

영상신호를 이용한 플랜트 배관 진동 감시

Vibration Monitoring of Plant Piping Using Video Signal

전형섭† · 최영철* · 박진호* · 박종원**

Hyeong-Seop Jeon, Young-Chul Choi, Jin-Ho Park and Jong Won Park

1. 서론

플랜트 배관의 진동을 측정하기 위해서는 가속도계나 레이저 측정기를 많이 사용하고 있다. 최근에는 기존의 센서를 사용하지 않고 카메라 영상을 이용하여 진동을 측정하는 연구가 제시되기도 하였다. 카메라를 이용하면 고온이나 방사선 환경에서는 원거리 측정을 할 수 있고, 또한 한번의 촬영으로 많은 점들의 진동을 동시에 측정할 수 있는 장점이 있다. 따라서 카메라를 이용하면 배관의 진동변위 측정과 Modal Testing(모드 시험)과 같은 작업을 한번의 촬영으로 가능하게 한다. 카메라를 이용하여 배관의 진동을 측정할 경우 측정부위의 마킹이나 에지(edge)를 검출해야 한다. 하지만 카메라는 조명과 같은 측정 환경에 민감하므로 측정 환경이 좋지 못할 경우 마킹이나 에지를 정확하게 검출하지 못할 수 있다. 따라서 측정된 변위에는 오차가 많이 포함된다. 이러한 문제점은 영상처리와 커브 피팅(curve fitting)을 통하여 측정변위의 오차를 줄일 수 있다.

본 논문에서는 카메라를 이용하여 플랜트 배관의 진동을 감시하는 방법을 제안한다.

2. 영상신호를 이용한 진동 감시 및 Modal Testing

카메라 영상신호에서 실제 현장 플랜트 배관의 진동을 측정하기 위해서는 마킹이나 에지를 검출해야 한다. 따라서 영상의 화질이 매우 중요하다. 화질에 따라 변위 오차가 발생 할 수 있으므로 카메라 촬영 영상에 의하여 정확도가 결정되는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 촬영된 영상을 전처리 단계인 이미지 프로세싱을 이용하여 진동 변위 측정에 유리한 영상 화질로 변환 하여야 한다.

먼저 촬영한 칼라 영상을 그레이 영상으로 변환하

고, 그레이 영상의 밝기를 조절하여 에지 검출을 좀더 정확히 할 수 있는 영상으로 변환한다. 변환된 영상에서 진동 측정을 원하는 지점의 영역을 선택한다. 선택한 영역을 Sobel 필터를 이용하여 에지를 검출한 후, 모폴로지 필터링 (Morphological Filtering) 기법을 사용하여 노이즈를 제거한다. 여기서 노이즈를 많이 제거하면 에지는 불연속성을 가지게 되고, 작게 제거 하면 불연속뿐만 아니라 많은 잡음까지 포함하게 된다. 따라서, 영상에서 진동 측정 시 많은 오차를 포함하게 된다. 불연속인 에지에 커브 피팅을 이용하면 데이터가 없는 에지 부분도 예측할 수 있고, 또한 정확한 에지를 얻을 수 있기 때문에 관심영역의 진동을 오차 없이 측정할 수 있게 된다.

위와 같은 방법으로 카메라 영상을 이용하면 진동계의 고유 진동수, 고유모드 형상 등과 같은 모드 특성을 알 수 있는 Modal Testing 도 가능하다.

카메라를 이용하면 한번의 촬영으로 수에서 수십개의 포인트를 측정 할 수 있다. 따라서 카메라를 이용하여 플랜트 배관의 진동을 측정하고 감시할 수 있다.

3. 실험

3.1 카메라 영상을 이용한 배관 진동 변위 측정

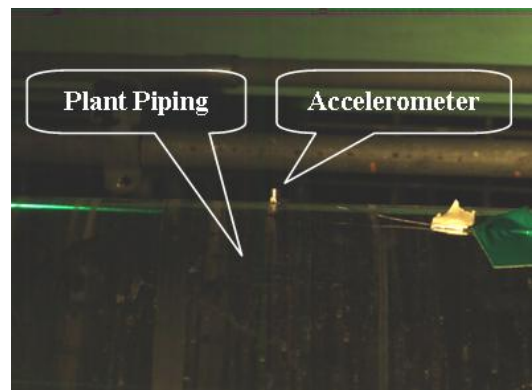


Fig. 1. 가속도 센서와 카메라 영상을 이용한 배관 진동 변위 측정

† 교신저자; 충남대학교

E-mail : jhs200@kaeri.re.kr

Tel : (042) 868-2074, Fax : (042) 868-8313

* 한국원자력연구원

** 충남대학교

Fig. 1 은 원자력 발전소의 배관구조물을 가속도 센서와 카메라를 이용하여 동시에 진동을 측정하는 모습을 보여주고 있다. 카메라의 해상도는 1600 x 1200 이고, 프레임 수는 500 FPS 으로 하여 실제 배관 구조물을 촬영하였다.

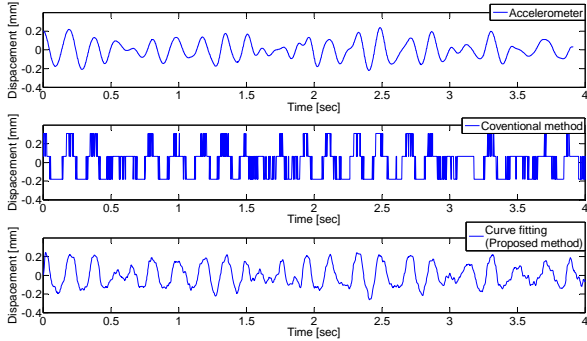


Fig. 2, 배관 진동 변위 측정 결과 비교 (가속도 센서, 예지 방법, 커브 피팅 방법)

Fig. 2 는 배관 진동 변위 측정 결과를 비교하여 보여준다. 커브 피팅을 이용한 방법이 기존의 예지를 이용한 방법보다 오차가 감소하였고, 해상도 또한 향상된 결과를 보여준다.

3.2 카메라 영상을 이용한 Modal Testing

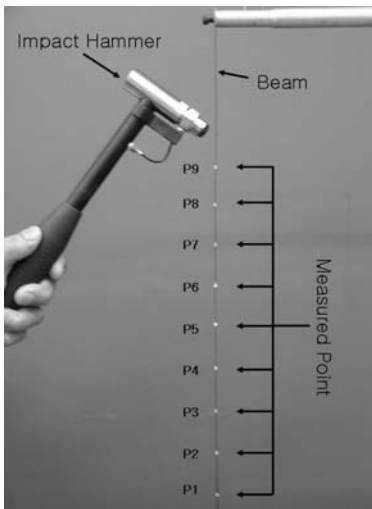


Fig. 3, beam 모드 형상 실험

Fig. 3 과 같이 Beam 에 대한 Modal testing 을 하기 위하여 Impact Hammer 로 충격을 가하였다. 이것을 카메라를 이용하여 해상도 1600 x 1200 과 프레임 수 400 FPS 으로 Beam 을 촬영하였다. Fig. 4 는 촬영된 영상에서 9 개의 포인트의 진동 변위를 측정된 결과를 보여준다. Fig.5 는 Beam 의 모드 형상 결과를 보여준다. 이와 같이 카메라 영상을 이용하여 Modal testing 이 가능하다는 것을 실험을 통하여 검증할 수 있다.

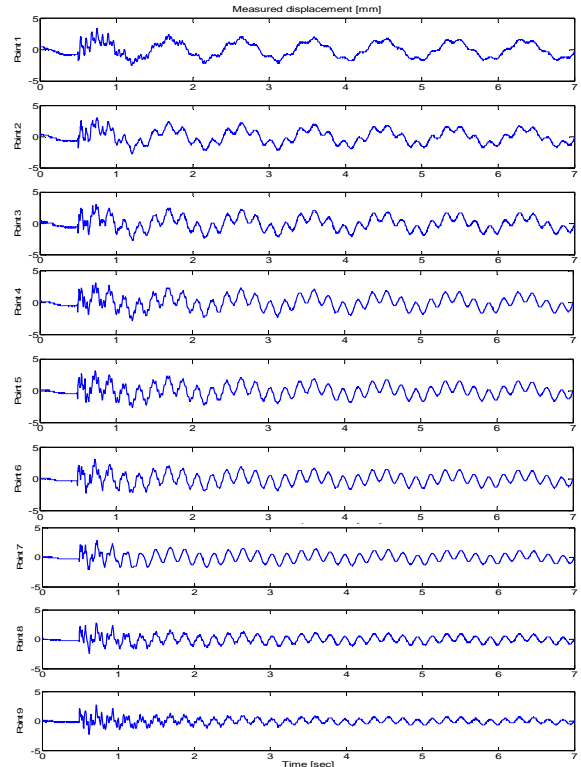


Fig. 4, 9 포인트 변위 측정 결과

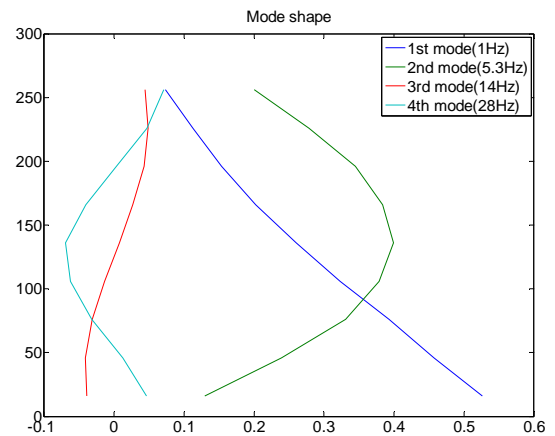


Fig. 5, 모드 형상 결과

4. 결론

고온지역 또는 방사능 구역과 같은 환경이 좋지 못한 지역에서 카메라 영상을 이용하여 플랜트 배관 진동 변위를 측정할 수 있음을 확인하였다. 또한 Beam 을 이용한 실험을 통하여 기존의 센서를 사용하지 않고 카메라를 이용하여 Modal testing 을 할 수 있음을 확인하였다.