

# 스테레오 사진 측량 기법을 이용한 두 개 주파수 성분의 구조 진동 변위 측정

## Measurement of Structural Vibration including Two Frequencies using Stereo Cameras

이희남† · 이효성\*  
Huinam Rhee, Hyoseong Lee

### 1. 서 론

본 논문에서는 두 대의 카메라를 이용하여 촬영한 영상으로부터 단일 주파수 성분의 3차원 구조 진동 변위를 측정한 이전의 선행 연구<sup>(1~4)</sup>를 확장하여 두 개의 주요 주파수 성분을 가지는 진동 측정에 대한 실험적 연구를 성공적으로 수행하였다. 본 논문에서 사용하는 수치근접 사진측량 기법은 측정 대상 구조물의 특정 위치가 아닌 전체 구조물의 3차원 진동변위를 비접촉식으로 측정할 수 있는 방법이며, 특히 본 연구에서는 고가의 고속카메라가 아닌 저렴한 일반 카메라를 이용하여 외팔보 형태의 구조물의 진동 변위 측정 실험을 수행하였다.

### 2. 스테레오 카메라 영상을 이용한 진동 변위 측정 방법

본 연구에서 구조물의 3차원 진동변위를 측정하기 위한 사진측량 기법 알고리즘은 이전의 연구와 기본적으로 동일하며 Fig. 1과 같은 절차를 따른다<sup>(1~4)</sup>. 표적의 영상좌표를 추출하기 위하여 식 (1)에 의하여 상관계수를 계산하고 Fig. 2와 같이 표적매칭기법을 사용하였다.

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

여기서,

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

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

\* 순천대학교 공과대학 토목공학과

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

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

이며 각각 검색 및 창 영역의 픽셀 값을 의미한다.

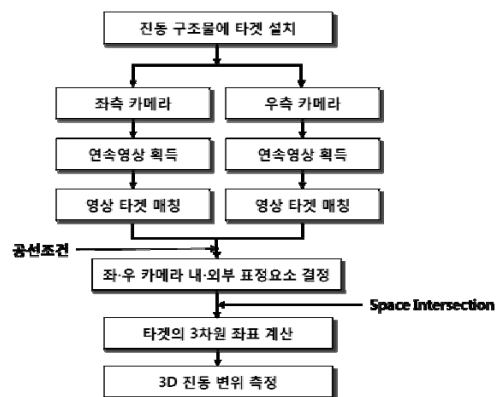


Figure 1 Vibration measurement procedure by close-range digital photogrammetry<sup>(1)</sup>

내·외부표정요소는 표적점들의 영상좌표와 3차원 위치로부터 공선조건식을 사용하여 구하였다. 구조물에 부착된 표적들의 시간에 대한 3차원 좌표 변화 데이터는 내·외부표정요소, 좌·우영상 동일 지점에 대한 영상좌표를 이용하여 공간교차식으로 구하였다.

선행연구와 마찬가지로 Figure 3에서와 같이 하단부가 고정된 길이 500 mm, 폭 50 mm, 두께 2mm의 복합 재료로 만들어진 수직 빔을 대상으로 실험을 수행하였다. 하단부 고정단 부근에 부착된 가진기에 의해 강제 진동하는 상황에서 두 대의 저렴한 일반카메라를 이용하여 초당 40 프레임으로 연속 촬영 영상을 획득하였다. 이 때 빔의 1차 고유진동수는 약 8 Hz 이고 가진주파수는 약 1 Hz 이므로 빔의 진동 응답 스펙트럼은 두 주파

수 성분을 가지게 되어 선행연구에 비하여 복잡한 과정을 이룬다. 사진측량 기법을 이용하여 측정된 변위의 정확도를 확인하기 위하여 Figure 3 에서와 같이 두 지점에 레이저 변위계를 설치하여 데이터를 취득하였다.

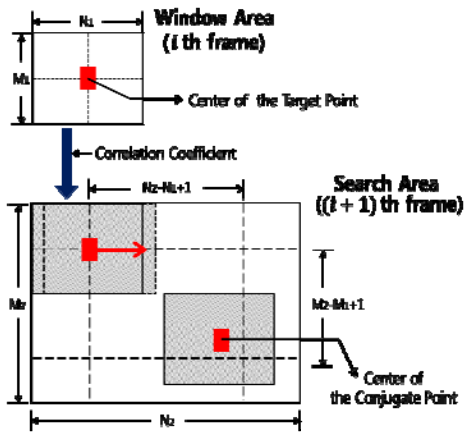


Figure 2 Target matching method<sup>(1)</sup>

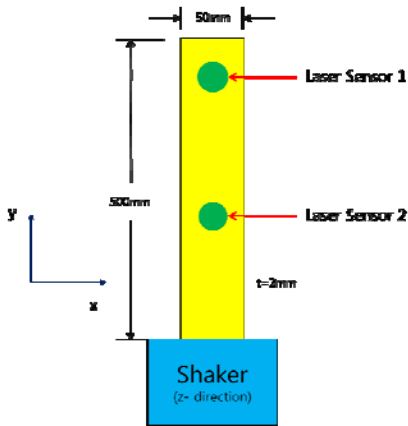


Figure 3 Vibration measurement test points by laser sensors and digital photogrammetry

Figure 4 는 두 측정위치(Figure 3 참조)에 대해서 사진 측량 기법에 의한 변위와 레이저센서로 측정된 변위의 비교 결과를 보여주고 있으며 깊이 방향, 즉, 카메라가 보는 방향(z)으로의 변위 측정 결과가 두 위치에서 잘 일치하는 것을 확인할 수 있다.

### 3. 결론

본 연구에서는 스테레오 수치사진측량 기법을 이

용한 진동 변위 측정 기법을 두 가지 주파수 성분이 혼합된 파형으로 진동하는 빔에 대해 적용하였고 레이저센서로 측정된 변위와 비교하여 정확성을 검증하였다. 본 연구는 값비싼 고속카메라를 사용하지 않고 일반카메라 두 대를 사용하여 3차원 구조 진동 변위를 레이저센서와 비교될 정도로 매우 정밀하게 측정할 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 이 방법은 저렴한 장비를 사용하여 구조물의 전체적인 3차원 진동을 비접촉식으로 측정할 수 있는 길을 열어주는 의미가 있으며, 일반적인 구조 진동 측정뿐 아니라 사람이 접근하기 어려운 원자력 시설 등에서 원격 진동 감시와 같은 특수 용도로 충분히 활용이 가능하다고 판단된다.

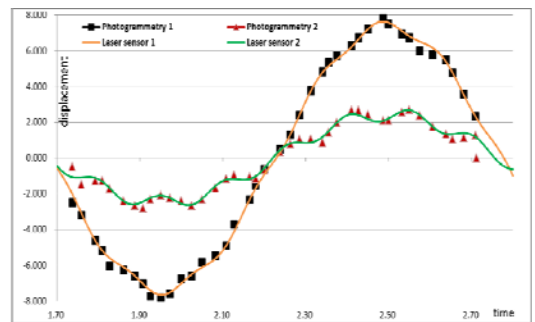


Figure 4 Comparison of z-displacements at 2 target points measured by digital photogrammetry and laser sensors

### 참고 문헌

- (1) 이희남, 이효성 외, “비측정용 카메라를 이용한 구조물 진동 측정”, 2011 추계 한국소음진동공학회 학술대회.
- (2) 이효성, 이희남, “사진측량을 이용한 구조물 진동의 3차원 측정 방법”, 대한민국특허 제 10-1130482호, 2012.03.19.
- (3) 이희남, 이효성, “스테레오 카메라를 이용한 구조물 진동 측정”, 2012 추계 한국소음진동공학회 학술대회.
- (4) Hyoseong Lee and Huinam Rhee, “3-D Measurement of Structural Vibration Using Digital Close-Range Photogrammetry”, Sensors and Actuators, accepted for publication.