

AI·드론 기반 지능형 침수예측 프로그램을 활용한 건설현장 기후재난 사전 대응 시스템 개발

곽동근*

*(주)포스코이앤씨

e-mail:evergreener@poscoenc.com

Development of an AI and Drone-based Climate Disaster Proactive Response System for Construction Sites Using Rainfall-Inundation Prediction Programs

Dong-Geun Kwak*

*POSCO E&C

요약

본 연구는 기후변화에 따른 국지성 집중호우 증가로 건설현장의 침수 위험이 확대되는 상황에서, AI·드론 기반 지능형 침수 예측 및 대응 프로그램을 활용한 기후재난 사전 대응 시스템을 개발하고 그 적용 가능성을 검토하는 데 목적이 있다. 건설현장은 공사 진행에 따라 지형, 토지피복, 배수 경로, 자재 및 장비 배치가 지속적으로 변화하므로 기존의 정적 침수 예측 방식만으로는 실제 위험을 충분히 반영하기 어렵다. 이에 본 연구에서는 강우 예측, 드론 기반 지형정보 구축, GIS 기반 공간분석, 흐름해석 기반 침수예측, 위험도 평가 및 대응 가이드라인을 하나의 프로그램 체계로 통합하였다. 개발된 프로그램은 시간별 강우 예측정보와 드론 정사영상 및 DSM 기반 현장 공간정보를 입력자료로 활용하고, 현장 지형 특성을 반영한 계산격자를 구성하여 침수심, 침수범위, 침수면적 등의 결과를 산출한다. 또한 실제 건설현장 사례에 적용하여 침수 취약구역을 사전에 식별하고 대응조치 수립에 활용함으로써 현장 안전관리와 재난 대응 의사결정의 효율성을 확인하였다. 본 연구는 AI 및 드론 기술을 건설현장 안전관리와 기후재난 대응에 적용한 실무 중심의 예측 시스템을 제시하였다는 점에서 의의가 있다.

1. 서론

최근 기후변화의 영향으로 단시간에 집중되는 강우 현상이 빈번해지고 있으며, 이에 따라 건설현장의 침수 피해 위험이 증가하고 있다. 건설현장은 일반 도시지역과 달리 공사 단계에 따라 지형과 토지피복 상태가 지속적으로 변화하고, 배수 시설이 완전하게 정비되지 않은 상태에서 작업이 이루어지는 경우가 많다. 특히 굴착부, 사면부, 저지대, 임시 배수로 주변은 집중호우 발생 시 우수가 빠르게 유입될 수 있는 취약 지점이다. 업로드 자료에서도 건설현장은 토양이 직접 노출되고 자재와 장비가 배치되어 있으며 배수관 정비가 완료되지 않은 경우가 많아 호우 피해 위험성이 크다고 설명하고 있다. 기존의 건설현장 침수 대응은 기상예보 확인, 임시 배수로 설치, 양수기 배치, 작업 중지 등의 경험적 조치에 의존하는 경우가 많았다. 그러나 이러한 방식은 현장의 지형 조건, 배수 경로, 토지피복 변화, 시간별 강우 강도 등을 정량적으로 반영하기 어렵다. 특히 국지성 집중호우는 발생 위치와 강도가

급격히 변하기 때문에 단순 강우량 정보만으로는 실제 침수 발생 위치와 규모를 정확하게 예측하기 어렵다.

따라서 건설현장의 침수 피해를 최소화하기 위해서는 강우 예측, 지형 분석, 침수 흐름해석, 위험도 평가를 통합한 사전 예측 체계가 필요하다. 본 연구는 이러한 필요성에 따라 AI·드론 기반 지능형 침수 예측 및 대응 프로그램을 개발하고, 이를 실제 건설현장 사례에 적용하여 침수 취약구역 식별과 대응 의사결정 지원 효과를 검토하고자 한다.

2. 인공지능 기반 강우-침수 예측 프로그램의 구성

(주)포스코이앤씨에서 개발한 AI·드론 기반 지능형 침수 예측 및 대응 프로그램 (POS-FIPA, POSCO E&C-Flood Information Prediction and Action)은 강우 예측 모듈, 공간 정보 구축 모듈, 침수 흐름해석 모듈, 위험도 평가 및 대응지원 모듈로 구성된다. 각 모듈은 독립적으로 작동하는 것이 아니라, 하나의 분석 흐름 안에서 순차적으로 연계된다. 즉, 강

우 예측 결과는 침수해석의 입력자료가 되고, 드론 기반 공간 정보는 계산격자와 지형매개변수 산정에 활용되며, 해석 결과는 위험도 평가와 대응 가이드라인으로 연결된다.

강우 예측 모듈은 기상 관측자료와 예보자료를 활용하여 대상 현장의 시간별 강우량을 산정한다. 최근 인공지능 기술은 강우 패턴 분석과 초단기 예측 분야에서 활용도가 높아지고 있으며, 시계열 자료 분석에 적합한 RNN 계열 모델과 공간 패턴 분석에 유리한 CNN 계열 모델이 강우 예측에 적용될 수 있다. 업로드 자료에서는 기상 관측 데이터와 레이더 데이터가 강우 예측을 위한 주요 데이터셋으로 제시되며, 결측치 보정, 정규화, 영상 크기 조정 등 전처리 과정의 필요성이 설명되어 있다.

공간정보 구축 모듈은 드론 촬영자료를 활용하여 건설현장의 지형과 토지피복 상태를 분석한다. 정사영상은 현장의 토지피복, 작업영역, 구조물 배치 등을 파악하는 데 활용되며, DSM은 경사도, 저지대, 물 흐름 방향을 분석하는 데 활용된다. 침수분석을 위한 입력자료는 크게 기상정보와 지형정보로 구분되며, 지형정보의 경우 드론을 통해 촬영된 정사영상과 DSM을 활용할 수 있다.

침수 흐름해석 모듈은 강우 예측 결과와 지형정보를 결합하여 시간별 침수 양상을 해석한다. 이 모듈은 현장 지형의 고저차, 배수 방향, 저류 가능 구역 등을 반영하여 침수심과 침수범위를 산정한다. 특히 DSM에서 구조물 등 불필요한 표면 요소를 보정하고 DTM 기반 계산격자를 구성함으로써 물의 흐름 경로를 보다 안정적으로 해석할 수 있다. 업로드 자료에서도 DSM 기반 지형 모델링은 침수 예측 정확도를 높이기 위한 필수 요소로 제시되어 있으며, DSM에 DTM 필터를 적용하여 지형 데이터를 확보한 후 계산격자를 구성한다고 설명하고 있다.

위험도 평가 및 대응지원 모듈은 침수 예측 결과를 기반으로 고위험구역과 안전구역을 구분한다. 침수심, 유속, 침수면적, 침수 지속시간 등의 결과는 작업자 대피, 장비 이동, 자재 보호, 배수시설 보강, 작업계획 조정 등의 판단 근거로 활용된다. 시나리오 기반 침수 예측 결과를 활용하여 침수 가능성이 높은 지역을 구체적으로 도출하고, 이에 따른 대응 가이드라인을 제공하는 과정은 현장 안전관리 측면에서 매우 중요하다.

3. POS-FIPA 구현 및 분석 절차

개발된 POS-FIPA는 건설현장 담당자가 직접 침수예측을 수행할 수 있도록 GUI 기반 환경으로 구현한 프로그램이다. 사용자는 프로그램에서 대상 현장 프로젝트를 생성하고, 현장 위치정보, 드론 촬영자료, 기상정보를 등록한 뒤 침수예측 분석을 수행한다. GUI 기반 침수예측 통합 프로그램은 복잡

한 데이터 처리와 모델 적용 절차를 표준화하여 분석 편의성과 결과 활용성을 높일 수 있다.

분석 절차는 대상 현장 등록, 드론자료 입력, 침수매개변수 산출, 강우 시나리오 생성, 침수 흐름해석, 결과 시각화, 보고서 작성의 순서로 진행된다. 먼저 대상 건설현장의 위치와 기본 속성을 입력하면, 프로그램은 해당 위치를 기준으로 기상 정보를 수집하고 강우 예측자료를 생성한다. 이후 드론 정사영상과 DSM을 등록하면 경사도, 음영기록도, 위험경사도, 토지피복 등 침수해석에 필요한 공간정보가 산출된다.

침수분석 단계에서는 강우 시나리오와 지형 계산격자를 입력값으로 사용하여 시간별 침수심과 침수범위를 산정한다. 분석 결과는 2차원 및 3차원 화면으로 시각화되며, 사용자는 침수 발생 위치, 침수 확산 방향, 최대 침수심 발생 시점 등을 확인할 수 있다. 업로드 자료에서도 침수예측 결과를 2D 및 3D 화면에 표출하고, 시간에 따른 침수면적과 침수심 변화를 확인할 수 있도록 하는 구조가 제시되어 있다.

또한 프로그램은 분석 결과를 보고서 형태로 자동 정리할 수 있도록 구성된다. 보고서에는 침수 시작시간, 침수 종료시간, 최대 침수심, 최대 침수면적, 최대 침수량 등이 포함된다. 이러한 결과는 현장 안전관리자가 침수 위험을 판단하고 대응 계획을 수립하는 데 활용된다.



[그림 1] POS-FIPA 기반 침수 예측 및 대응 절차

4. 사례 적용 및 효과 분석

본 연구에서는 개발된 프로그램을 침수 취약성이 높은 건설현장 사례에 적용하여 프로그램의 활용성을 검토하였다. 사례 현장은 공사 진행 중 지형 변화가 크고, 강우 시 우수가 특정 저지대로 집중될 가능성이 높은 조건을 가진 현장으로 설정하였다. 분석을 위해 대상 현장의 드론 정사영상과 DSM 자료를 입력하고, 시간별 강우 예측자료를 적용하여 침수 시나리오를 구성하였다.

사례 분석 결과, 프로그램은 현장 내 저지대와 배수 취약구간을 중심으로 침수 가능성이 높은 구역을 사전에 도출하였다. 특히 단순 현장 육안점검으로는 명확하게 파악하기 어려운 지형 경사와 흐름 경로가 계산결과로 시각화되면서, 침수

발생 가능성이 높은 구간을 정량적으로 확인할 수 있었다. 이를 통해 현장관리자는 집중호우 이전에 배수로 보강, 양수기 배치, 자재 이동, 장비 대피, 작업 동선 조정 등의 사전 조치를 검토할 수 있었다.

또한 동일 현장에 대해 강우 강도를 달리한 복수의 시나리오를 적용함으로써, 강우 조건 변화에 따른 침수범위와 침수심 변화를 비교할 수 있었다. 이러한 시나리오 기반 분석은 단일 예보값에 의존하는 대응보다 더 안정적인 의사결정을 가능하게 한다. 예를 들어 일반 강우 조건에서는 일부 저지대에 국한되던 침수범위가 강한 집중호우 조건에서는 작업구역과 장비 배치구간까지 확대되는 것으로 나타났으며, 이를 통해 위험 단계별 대응계획 수립이 가능하였다.

사례 적용을 통해 확인된 가장 큰 효과는 침수 대응의 시간적 선행성을 확보할 수 있다는 점이다. 기존에는 강우 발생 후 현장 상황을 확인하고 대응하는 방식이 일반적이었다면, 본 프로그램은 강우 발생 전 예측정보를 기반으로 위험구역을 사전에 도출한다. 이에 따라 현장에서는 작업자 대피, 자재 보호, 배수시설 보강 등 예방 중심의 대응이 가능해진다. 또한 프로그램 기반 분석은 침수 대응 의사결정의 객관성을 높인다. 기존의 경험적 판단은 담당자의 숙련도에 따라 결과가 달라질 수 있으나, 본 프로그램은 동일한 입력자료와 분석 절차를 기반으로 침수심, 침수범위, 최대 침수면적 등 정량적 결과를 제공한다. 따라서 현장 간 비교와 반복 분석이 가능하며, 향후 여러 건설현장에 적용할 경우 표준화된 침수 대응 체계 구축에도 활용될 수 있다.

구축, GIS 기반 공간분석, 흐름해석 기반 침수예측, 위험도 평가 및 대응지원 기능을 통합함으로써 건설현장의 침수 위험을 사전에 분석할 수 있도록 설계되었다.

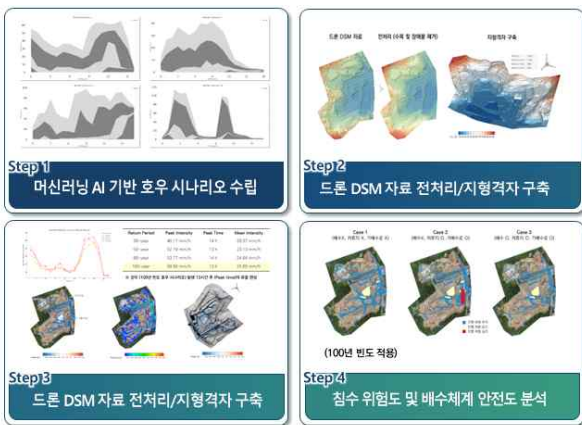
연구 결과, 건설현장의 침수 위험은 단순 강우량만으로 판단하기 어렵고, 현장 지형, 토지피복, 배수 조건, 공정 변화 등을 함께 고려해야 함을 확인하였다. 특히 드론 기반 DSM과 정사영상을 활용하면 공사 진행에 따라 변화하는 현장 조건을 반영할 수 있으며, 이를 흐름해석 모델과 결합하면 시간별 침수심과 침수범위를 정량적으로 산정할 수 있다.

사례 적용 결과, 개발된 프로그램은 침수 취약구역을 사전에 식별하고 현장 대응조치 수립을 지원하는 데 효과적인 것으로 나타났다. 프로그램을 통해 도출된 침수예측 결과는 배수시설 보강, 자재 및 장비 이동, 작업자 대피, 작업계획 조정 등 현장 안전관리 의사결정에 직접 활용될 수 있다. 이는 인공지능기술이 단순한 예측 알고리즘을 넘어 건설현장의 실질적인 재난 대응 도구로 활용될 수 있음을 보여준다.

향후에는 다양한 공종과 지형 조건을 가진 건설현장에 대한 추가 적용을 통해 모델의 범용성과 정확도를 검증할 필요가 있다. 또한 실시간 강우자료, 현장 수위센서, CCTV 영상자료와의 연계를 강화하면 보다 자동화된 침수 경보 및 대응 시스템으로 발전할 수 있을 것이다. 최종적으로 본 연구에서 제안한 프로그램은 건설현장의 기후재난 대응역량을 향상시키고, 인공지능기술을 활용한 건설안전관리 체계 고도화에 기여할 수 있을 것으로 판단되며, 나아가 침수가 예상되는 유역에도 적용하여 내수 및 하천 재해 예방에 활용될 수 있을 것으로 기대하고 있다.

참고문헌

[1]곽동근, 김윤중, “건설현장 기후재난 사전 대응을 위한 지능형 침수예측 흐름해석 모형의 개발,” 대한토목학회지, 제72권 제11호, 2024.



[그림 2] POS-FIPA기반 사례연구 결과

5. 결론

본 연구에서는 건설현장의 기후재난 사전 대응을 위해 AI·드론 기반 지능형 침수 예측 및 대응 프로그램을 개발하고, 이를 실제 현장 사례에 적용하여 활용 가능성과 효과를 검토하였다. 제안된 프로그램은 강우 예측, 드론 기반 지형정보