

GPS를 이용한 초고층건물의 거동 모니터링시스템

Behavior Monitoring System of a High Rise Building Using GPS

손홍규*, 박효선**, 김원대***, 김종경****

Sohn, Hong-Gyoo · Park, Hyo-Sun · Kim, Won-Dae · Kim, Jung-Kyoung

*연세대학교 사회환경시스템공학부 조교수 e-mail : sohn1@yonsei.ac.kr

**연세대학교 건축·도시공학부 조교수 e-mail : hspark@yonsei.ac.kr

***인하공업전문대학교 지형정보과 조교수 e-mail : kimen@ihatc.ac.kr

****연세대학교 사회환경시스템공학부 석사과정 e-mail : eng2007@yonsei.ac.kr

要 旨

인공위성을 이용한 위치결정시스템인 GPS(Global Positioning System)는 mm 단위의 정밀도로 정적, 동적 위치관측이 가능한 시스템으로 현재 여러 분야에서 활용이 증가하고 있다. 특히 교량, 댐 등 안전이 요구되는 사회기반 시설물의 동적 거동을 기록하고 감시하는데 있어서 GPS가 새로운 관측시스템으로 주목받고 있으며 이를 실용화하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 GPS를 이용하여 건물의 거동상태를 점검 하는 것을 목적으로 하고 있다. 계절풍에 의한 초고층건물의 거동을 해석하기 위하여 건물 옥상에 GPS, 가속도계, 풍향계, 풍속계를 설치하였다. GPS와 가속도계로써 이용하여 건물의 변위 및 가속도를 5Hz로 관측하였다. GPS를 이용한 변위관측은 1시간, 1분, 1초 등의 간격으로 3차원 변위를 계산하였으며, 계산된 3차원 변위를 가속도계, 풍속계, 풍향계와 연계하여 해석하였다. 대상 건물에 대한 최대 변위를 관측한 결과 계절에 따라 큰 차이를 보였으며 건물의 안정성을 평가할 수 있는 척도인 건물의 고유 진동수의 경우 약 0.2Hz의 값을 얻을 수 있었다. 향후 모든 센서들을 통합하여 실시간으로 건물을 모니터링할 수 있는 시스템을 개발할 경우 건물의 안정성 해석 및 유지보수에 본 연구가 큰 기여를 할 수 있을 것으로 사료된다.

1. 서론

인공위성을 이용한 범지구 위치 결정 시스템인 GPS(Global Positioning System)는 자동차, 비행기, 선박 등의 방법은 물론 측지 및 측량분야, 지각 및 구조물의 변위 감시, 우주, 통신, 국방 분야

등 매우 광범위한 분야에 활용되고 있으며, 이용도가 급속히 증가하는 추세에 있다. 특히 GPS를 이용하여 수 mm의 정밀도로 위치 및 변위 측정이 가능하므로 지각, 단층 등의 자연물은 물론 가스시설, 교량, 건축물, 댐 등 각종 구조물의 미세 변위를 관측 및 감시하여 재해를 사전에

예방하고자 하는 방재분야에서 GPS의 응용이 국내외적으로 큰 주목을 받고 있다.

특히 Kinematic GPS 측량은 한점 고정 에 의한 상대측위방식으로 높은 정밀도의 측정을 수초 안에 신속히 수행할 수 있기 때문에 고층건물이나 교량 등 대형건물의 거동을 모니터링 하는데 유용한 기법으로 대두되고 있다.

본 연구에서는 GPS와 가속도계를 사용하여 초고층건물의 변위와 가속도를 관측하고, 이를 풍향계 및 풍속계와 연계하여 해석, 초고층건물의 거동상태를 점검해 봄으로써, GPS가 초고층건물의 안정성을 평가하는데 효과적으로 적용될 수 있는지를 고찰해 보았다.

2. 관측 및 자료처리

본 연구의 대상구조물은 현재 시공 중인 지상 70층인 초고층빌딩이다. 기지국은 초고층빌딩에서 약 600m 떨어진 주공 APT 옥상에 그림 1과 같이 삼각을 이용하여 GPS 안테나를 설치하였고, 이동국은 그림 2와 같이 건물 옥상 모서리 부분에 Trimble 4700 전용 삼각을 이용하여 안테나를 설치하였고, 안테나 주위에 가속도계, 풍향계 및 풍속계를 같이 설치하였다. 이동국은 GPS 안테나가 빌딩의 거동과 동일하게 거동할 수 있도록 그림에서 보듯이 보조 장치를 설치하여 안테나를 고정시켰다.

본 연구에서 사용한 GPS 모델은 Trimble사의 Trimble 4700 두 대를 사용, 5Hz의 sync Rate로 연속적으로 관측하였다.

2.1 GPS 정밀도 실험



그림 1. 기지국의 GPS 안테나 설치모습

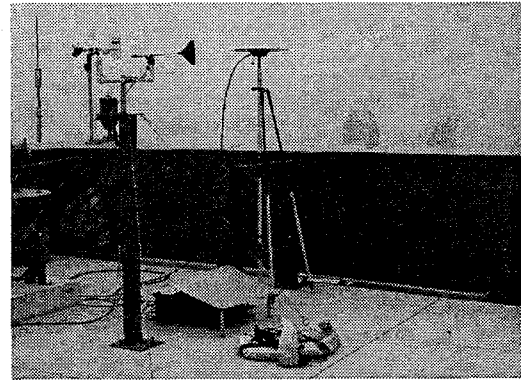


그림 2. 이동국의 GPS 안테나 설치모습

5Hz의 sync Rate로 연속적으로 관측하였을 경우 하드웨어의 정밀도를 분석하기 위하여 기선의 길이가 60m인 동적인 변화가 없는 지점에 빌딩의 기지국과 이동국에 설치할 동일한 안테나를 설치하여 관측하였다. 그림 3과 그림 4는 각각 이동국의 시간에 따른 빌딩의 국지좌표계에서의 X축과 Y축의 좌표이다. 이를 GPS 수신기 자체의 오차라 생각하고, 가속도계에서 관측된 빌딩이 고유주파수와 비교하기 위해 각각의 축의 변위량을 시간에 대해 2차 미분을 하여 가속도를 구하고, 이를 그림 5와 그림 6과 같이 다시 주파

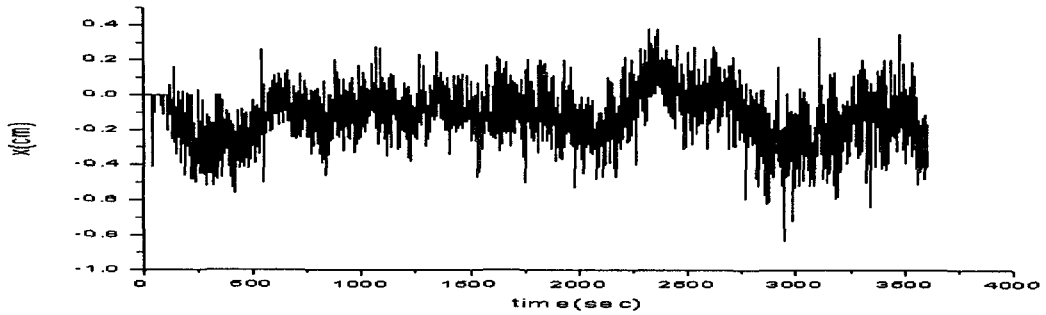


그림 3. 이동국에서 측정한 X축의 변위량

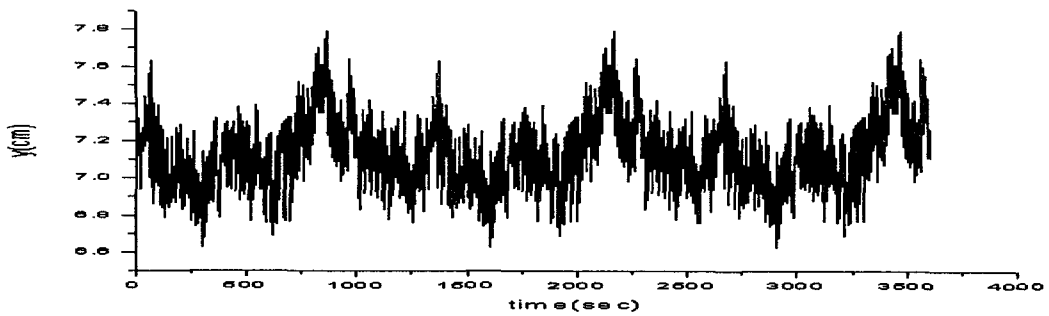


그림 4. 이동국에서 측정한 Y축의 변위량

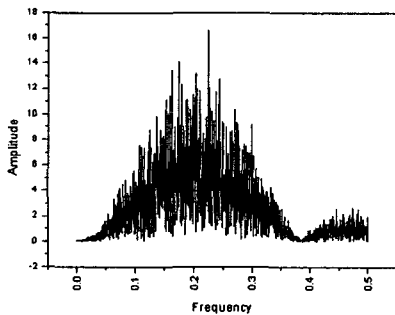


그림 5. X축에 대한 GPS 수신기 오차

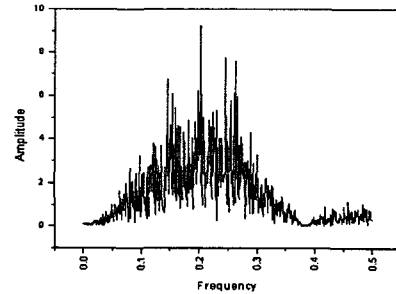


그림 6. Y축에 대한 GPS 수신기 오차

수 영역에서 표현하여, GPS 수신기의 자체 오차량을 계산하였다.

2.2 GPS 측량 및 자료처리

기지국과 이동국 모두 Trimble사에서 제공된 소프트웨어를 가지고 데이터를 5Hz

의 sync Rate로 연속적으로 관측하여 그림 7과 그림 8에서 보는 바와 같이 수신기와 컴퓨터를 연결하여 관측된 데이터를 컴퓨터에 저장하였다.

자료처리는 Trimble Geomatics Office 소프트웨어를 이용하여 1초간격으로 처리하였다.

처리된 3차원 좌표는 WGS84 좌표계로 나타나므로 그림 9와 같이 빌딩 옥상에 국지좌표계를 설정, Seven parameter 변환을 이용하여 WGS84좌표를 설정된 국지좌표로 변환하였다.

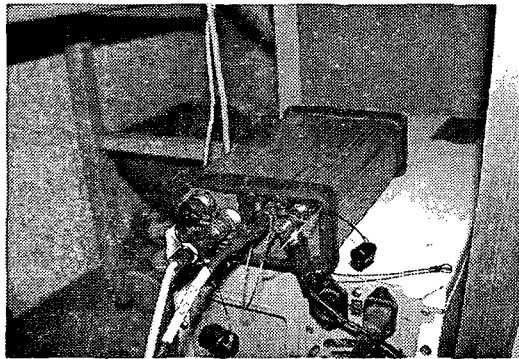


그림 7. 이동국의 수신기와 컴퓨터 연결모습

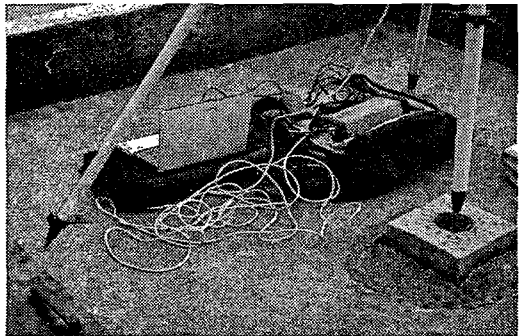


그림 8. 기지국의 수신기와 컴퓨터 연결모습

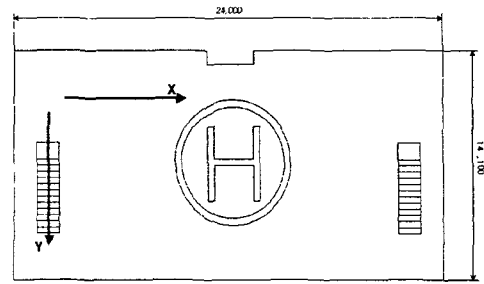


그림 9. 국지좌표계

3. 결과 및 분석

빌딩의 이동국에서 관측한 데이터 중에서 풍속이 14 m/s 로 강한 2002년 1월 23일 오전 2시~3시까지의 데이터를 선택 가속도계와 비교하여, 빌딩의 고유주파수를 계산해 보았다. 그림 10과 그림 11은 오전 2시~3시까지의 빌딩의 거동을 나타내고 있다. 각각의 X축과 Y축의 변위량을 시간에 대해 2차 미분을 하여 빌딩의 1초당 가속도의 변위량을 계산하고, 이를 그림 12과 그림 13같이 주파수영역으로 변환하여, GPS 수신기 오차를 제거하여, 빌딩의 각각의 X축과 Y축의 고유주파수를 계산하면 그림 14와 그림 15와 같이 X축, Y축 모두 0.2Hz 의 값을 얻을 수 있었다.

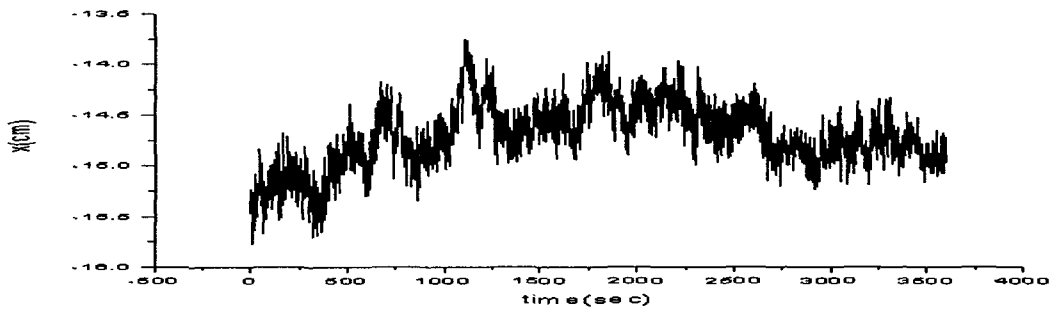


그림 10. 빌딩의 X축 방향으로의 거동

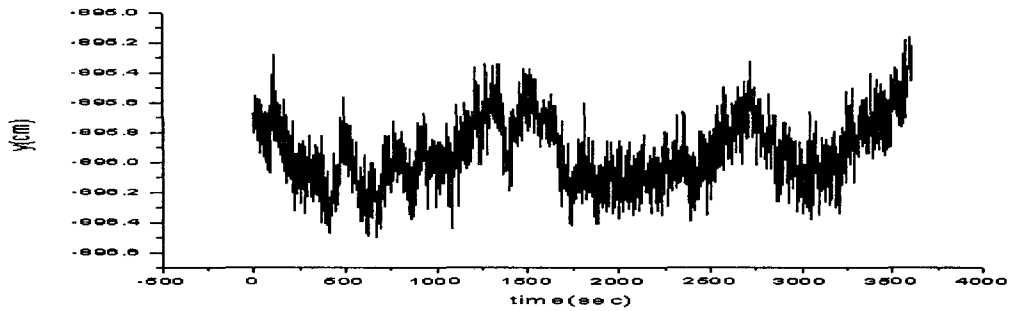


그림 11. 빌딩의 Y축 방향으로의 거동

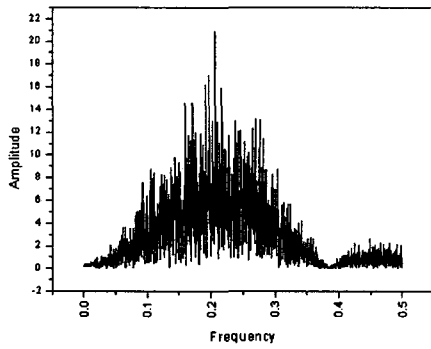


그림 12 주파수 영역에서의 빌딩의 가속도 변화

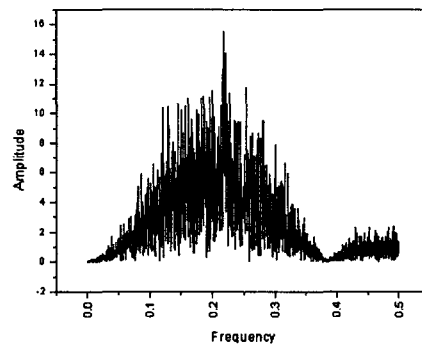


그림 13 주파수 영역에서의 빌딩의 가속도 변화

또한 동일한 시간에 관측한 가속도계에서도 그림 16과 그림 17과 같이 0.2Hz의 동일한 값을 얻을 수 있었다. 본 연구에서는 수신기의 오차가 설치 장소나 주변상황에 관계없이 일정하다는 가정에 의해서 빌딩의 고유주파수를 GPS를 사용하여 관측할 수 있었다. GPS 수신기의 오차에 대한 정확한 값을 계산할 수 있다면, 향후 GPS에 의하여 실시간으로 교량, 초고층건물, 댐 등과 같은 대형건물의 정확한 거동을 모니터링 하는 것이 가능할 것이며, 이로 인하여, 대형구조물의 안정성 및 적절한 유지 보수 측면에서 경제적인 효과를 기대할 수 있다고 사료된다.

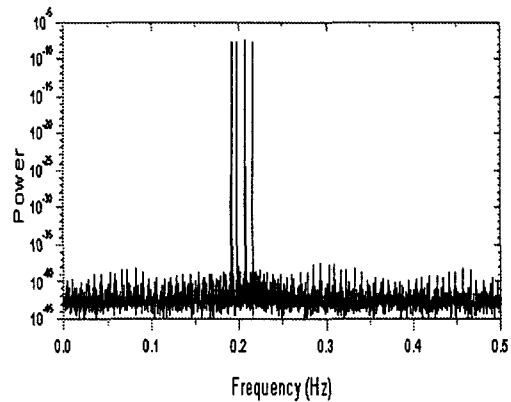


그림 14. GPS에 의해 관측된 X축 방향의 빌딩의 고유주파수

참고문헌

1. 강준목, 김홍진, 이형석, 1993, "Kinematic GPS에 의한 3차원 위치결정의 정확도 분석", 한국측지학회지, 제 11권 제 2호, pp.79-87.
2. 박필호, 박종욱, 조정호, 전경수, 조성호, 1996, "GPS의 변위 검출 능력에 대한 실험", 한국측지학회지, 제 17권 제 2호, pp.161-166.
3. 최병길, 김영곤, 정진우, 2000 "GPS의 OTF 측위기법에 의한 교량의 거동 측정에 관한 연구", 한국측지학회지, 제18권 제 3 호, pp.271-278.
4. Nakamura Shun-ichi, P.E., 2000, "GPS MEASUREMENT OF WIND-INDUCED SUSPENSION BRIDGE GIRDER DISPLACEMENTS", Journal of Structural Engineering, pp.1413-1419.
5. Lovse J. W, W. F. Teskey, G. Lachapelle and M. E. Cannon, 1995, "Dynamic Deformation Monitoring of Tall Structure Using GPS Technology", Journal of Surveying Engineering, Vol. 121, No.1. pp.35-40.

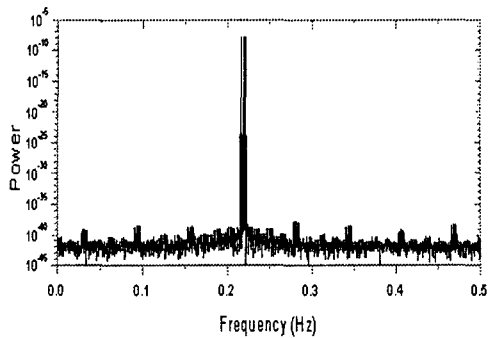


그림 15. GPS에 의해 관측된 Y축 방향의 빌딩의 고유주파수

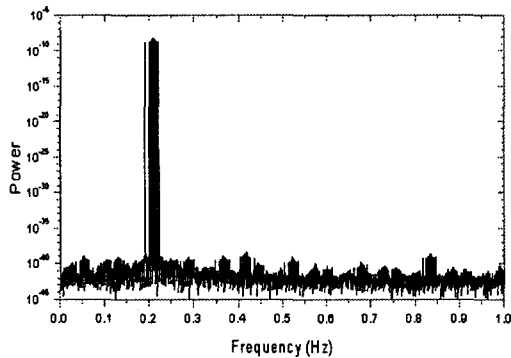


그림 16. 가속도계에 의해 관측된 X축 방향의 빌딩의 고유주파수

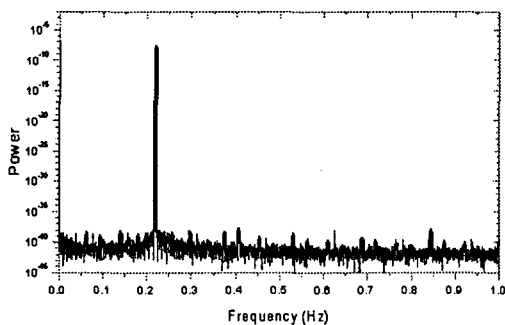


그림 17. 가속도계에 의해 관측된 Y축 방향의 빌딩의 고유주파수