

카메라 영상을 이용한 미세진동변위 측정 Measuring Micro-Vibration Displacement by using Camera Image

손기성† · 전형섭* · 윤두병** · 김현진** · 박종원***

Ki-Sung Son, Hyong-Seop Jeon, Doo-Byung Yoon, Hyun-Jin Kim and Jong Won Park

1. 서 론

건물이나 교량과 같은 구조물의 진동변위를 측정하기 위해서 가속도센서 및 변위센서를 가장 많이 사용하고 있다. 이러한 센서들은 설치 단계에서부터 측정에 이르기까지 많은 시간과 비용이 따른다. 또한, 측정 포인트의 증가에 따라 그 비용도 함께 증가하게 된다. 최근 기존 센서를 이용한 방법들의 단점을 보완하고자 카메라를 이용한 진동 변위 측정 기술에 관한 연구가 제시되기도 하였다. 하지만, 대부분의 연구들은 비교적 큰 진동변위를 갖는 건물이나 교량과 같은 대형 구조물에 국한되어 있었다. 따라서 기존의 카메라를 이용한 기술로 미세한 진동변위를 측정하기에는 많은 어려움이 따른다. 기존의 카메라를 이용한 진동변위 측정 방법들은 영상 처리단계에서 카메라 해상도의 한계로 인한 측정해상도의 한계를 보이고 있다. 따라서 미세한 진동변위 측정에 있어서는 많은 오차를 갖는다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해 카메라 영상의 이웃하는 픽셀 정보를 이용하는 DVNP(Difference Value of Neighborhood Pixels) 방법을 제안한다. 제안된 방법을 검증하기 위해 비교적 진동변위가 작은 회전체를 측정 대상으로 선정하여 변위센서와의 비교 실험을 통해 살펴본다.

2. 카메라를 이용한 진동변위 측정 방법

본 연구에서는 픽셀좌표 값을 이용하는 기존의 영상처리 방법이 아닌 이웃하는 픽셀과의 차이 값을 이용하여 진동 변위를 측정하는 DVNP 방법과

검출한 픽셀 단위 데이터를 mm단위로 환산하기 위한 단위환산방법을 제안한다.

DVNP 방법은 측정 대상체의 경계부분의 픽셀 값 정보를 이용하는 방법으로 기존 픽셀 값과 이웃하는 픽셀 값과의 차이 값이 클수록 경계에 가까운 값으로 볼 수 있다. DVNP 방법과 단위환산방법은 Fig. 1을 참조하는 Eqs.(1)~(5)로 표현할 수 있다.

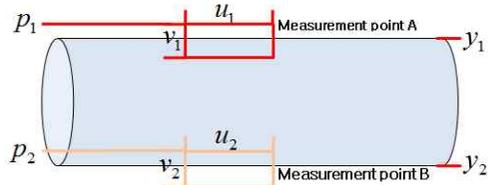


Fig. 1 Measurement point A and B

$$\Delta y_j = S(i, j) - S(i, j - 1) \quad (1)$$

$$y_1 = \frac{1}{u_1} \sum_{i=0}^{u_1} \left\{ \sum_{j=P_1}^{P_1+v_1} (\Delta y_j \times j) / \sum_{j=P_1}^{P_1+v_1} \Delta y_j \right\} \quad (2)$$

$$y_2 = \frac{1}{u_2} \sum_{i=0}^{u_2} \left\{ \sum_{j=P_2}^{P_2+v_2} (\Delta y_j \times j) / \sum_{j=P_2}^{P_2+v_2} \Delta y_j \right\} \quad (3)$$

$$D_{pixel} = y_2 - y_1 \quad (4)$$

$$P_{size} = \frac{D_{real}}{D_{pixel}} \quad (5)$$

Fig. 1에서 보는 바와 같이 영상의 절대좌표 \$S(0,0)\$를 기준으로 볼 때 \$P_1\$만큼 떨어져 있는 \$u_1 \times v_1\$ 크기의 관심영역 A의 대표값 \$y_1\$과 \$P_2\$만큼 떨어져 있는 \$u_2 \times v_2\$ 크기의 관심영역 B의 대표값 \$y_2\$를 구한다. \$y_2 - y_1\$ 값은 픽셀단위의 대상체 지름 값이며 대상체의 실제 설계 값을 \$y_2 - y_1\$ 값으로 나누어 주면 단위픽셀당 실제 사이즈(mm)를 구할 수 있다.

영상으로부터 구한 관심영역 A 또는 B의 픽셀단위 진동변위 값에 Eq.(5)에서 구한 \$P_{size}\$ 값을 곱하면 mm단위의 진동변위 값을 산출 할 수 있다.

† 교신저자; 정회원, 세안기술㈜

E-mail : infoson@sea-an.co.kr

Tel : 042-868-4868, Fax : 042-868-8313

* 세안기술㈜

** 한국원자력연구원

*** 충남대학교

3. 실험

제안된 방법을 검증하기 위해 Fig. 2와 같이 비교적 미세한 진동변위를 갖는 회전체를 대상으로 실험하였다. 영상처리를 위한 노트북과 CCD카메라를 사용하여 제안된 방법의 성능을 평가하였다.

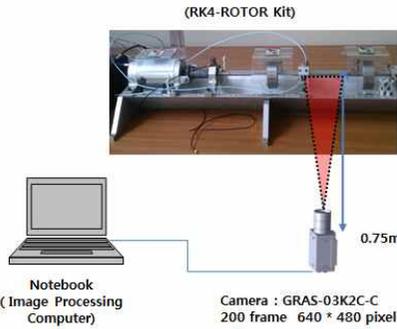


Fig. 2 Experimental setup for measurement vibration displacement

Fig. 3은 변위 센서를 사용하여 6초간 취득한 신호로 회전축의 진동 변위 P-P(peak-to-peak)가 0.0308mm의 변위 값을 갖는 것으로 나타났으며 Fig. 4와 같이 Auto power spectrum을 이용한 주파수 분석 결과 회전체 실험 시 설정한 180rpm에 해당하는 1차 모드가 3Hz 부근에서 나타나는 것을 볼 수 있다.

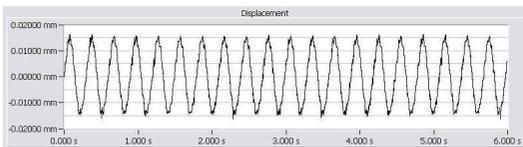


Fig. 3 Displacement signal by using GAP sensor

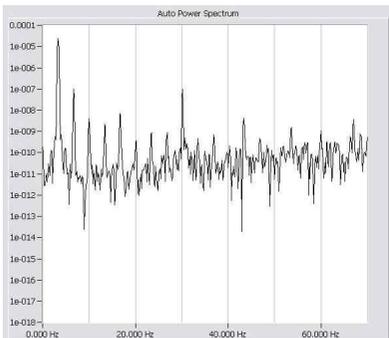


Fig. 4 Auto power spectrum of displacement signal by using GAP sensor

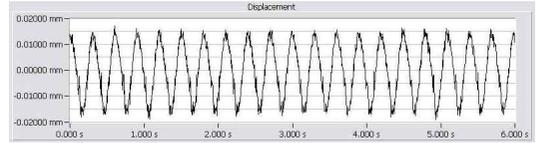


Fig. 5 Experimental results of conventional methods

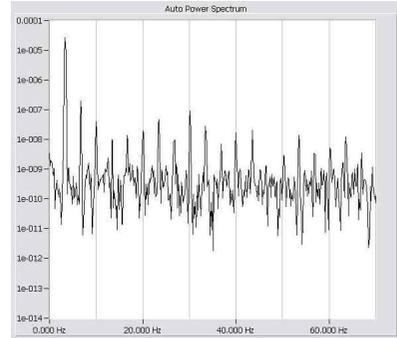


Fig. 6 Auto power spectrum of experimental results by using camera

Fig. 5는 카메라를 이용하여 측정된 진동변위 신호로 6초간 200fps의 속도로 취득한 데이터이다. 제안된 방법을 이용한 결과 데이터의 평균 P-P가 0.0301mm의 변위 값을 보이고 있으며 이 값은 변위 센서 측정 값과 0.0007mm의 차이로 2.27%의 오차를 보인다. 변위센서의 오차를 및 신호 측정장비의 오차를 감안하면 카메라를 이용한 미세진동변위 측정 방법으로 신뢰성 있는 진동변위 측정이 가능한 것으로 확인되었다. 또한, Fig. 4의 변위센서로부터 취득한 데이터의 주파수 분석 스펙트럼과 Fig. 6의 제안된 방법을 이용하여 취득한 데이터의 주파수 분석 스펙트럼을 비교해 보면 제안된 방법을 통해 취득한 데이터의 정확성을 보여주고 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 미세진동변위 측정에 있어서 기존의 카메라를 이용한 측정 방법에서 발생하는 문제점을 보완하고자 DVNP방법 및 단위환산방법을 제안하였다. 실험을 통하여 제안된 방법을 검증하였으며 미세진동변위 측정이 가능함을 보였다. 미세진동변위 측정에 있어서 기존 센서를 이용하기 어려운 환경에서 제안된 방법을 사용하여 진동변위를 측정하면 시간 및 비용을 많이 줄일 수 있을 것으로 기대된다.