

Tech-lead형 액상화 위험지도 구축기술 고도화 연구

한진태 KICT 지반연구본부 연구위원
김종관 KICT 지반연구본부 수석연구원
박가현 KICT 지반연구본부 수석연구원

들어가며

2017년 포항지진 시 국내 계기지진이래 최초로 지반 액상화 현상이 공식적으로 보고되었고 이에 따라 국민적 불안감이 증대되었다(그림 1). 액상화 현상은 일반적으로 건축물 및 인프라의 피해를 유발한다. 2011년 발생한 뉴질랜드 Christchurch Earthquake와 일본 The off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake의 사례를 보면 건축물의 침하 및 부등침하, 지하 맨홀 및 하수관거의 부상에 따른 피해, 도로 침하, 모래 분사에 따른 시설물 피해 등 큰 경제적 피해를 초래한다. 따라서 지진 시 액상화 발생 가능성이 높은 지역의 사전 예측을 위한 국내 액상화 위험지도 개발이 필요하다.

본 연구팀은 1단계 연구인 ‘Tech-lead형 액상화 피해 예측 가시화 시스템 및 고효율·저비용 액상화 보강공법 개발 (2018~2020)’을 통해 한국건설기술연구원에서 위탁 운영하고 있는 국토지반정보 포털시스템의 지반시추 자료 데이터베이스를 기반으로 국내 액상화 위험지도 개발 및 결과 표출 시스템을 시범 구축하였다. 이를 통해 데이터베이스 변화에 따라 효율적 갱신 및 관리가 가능해졌다. 개발된 액상화 위험지도 작성 시스템을 바탕으로 각 지자체별 액상화 위험도 구축을 통해 액상화 위험지역의 파악 및 사전대응이 가능하다. 한편, 액상화 위험지도를 지자체 GIS 시스템에 적용하여 활용하기에 앞서 각 지자체별로 자체 개발한 GIS 시스템을 개발



그림 1 포항지진 액상화 현상

운영하고 있기 때문에 프로토콜 매칭 및 데이터표준화에 관한 연구가 필요하다. 또한, 향후 지자체에서 액상화 위험지도 재난재해 대응, 도시계획 등에 활용할 수 있도록 도시모형 연계 방안에 관한 연구가 필요하다. 이와 더불어 1단계에서 개발한 액상화평가 프로그램 및 데이터 품질관리 등 액상화 위험지도 구축기술 고도화를 통해 액상화 위험지도의 신뢰도를 제고할 필요가 있다.

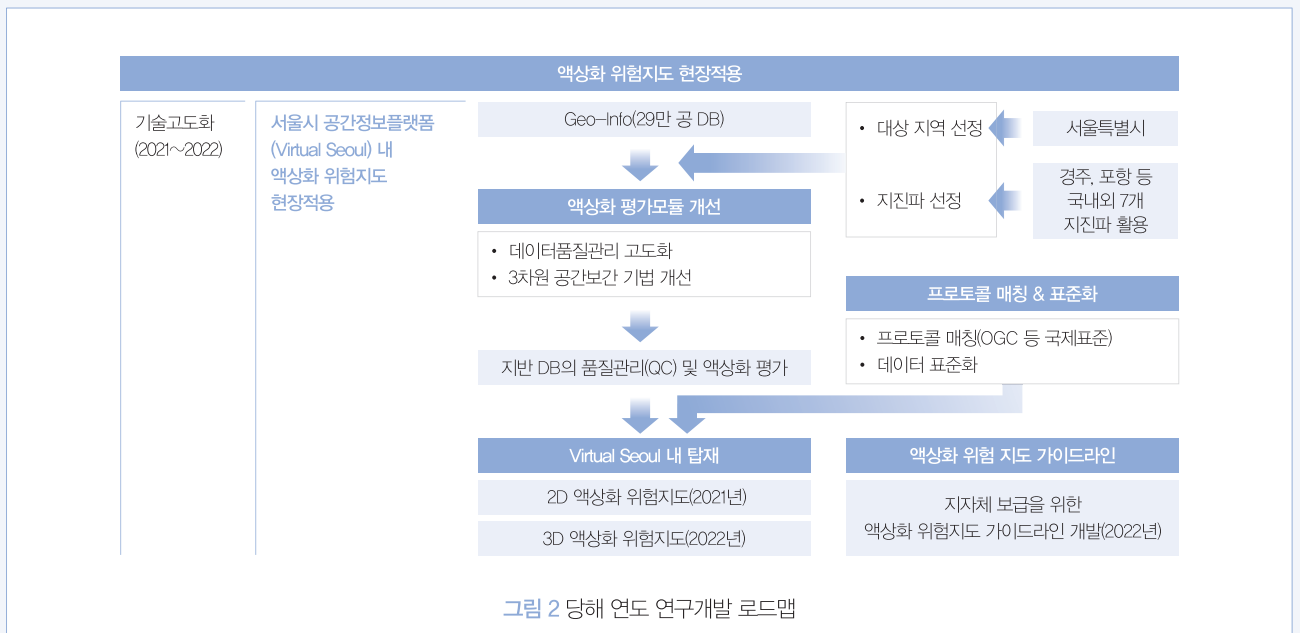
본 연구의 1단계에서는 국토지반정보 포털시스템과의 연계를 통한 액상화위험도 평가 및 액상화위험지도 작성에 중점을 두었다면, 2단계(그림 2)에서는 액상화 위험지도의 신뢰도를 향상시키기 위한 고도화 연구를 수행하였다. 액상화 위험지도를 지자체에 적용하기 위해 액상화 위험지도 프로토콜 매칭 및 데이터 표준화 연구를 진행하였고, 3D 도시모형 연계 액상화 시뮬레이션 프로토타입을 구현하였다. 최종적으로 2단계 1차년도(2021년)에는 서울특별시 공간정보 플랫폼(Virtual Seoul) 내 2D 액상화 위험지도를 탑재하는 데 성공하였으며, 2차년도(2022년)에는 서울특별시 공간정보 플랫폼 내 3차원 액상화 위험지도 탑재를 추진할 예정이다(한국건설기술연구원 2021).

액상화 위험지도 구축기술 고도화

액상화 위험도 자동평가 프로그램의 기본 개념은 1단계 연구

사업 'Tech-head형 액상화 피해 예측 가시화 시스템 및 고효율·저비용 액상화 보강 공법 개발(2018-2020)'에서 정립하였다. 기존의 프로그램은 액상화 평가 자동화 및 국토지반정보 포털시스템과의 연계에 주안점을 두었다면 본 연구에서는 데이터 품질관리, 광역단위 평가, 다수 지진파에 대한 액상화 평가 수행을 추가하여 액상화 위험도 자동 평가 프로그램을 고도화하였다.

데이터 품질관리는 지반정보 데이터(심도, 지층종류, SPT 타격횟수, SPT 관입깊이 등)가 액상화 평가에 적절한지 검토하는 절차이다. 먼저 지층정보 데이터 중 심도데이터 불일치 유무, 지층종류 불일치 유무를 1차적으로 판단하여 필터링을 수행하며, 2차로 SPT실험 데이터 중 타격 횟수가 50회 이상이거나 관입깊이가 30cm 이상인 경우 이상치로 간주하고 제외한다. 실제 현장에서 SPT 실험 수행 시 관입깊이가 30cm를 넘거나 타격횟수가 50회를 넘는 경우가 실무상 존재하긴 하나 데이터베이스상의 데이터에서 이를 판단하기 어려운 점과 관입깊이와 타격횟수가 반대로 입력된 것으로 의심되는 데이터가 존재하여 판단에 어려움이 있으므로 결과의 신뢰성을 확보하기 위해서 액상화 평가 시 제외하는 알고리즘으로 구성하였다. 다음으로 다수 지진파에 대한 액상화 평가를 수행하기 위해 7개의 지진파에 대하여 순차적으로 지반응답해석을 수행하고 각각의 응답해석결과를 바탕으로 액상화 평가를



수행한 후 평균값을 결과로 도출하도록 구성하였다. 이를 통해 지진파 선정으로 인한 편차를 줄일 수 있다.

또한, 액상화 위험지도의 신뢰도를 향상시키기 위한 방법으로 앞서 설명한 품질관리 절차 이외에도 인공지능을 이용하여 지반정보를 자동으로 품질관리 하는 방안에 대하여 검토하였다. 그 결과, 본 연구에서 개발한 오토인코더 모델이 지반정보의 품질관리에 적절하게 사용될 수 있음을 확인하였다. 차년도에는 개발한 모델의 정확도 검증, 이상 여부를 판단할 수 있는 임계점 설정, 다양한 지역 데이터에 적용하여 본 모델의 적용성 확장, 알고리즘 개선 등 다양한 시도를 통해 인공지능을 이용하여 지반정보의 이상치를 탐지하는 데 있어서 보다 향상된 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

데이터 프로토콜 매칭 및 표준화

액상화 위험지도 서비스는 현재 표준모델에 따라 관계자에게 인쇄물 또는 전자문서 형태의 정적 지도로 제작·배포되고 있다. 정적 지도는 외부 환경과 관계없이 누구나 쉽게 열람할 수 있다는 장점이 있으나, 제한된 용지 면적 내에 모든 항목을 표현해야 하는 제약으로 인해 세부적인 정보 취득이 매우 제한적인 단점이 있다. 현시점에서 액상화 위험지도의 최종 사용자는 행정안전부 또는 지방자치단체의 재난대응 부서가 해당한다. 이 경우, 전자문서 형식을 액상화 위험지도 서비스 방식으로 한정한다면 정보의 재편집 및 유관 행정업무에서의 활용(분석 등)이 매우 제한적이다. 따라서 향후 액상화 위험지도 서비스는 파일 시스템(File System) 중심의 서비스

제공 방식과 웹 서비스(Web Service) 중심의 서비스 제공 방식을 병행하여 제공할 필요가 있다. 본 연구에서는 액상화 위험지도의 파일 시스템 중심 서비스 제공 방식과 웹 서비스 중심 방식의 서비스 제공 방식에 대하여 검토하였고, 향후 지자체나 관련 부처의 상황에 따라 유연하게 액상화 위험지도를 활용할 수 있는 방안을 선제적으로 마련하였다.

액상화 시뮬레이션 프로토타입 구현

본 연구에서는 액상화 위험지도를 지자체에서 도심지 재난재해 위험도 관리 및 대응, 도시계획 등에 활용할 수 있도록 지형, 건물을 함께 3D로 시각화하고 연계하는 3차원 도시 시뮬레이션 활용 방안에 대해 검토하였다. 이를 위하여 지역별 상세자료 취득의 제약으로 인해 지질도 보간 및 시각화 테스트는 '경상북도 포항시'의 시추성고를 이용하여 구현하였으며, 3D 도시 모형 연계 시뮬레이션 테스트는 서울지역 액상화 위험도 모의 평가 결과를 토대로 '서울특별시 영등포구'로 설정하여 그림 3~5와 같이 단계별로 구현하였다. 먼저, 서울특별시 일부 지역의 건물 높이 정보를 취득하여 '건물지반높이'와 '건물 높이' 속성정보를 이용하여 LOD1 수준의 3D 건물을 시각화하였다. 이후 액상화 위험도 평가결과를 연계하여 건축물이 정착한 지반의 액상화 위험도와 함께 시각화가 가능하며, 경우에 따라 특정 위험수준에 위치한 건축물만을 선택적으로 시각화하는 것이 가능하다. 본 연구에서는 초고층 건물에 대한 선택적 시각화를 시도하여 시범적으로 액상화 위험지도의 3차원 도시 시뮬레이션 활용 가능성을 확인해보았다.



그림 3 영등포구 3D 도시 모형(LOD1) 구축 결과



그림 4 액상화 위험도가 높은 건물 선택적 시각화



(주황 : 고층건축물, 빨강 : 초고층건축물)

그림 5 초·고층건축물 선택적 시각화

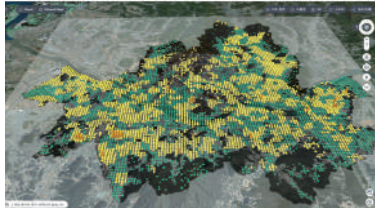


그림 6 서울시 공간정보 플랫폼 (Virtual Seoul) 내 2차원 액상화 위험지도 적용모습(항공영상)

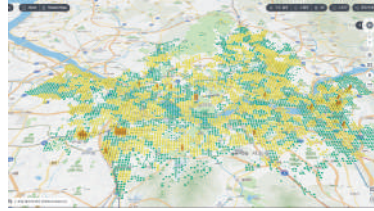


그림 7 Virtual Seoul 내 2차원 액상화 위험지도 적용모습 (Naver Base Map)

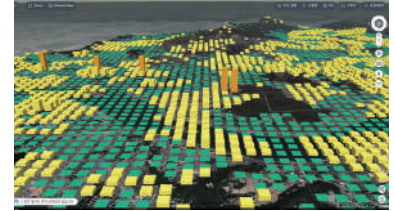



그림 8 Virtual Seoul 내 2차원 액상화 위험지도 적용모습 (항공영상, 지상부분 확대)

서울시 Virtual Seoul 시스템 내 2차원 액상화 위험지도 탑재

본 연구에서는 서울시를 대상으로 지반액상화 평가를 수행한 후 서울시 공간정보 플랫폼인 Virtual Seoul 내에 2차원 액상화 위험지도를 탑재하였다. 국토지반정보 포털시스템에서 제공받은 서울특별시 지반정보 DB자료는 총 24,327공이다. 여기서 1차 필터링(좌표데이터 검증) 및 2차 필터링(지층정보, 시험정보 존재확인)을 통해 전체 중 약 85%인 20,857공이 사용가능한 것으로 나타났다. 다음으로 데이터의 품질관리를 진행하였다. 지층정보 및 시험정보 품질관리 후 데이터 일치성 여부를 재검토한 결과 최종적으로 사용가능한 데이터는 총 13,236공으로 확인되었다. 이후, 7개의 지진파를 이용하여 액상화 평가에 사용하였으며 활용한 자세한 물성정보 및 방법론에 관해서는 2020년도 연구보고서에 명시되어 있다(KICT, 2020). 본 연구팀은 액상화 위험지도 현장적용과 관련하여 2021년 2월부터 서울시와 지속적인 미팅을 통해 Virtual Seoul 내에 액상화 위험지도 적용방안에 관한 논의를 진행하였다. 그 결과 그림 6~8과 같이 서울시 공간정보플랫폼 Virtual Seoul 내에 2차원 액상화 위험지도를 현장적용하였고, 차년도에는 3차원 액상화 위험지도를 Virtual Seoul 내에 탑재할 예정이다.

맺음말

본 연구에서는 지진 시 액상화 발생 및 피해예측을 위해 1단계 연구인 'Tech-head형 액상화 피해 예측 가시화 시스템 및

고효율·저비용 액상화 보강공법 개발(2018~2020)'에서 개발한 국토지반정보 포털시스템과 연계된 2차원 및 3차원 액상화 위험지도 작성기술 및 시스템을 바탕으로 지저체에 액상화 위험지도를 보급하고 상부 및 지중 구조물의 피해를 예측 가능하도록 하였다. 액상화 위험지도의 신뢰도를 향상시키기 위하여 데이터 품질관리, 광역단위 액상화 평가, 7개의 지진파를 통한 액상화 자동 평가 개선 등 액상화 위험도 평가기법 고도화 연구를 수행하였다. 지저체에 액상화 위험지도를 보급 및 적용하기 위하여 액상화 위험지도 프로토콜 매칭 및 데이터 표준화 연구를 진행하였고, 3D 도시모형 연계 액상화 시뮬레이션 프로토타입을 구현하였다. 2단계 1차년도에는 서울시 공간정보 플랫폼 Virtual Seoul 내에 2차원 액상화 위험지도를 탑재함으로써 본 연구 성과의 현장 적용성을 확인하였으며, 차년도에는 서울시 공간정보 플랫폼 Virtual Seoul 내에 3차원 액상화 위험지도까지 탑재하여 도심지 재난재해 대응 및 관리에 폭넓게 활용될 예정이다. 

참고자료

- 한국건설기술연구원(2020), Tech-head형 액상화 피해 예측 가시화 시스템 및 고효율·저비용 액상화 보강공법 개발 최종보고서
- 한국건설기술연구원(2021), Tech-head형 액상화 위험지도 구축기술 고도화 연구 (4/5) 보고서