

영상처리기법을 이용한 진동대 실험에서의 다중 변위응답 측정 Multi-point Displacement Response Measurement of Shaking Table Test Using Image Processing Technique

김성완* · 김남식† · 오상훈**

Sung-Wan Kim, Nam-Sik Kim and Sang-Hun Oh

1. 서 론

일반적으로 진동대 실험에서 변위응답을 계측하기 위하여 접촉식 변위계, 레이저 도플러효과, GPS 및 영상처리기법을 사용하고 있다. 접촉식 변위계를 설치하는 방법의 경우 센서를 고정하기 위한 가시설물의 설치가 필요하여 비경제적이고 가시설물의 정확한 고정이 어려워 계측값의 신뢰성이 떨어지는 문제점이 있다. 레이저 도플러 효과를 이용하는 방법은 정확도가 상대적으로 높지만 한 지점의 변위를 계측하기 위하여 고가의 장비를 사용하기에는 비경제적이다. GPS를 이용하는 방법은 장비가 고가이고 신호 자체의 오차와 데이터 취득속도의 제약으로 인하여 진동대 실험에 적용하기에 보편적이지 못하다. 그러나 영상처리기법을 이용하는 방법은 경제적이며 접근이 어려운 진동대 실험에서의 변위응답을 계측하기에 적합하다. 그러므로 본 연구에서는 영상처리기법을 사용하여 다중 변위응답을 측정할 수 있는 방법의 타당성을 검증하기 위하여 진동대 실험을 수행하였다.

2. 영상처리기법을 이용한 다중 변위응답 측정

그림 1은 영상처리기법을 이용한 다중 변위응답 측정 알고리즘이며 총 7단계로 분류된다. 획득된 이미지를 시간순서대로 배열한 후, 변형이 없는 이미지에서 target 이미지의 변위를 알고 싶은 지점, 즉 기준점을 지정한다. ROI(Region Of Interest)의 효율적인 설정을 위하여 target 이미지의 최대 움직임을 계산하여 상관관계 크기를 결정한다. 정규상호상관의 계산량의 감소, 효율적인 계산을 위해 sum-table을 계산하며 target 이미지가 ROI에 최적으로 매칭 되는 곳에서 정규상호상관을 계산한다. 단 위픽셀이하에는 2차 다항식 함수를 사용하여 픽셀의 위치를 재정렬 시켜 주계 되며 1/10000 픽셀 단위로 계산된다. 본 연구에서는 위에 설명된 다중 변위응답 측정 알고리즘을 MATLAB7.0을 이용하여 자동화된 프로그램을 작성하여 사용하였다.

* 부산대학교 사회환경시스템공학과, 박사과정

† 교신저자; 부산대학교 사회환경시스템공학부, 부교수

E-mail : nskim@pusan.ac.kr

Tel : (051) 510-2352, Fax : (051) 513-9596

** 부산대학교 건축학부, 조교수

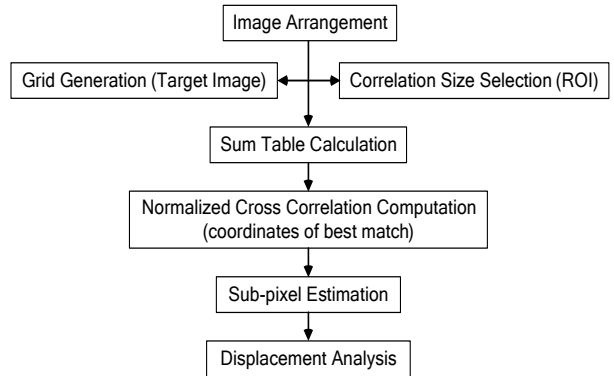
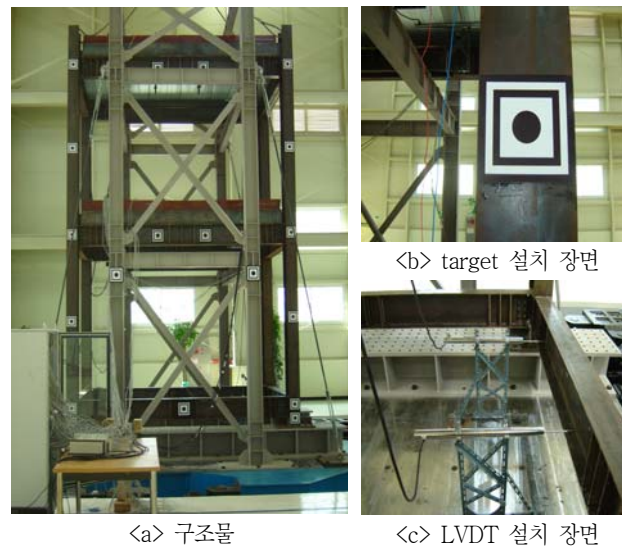


그림 1. 영상처리기법을 이용한 다중 변위응답 측정 알고리즘

3. 진동대 실험

3.1 실험 개요

본 연구에서는 각 target의 변위응답을 측정하고 측정한 변위응답의 타당성을 검증하기 위하여 대상 구조물을 제작하여 실험을 수행하였다. 대상 구조물은 지상 2층의 강구조 모멘트 저항 골조 시스템이다. 그림 2는 구조물의 전경과 target이 구조물에 설치된 모습, LVDT 설치 장면을 나타낸 그림이다.



<a> 구조물

 LVDT 설치 장면

그림 2. 센서 및 target이 설치된 구조물

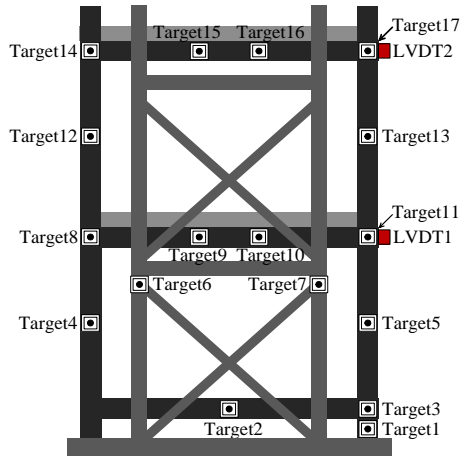


그림 3. 센서 및 target의 부착 위치

센서의 설치위치는 그림 3과 같이 영상처리기법을 이용한 다중 변위응답을 검증하기 위하여 구조물의 각 지점에 target과 LVDT를 설치하였으며 실험을 수행할 때 LVDT를 고정된 가시설물의 움직임을 확인하기 위하여 target을 설치하였다.

실험은 일반 휴대용 디지털 캠코더 두 대를 사용하여 720×480의 픽셀크기의 영상을 초당 60 프레임으로 구조물의 1층과 2층으로 나누어 촬영하였으며 LVDT는 데이터 취득속도 64Hz로 계측하였다.

각각의 target의 기준점에 대한 변위 시간이력을 추출하기 위하여 그림 1에서 제시한 알고리즘이 적용되었으며, 알고리즘의 정확도와 정밀도를 확인하기 위하여 percent error와 RMS(Root Mean Square) error를 사용하여 오차분석을 수행하였다.

3.2 계측결과 분석

영상처리기법을 이용한 다중 변위응답 측정 알고리즘을 검증하기 위하여 진동대 실험을 수행하였으며 table motion 및 LVDT의 응답을 영상처리기법을 적용하여 얻은 변위응답과 비교하였다.

그림 4는 DAQ에 의해 계측된 table motion과 영상처리기법 알고리즘에 의해 추출된 target2의 변위응답을 비교한 것이며, 그림 5는 실험을 수행할 때 가시설물이 움직였다고 추정되어 LVDT와 target11에서 가시설물의 움직임 target7의 응답을 보정하여 나타낸 것이다. 표 1에서 보면 target2의 변위응답이 DAQ에 계측된 변위응답과 percent error의 오차율이 1% 이내이고 RMS error가 0.5mm 이내로 그 오차가 매우 적은 것으로 판단된다. Target11 지점에 대한 percent error의 오차율이 1% 이내이고 RMS error도 1.2mm이내이나 가시설물이 움직임을 보정하였을 경우에는 percent error에 대한 오차율이 0.8%, RMS error 또한 1mm 이내로 오차가 적어짐을 알 수 있다. 그러나 target17지점에 대한 percent error의 오차율이 3% 이내이고 RMS error도 3mm 이내로 오차가 조금 큰 것을 알 수 있으나 target17지점에서 가시설물에 target을 설치하지 않아 움직임을 보정하지 못하였다.

표 1 Table Motion 및 LVDT에 대한 오차분석

Target	Percent Error(%)	RMS Error(mm)
1	4.215	0.925
2	0.957	0.441
3	3.756	0.816
11	0.921	1.211
11-7	0.727	1.076
17	2.699	2.314

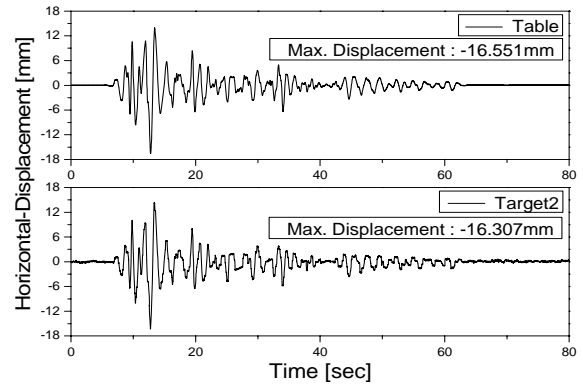


그림 4. DAQ 및 영상처리기법에 의해 계측된 변위응답 비교

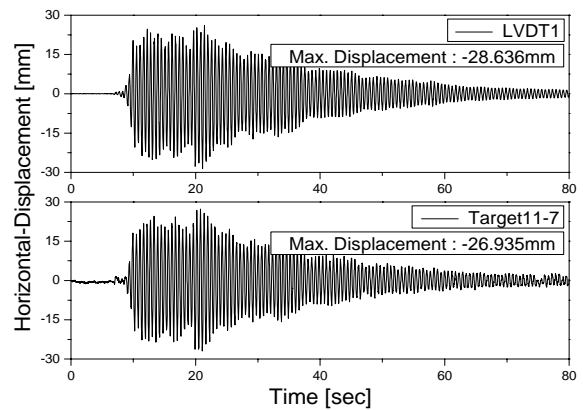


그림 5. LVDT 및 영상처리기법에 의해 계측된 변위응답 비교

4. 결 론

영상처리 데이터를 분석해 얻어진 다중 변위응답은 신뢰성이 비교적 양호한 것으로 나타났다. 따라서 다중 변위응답의 계측이 필요한 진동대 실험에서 본 연구에서 제안하고 있는 영상처리기법을 이용한 변위응답 계측방법이 보다 타당할 수 있으며 이를 이용하면 진동대 실험에서 보다 경제적이고 간편하게 변위응답 측정이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(KRF-2008-331-D00592)