

건축물 해체공사 안전 모니터링을 위한 3차원 자동변위계측 시스템 활용 방안 연구

A Study on Applying 3D Automatic Displacement Measurement System for Safety Monitoring of Building Demolition Works

박한빈¹ · 한혜림² · 김태훈^{3*} · 조규만⁴ · 조창근⁴ · 김형기⁴

Park, Han-Bin¹ · Han, Hye-Rim² · Kim, Taehoon^{3*} · Cho, Kyuman⁴ · Cho, Chang-Geun⁴ · Kim, Hyeong-Ki⁴

Abstract : According to the national building status, there are a total of 2.89 million buildings that are over 30 years old after completion, and the number is increasing by more than 70,000 to 80,000 buildings every year. As a result, the demand for demolition works is also increasing, and more than 3 to 4 collapse accidents occur steadily every year during demolition work. Major causes of accidents include non-compliance with plans, negligence of on-site supervisors, and failure to secure structural safety. Due to the strengthening of the Severe Disaster Punishment Act, there is growing interest in the demand for secure management of collapse detection during demolition works. Therefore, this study aims to investigate the applicability of real-time safety monitoring systems using a total station capable of 3D automatic displacement measurement in building demolition work for securing structural safety by the load changes during the demolition process.

키워드 : 건축물 해체공사, 자동변위계측, 실시간 모니터링

Keywords : building demolition work, automatic displacement measurement, real-time monitoring

1. 서론

건축물 해체는 주요 구조 부재를 제거하는 과정으로 부재 해체 시 구조적인 안전성 및 취약 부분이 수시로 변동되는 문제가 발생할 수 있으며, 관련 안전사고는 점차 증가하는 추세이다. 2020년도 해체공사 중 발생한 재해자는 1,889명으로 건설업 전체 대비 7.7%를 점유하고, 사망자는 22명으로 건설업 전체대비 4.8%를 점유하고 있다[1]. 건축물 해체공사 중 붕괴 및 인명 사고는 사전 구조안전 검토 미흡, 계획 미준수 등 다양한 원인에 의해 발생하나, 해체과정 중 안전 모니터링 및 관리 소홀은 주요 원인 중 하나로 작용한다. 이에 실시간 구조 안전성 정밀계측을 통한 관리 감독 단순화가 필요하며, 붕괴 위험 발생 대비 안전 정보 시스템이 필요한 시점이다. 본 연구에서는 3차원 자동변위 측정이 가능한 시스템을 활용한 건축물 해체공사 안전 모니터링 방안을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 변위 모니터링 방안 연구

레이저 센서를 통한 실시간 모니터링은 해체 건축물의 해체 단계별 하중 변화에 대한 건축물의 수직도(기울기), 수평 및 수직 변위, 층간 변위, 기동축소량 등을 정밀계측하고 장거리 유무선 통신 기술을 이용하여 데이터를 활용 가능하다. 현재 우리나라는 장대교량 및 초고층 복합건축물은 시설물의 변위 상태 측정을 위해 정밀센서와 관련 시스템 등을 구축하여 개별 시설물 단위의 모니터링 시스템을 구축하도록 하고 있다. 박준규 외 1인[2]의 연구에 따르면, 토탈스테이션(total station)을 활용한 구조물 및 지형 변위 모니터링 실험을 통해 5mm 이내 오차를 확인하여 신뢰성을 확보하였다. 이는 토탈스테이션을 이용한 대상물의 변위 모니터링이 가능함을 나타내며, 사면이나 중·소규모의 건축물에 대해서도 실시간 모니터링 시스템의 적용이 가능함을 제시하고 있다.

2.2 해체공사 실시간 변위 모니터링 방안 실험

본 연구는 건축물 해체공사에 있어 토탈스테이션 및 모니터링 소프트웨어를 활용하여 하중 변화에 따른 구조물의 변위를 측정할

1) 조선대학교, 석사과정

2) 조선대학교, 학사과정

3) 조선대학교, 부교수, 교신저자(thoonkim@chosun.ac.kr)

4) 조선대학교, 교수

수 있는 실시간 모니터링 시스템을 구축하고자 했다. 데이터 취득을 위한 토탈스테이션의 설치 위치는 정밀한 모니터링을 위해 변위가 발생 되지 않고, 측정 대상건축물로부터 영향을 받지 않는 모니터링 지점을 관측 위치로 선정하여야 한다. 이후 취득 데이터의 위치 기준이 되어주는 레퍼런스 프리즘(reference prism)을 최소 2개소 이상 외부로부터 충격이나 직접적인 변위가 일어나지 않는 곳에 설치하고, 소형 타겟 프리즘을 해체공사 시작 전 사전 시뮬레이션 결과와 측정 가능성을 고려하여 건축물 골조면에 직접적으로 부착하도록 한다. 해당 프리즘과 토탈스테이션 사이의 거리 및 각도 측정을 통해 변위 발생 여부를 확인할 수 있다. 고정된 위치에 설치된 프리즘을 통해 취득한 데이터를 토탈스테이션에서 PC로 실시간 데이터 전송하여 결과를 해석할 수 있다. 결과 해석 과정에서 사용되는 소프트웨어를 통해 변위에 대한 시각화 자료를 확인 가능하다.

해당 시스템의 적용성 검증을 위하여 실제 해체공사 현장에서 사례연구(case study)를 진행하였다. 대상 현장은 OO광역시 소재 OO은행 4층 규모 건물로 내부마감재 철거 후 시점에서 실험을 진행하였다. 3차원 변위계측을 위한 장비로는 T사의 S7 토탈스테이션 기기를 적용하였으며, 앞서 언급한 바와 같이 토탈스테이션은 측정 대상 건축물로부터 영향을 받지 않도록 도로 건너편 건물 상층부에 설치하고, 레퍼런스 프리즘의 경우 도로 건너편 건물 상층부에 1개, 측정건물 주변의 영향을 받지 않는 구조물에 1개, 총 2개를 설치했다. 타겟 프리즘은 협소한 주변 환경을 고려하여 측정하고자 하는 건물의 전면부 골조 기둥에 층당 2개소씩 설치했다.

이후 프리즘의 초기 위치설정을 위해 설치한 타겟 프리즘을 시준하여 좌표값을 취득하고, 이 값을 기반으로 5분 단위로 설치한 프리즘의 변위값 측정을 진행하였다. 측정된 데이터는 토탈스테이션을 기준으로 하는 방위각에 따라 수평(horizontal) 변위 값, 수직(vertical) 변위 값, 직선거리 값(distance)으로 구성되고, 이 값은 단순히 토탈스테이션을 기준으로 프리즘의 이동을 나타내는 값이다. 모니터링을 통한 부재의 변위 등을 확인하기 위해선 프리즘 각각의 3차원 상 변위량이 필요하며, 해당 값은 동사에서 제공하는 Microsoft SQL Server Management Studio 18 소프트웨어를 통해 데이터를 취득하였다. 3차원 상의 변위량은 정북기준 dN(남북방향), dE(동서방향), dH(높이방향)으로 구성되어있으며, 이를 통해 3차원 좌표로 나타낼 수 있다. 또한, 공사 진행에 따른 해체 영상과의 타임라인을 맞춰 비교검토를 진행하였고, 굴삭기와 같은 대형장비 이동, 외벽해체 및 인력에 의한 해체 등의 작업에 따른 공사 하중 발생과 변위 발생의 유사성 및 하중 발생 지점을 기준으로 거리 및 층간 변위량의 차이에 대한 비교분석을 통해 변위 데이터의 신뢰성을 확인하였다.

3. 결론

본 연구를 통해 건축물 해체 과정 단계별로 모니터링 시스템을 사용하여 실시간으로 전체 구조 및 내·외부 부재들의 변위 등 상태변화 데이터를 취득하고, 공사단계에 따라 진행된 해체 영상과의 비교검토를 통해 변위 데이터의 신뢰성을 확인하였다. 본 연구의 목적은 건축물 해체공사에 있어 3차원 자동변위계측 시스템의 적용성을 확인하는 것으로, 향후 추가적인 실험 및 현장 적용을 통한 데이터 확보를 진행 예정이다. 이를 토대로 해체공사 중 구조안전 확보를 위한 관련 기준 제시가 가능할 것이며, 해당 데이터를 활용하여 해체공법 및 프로세스에 따른 발생 가능한 구조적 결함을 사전 구조 안정성 평가에 반영하여 검토하는 과정에서 신뢰성 있는 분석결과 확보에 기여할 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 3차원 레이저 스캐닝, 이미지 프로세싱 등의 기술과 연계하여 건축물 해체공사 전 단계에서의 안전성향상 및 스마트 건설기술 활용 확대에 기여할 것이다.

감사의 글

본 논문은 2021년도 과학기술정보통신부 기술연구개발의 원천연구개발사업(과제번호: NRF-2021M3E9A1101641)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 안전보건공단. 해체공사 재해 현황. 2021.
2. 박준규 외 1인. 구조물 및 지형변위 모니터링을 위한 토탈스테이션의 활용. 한국산학기술학회논문지. 2020. 제21권 4호.