촉식 방법은 상대적으로 고가의 장비가 필요하고 측정거리가 제한되어 있다. 또한 기존의 접촉식이나 비접촉식 두가지 방법 모두 일반적으로 구조물 표면의 제한된 특정 점에 대한 단일 방향의 진동량만을 측정할 수 있다.

본 논문에서는 선행 연구⁽¹⁾에서 수행한 수치근접 사진측량 기법을 확장하여 대상 구조물의 한 부분이 아닌 전체적인 3차원 진동변위를 비접촉식으로 측정할 수 있는 방법을 개발하였으며, 고가의 측정용 특수 카메라가 아닌 저렴하고 일반적인 연속촬영이 가능한 카메라를 이용하여 외관보 형태의 구조물의 진동 변위 측정 실험을 수행한 결과를 소개한다⁽¹⁾.

2. 카메라 영상을 이용한 진동 변위 측정

본 연구에서는 구조물의 3차원 진동변위를 측정하기 위해 기본적으로 Fig. 1과 같은 절차에 따른 사진측량 기법을 적용하였다⁽¹⁾. 표적의 영상좌표를 추출하기 위하여 식 (1)에 의하여 상관계수를 계산하고 Fig. 2와 같이 매칭기법을 사용하였다.

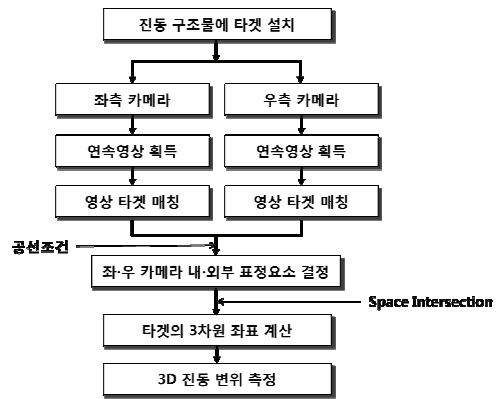


Figure 1 Vibration measurement procedure

$$r(m, n) = \frac{\sum_x \sum_y \{S(x, y) - \bar{S}(x, y)\} \{W(x, y) - \bar{W}(x, y)\}}{\left[\sum_{x=m}^{m+M_1-1} \sum_{y=n}^{-1+n+N_1-1} \{S(x, y) - \bar{S}(x, y)\}^2 \sum_{x=1}^{M_1} \sum_{y=1}^{N_1} \{W(x, y) - \bar{W}(x, y)\}^2 \right]^{1/2}} \quad (1)$$

여기서,

$$\bar{S}(x, y) = \left\{ \sum_{x=m}^{m+M_1-1} \sum_{y=n}^{-1+n+N_1-1} S(x, y) \right\} / (M_1 \times N_1)$$

$$\bar{W}(x, y) = \left\{ \sum_{x=1}^{M_1} \sum_{y=1}^{N_1} W(x, y) \right\} / (M_1 \times N_1)$$

이며 각각 검색 및 창 영역의 픽셀 값을 의미한다. 내·외부표정요소는 표정점들의 영상좌표와 3차원 위치로부터 공선조건식을 사용하여 구하였다.

구조물 표적들의 시간에 대한 3차원 좌표 데이터는 내·외부표정요소, 좌, 우영상의 동일 지점에 대한 영상좌표를 이용하여 공간교차식을 이용하여 구하였다.

Fig. 3에서와 같이 하단부가 고정된 길이 500 mm, 폭 50 mm, 두께 2mm의 복합 재료로 만들어진 수직빔이 하단부에 부착된 피에조에 의해 가진되어 진동하는 상황에서 두 대의 카메라를 이용하여 초당 40 프레임으로 연속 촬영하여 영상을 획득하였다. 여기서 총 11

† 교신저자: 정희원, 순천대학교 기계우주항공공학부
 E-mail : hnrhee@sunchon.ac.kr

Tel : 061-750-3824, Fax : 061-750-3820

* 순천대학교 공과대학 토목공학과

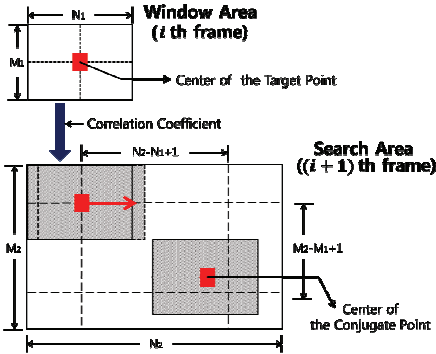


Figure 2 Target matching method

개의 표적을 이용하여 총 11개 점의 진동변위를 측정하고자 하였고, 그 중 한 개 표적위치의 바로 뒷면에 레이저 변위계를 장착하여 사진측량으로 이용해 측정한 변위와 비교할 수 있도록 하였다.

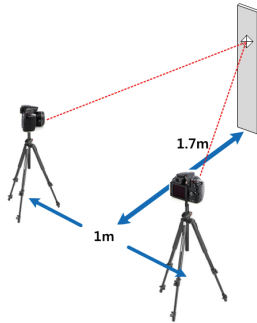


Figure 3 Vibration measurement test by digital photogrammetry

Fig. 4 는 측정한 11개 표적 위치에서의 진동 변위를 보여준다. 피에조가 진동수 12 Hz 의 빔의 첫번째 굽힘 모드를 가진하므로 카메라에 대하여 깊이 방향으로 진동 변위가 크고 수직 및 수평 방향으로는 작은 변위이지만 측정이 잘 되고 있음을 확인할 수 있었다. 진동 진폭은 깊이 방향으로는 약 2 mm, 수직 및 수평방향으로는 0.08 mm 수준이다. Fig. 4 에서 특히 수평, 수직 방향변위가 위치마다 기준이 다른 이유는 피에조에 전압을 가하면 빔에 뒤틀림 등 초기 변형이 발생하여 기준 위치로부터 약간의 정적 변위가 발생하기 때문인 것으로 판단된다. Fig. 5 는 레이저 변위계가 장착된 위치에서의 레이저 센서 측정 변위와 사진측량에 의해 측정된 변위의 스펙트럼을 서로 비교한 것이며 가진 주파수인 12 Hz 가 잘 일치함을 알 수 있다.

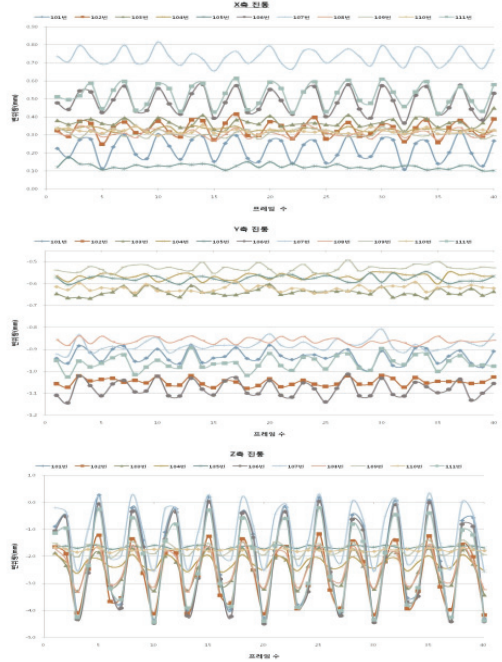


Figure 4 Displacements of 11 target points measured by digital photogrammetry

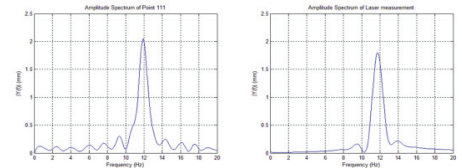


Figure 5 Displacements measured by laser sensor and digital photogrammetry.

3.

스테레오 수치사진측량 기법을 이용한 진동 변위 측정 기법을 제안하고 실험을 통해 진동하는 빔에 대해 총 11개 점의 변위를 원격으로 동시에 측정하는 데 성공하였다. 본 방법은 원자력 시설 등 구조물의 원격 감시 모니터링을 위해 사용가능하다.

- (1) 이희남 외 2인, “비측정용 카메라를 이용한 구조물 진동 측정”, 2011 추계 한국소음진동 공학회 학술대회.
- (2) 이효성, 이희남, “사진측량을 이용한 구조물 진동의 3차원 측정 방법”, 대한민국특허 제 10-1130482호, 2012.03.