

IoT기반 침수 감지 센서 및 물막이설비 시스템의 현장 성능평가

박영진*, 김지호**, 박준규*, 김병곤***, 최주환****, 박정민*****
*서일대학교 건설시스템공학과, **하존이앤씨(주), *** (주)세라토크, **** (주)대도엔텍,
***** (주)에이콘테크
e-mail: profpark@seoil.ac.kr

Field Performance Evaluation of IoT-based Flood Detection Sensors and Flood Barrier Systems

Youngjin Park*, Jiho Kim**, Joonkyu Park*, Byeongkon Kim***, Juhwan Choi****, Chengmin Park*****
*Dept of Civil Engineering, Seoil University, **Hajon Engineers and Consultants Co., Ltd., ***Ceratorq. Inc., ****Daedo Entec Co. Ltd., *****AconTech. Inc.

요약

본 연구는 기후변화의 영향으로 국내 도시 지하공간 침수 문제가 지속적으로 증가되어 국민의 재산 및 인명피해가 커지고 있으므로, 이러한 피해를 감소시키기 위하여 IoT기반 침수 감지 센서 및 물막이설비를 개발하고, 수리모형실험과 테스트베드에서 성능평가를 통해 검증하고자 한다. 본 연구에서 개발된 부자식 침수감지센서는 수리모형실험과 검증기관을 통해 검증하였으며, 현장 성능평가의 경우 군산시 침수지역 아파트에서 시행되었다. 침수 감지 센서 4대와 자동 물막이설비, 수동 물막이설비를 설치하고 IoT 기반으로 시스템에 연동하였다. 본 연구에서는 침수감지센서와 자동 물막이설비를 하나의 시스템으로 제어하여 국민의 재산과 인명을 보호할 수 있는 골든타임을 확보하고, 누구나 쉽게 이용할 수 있는 수동물막이설비를 개발하므로써, 이를 통해 향후 국내 수해 및 침수 재해방지 기술 향상에 기여할 수 있고, 국외 ODA사업에서 홍수 및 내수침수 관련 분야에 진출하여 수출 증대 효과도 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

1. 서론

국내의 경우 2012년 군산시 나운동 아파트 지하주차장 침수, 2022년 안양시 안양천 주변 아파트 지하주차장 침수와 강남 아파트 지하주차장 침수, 포항시 냉천 주변 아파트 지하주차장 침수 등 기후변화에 따라 도시 지하공간 침수 및 재해위험이 증가되어 국민의 생명과 재산을 지킬 수 있는 물막이설비 기술의 필요성이 증대되고 있다.

을 확보할 수 있도록 방재 기술과 IoT 기술을 활용하여 침수 감지센서와 자동 물막이설비를 시스템에 의해서 제어하는 기술을 개발하였으며, 본 연구의 목적과 범위는 다음과 같다. IoT 기반 침수감지센서와 자동 및 수동 물막이설비를 개발하고 시스템과 연동하는 방재시스템을 구축하고, 수리모형실험 및 테스트베드에 현장 적용 및 평가를 통해 성능 검증을 수행하여 물막이설비 방재시스템 기술을 개발하고자 한다.



[그림 1] 지하주차장 침수 피해 사례



[그림 2] 지하공간 침수방지를 위한 방재시스템

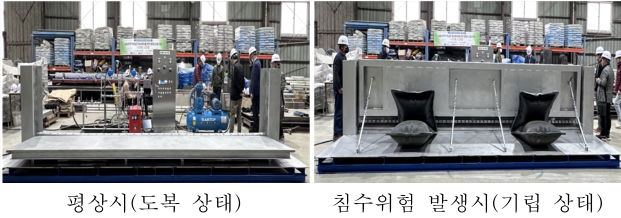
2. 침수피해 저감을 위한 방재시스템 기술 개발

본 연구에서 개발한 자동 및 수동 물막이설비와 침수감지센서, 방재시스템의 개요는 다음과 같다.

이에 따라 국민의 재산과 인명을 보호할 수 있는 골든타임

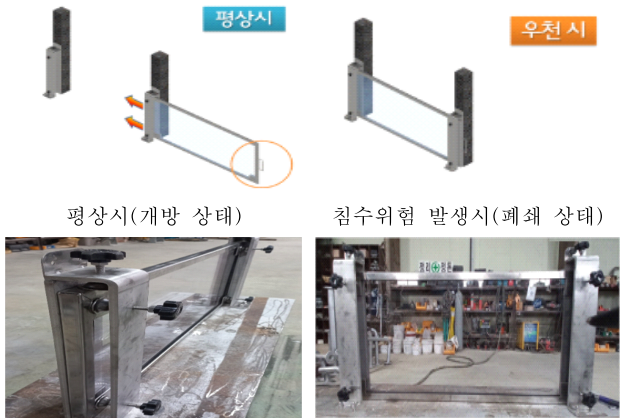
2.1 자동 및 수동 물막이설비 개요

자동 물막이설비의 경우 평상시 도복되어 있는 상태로 차량의 통행이 가능하며 침수감지센서를 통해 침수위험 발생 시 자동으로 에어백을 통해 물막이설비가 기립되어 침수를 방지할 수 있다. 정전과 같은 비상상황에서도 비상발전기 또는 수동송풍기로 안정적인 작동이 가능하고, 간단한 공압식 구조로 유지관리가 편리하다.



[그림 3] 자동 물막이설비 개요

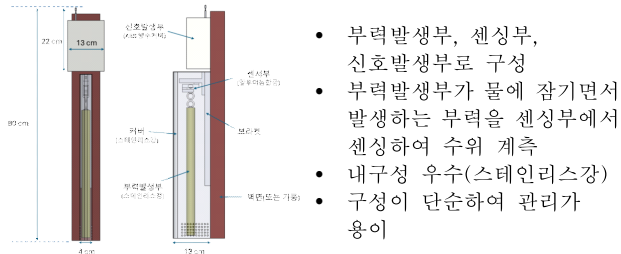
수동 물막이설비의 경우 미관을 해치지 않도록 경량 및 투명소재를 사용하고, 슬라이딩 형식이므로 비상시 신속한 개폐 가능하며, 남녀노소 누구나 쉽게 설치가 가능하다는 장점이 있다.



[그림 4] 수동 물막이설비 개요

2.2 IoT기반 침수감지센서 개요

금회 개발된 부력식 침수감지센서의 경우, 수위에 따른 부력을 센싱하여 수위를 계측한 후 앱으로 실시간 데이터 전송을 하도록 하였다.

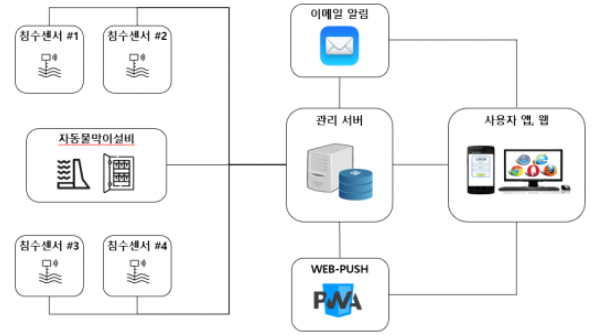


[그림 5] 침수감지센서

- 부력발생부, 센싱부, 신호발생부로 구성
- 부력발생부가 물에 잠기면서 발생하는 부력을 센싱부에서 센싱하여 수위 계측
- 내구성 우수(스테인리스강)
- 구성이 단순하여 관리가 용이

2.3 방재시스템 개요

물막이설비 방재시스템은 IoT 기반 침수 감지 센서와 자동 물막이설비를 시스템과 연동하여, 실시간으로 사용자에게 정보를 공유할 뿐 만 아니라 제어가 가능하도록 하였다.



[그림 6] 물막이설비 방재시스템

구성된 방재시스템에 의한 자동 물막이설비 작동 시나리오는 아래와 같다.



[그림 7] 자동 물막이설비 작동 시나리오

3. 연구 방법

3.1 테스트베드 구성 및 설치

도시침수지도 및 현장조사를 통해 선정된 군산시의 경우 나운동 및 신평동 일대가 상습적인 침수 발생 지역(2012년, 2020년, 2022년, 2023년 등 피해 발생)이었으며, 군산시 나운동 일대 현장조사 결과 공동주택이면서 지하주차장이 있는 아파트가 선정되었다.



[그림 8] 테스트베드 선정

현장조사 결과, 침수피해 저감을 위해 지하주차장 자동 차수판(물막이시설) 1개소, 수동 차수판(지하 계단 출입구) 2개소와 침수감지센서 4개소, 게이트웨이 등을 설치하도록 하였다.



침수감지센서 설치(4개소) 게이트웨이 설치(관리사무실 상부)

[그림 9] 침수감지센서

설치된 수동 및 자동물막이 설비는 아래와 같다.



평상시(도복 상태)

침수위험 발생시(기립 상태)

[그림 10] 자동 물막이설비 설치

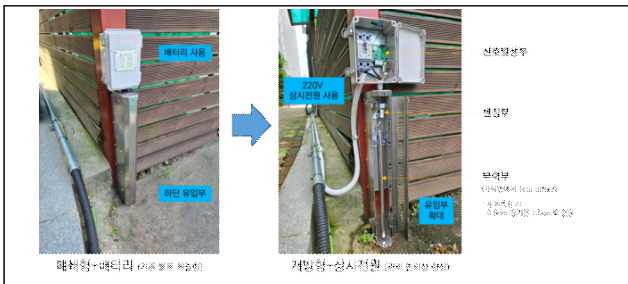


평상시(개방 상태)

침수위험 발생시(폐쇄 상태)

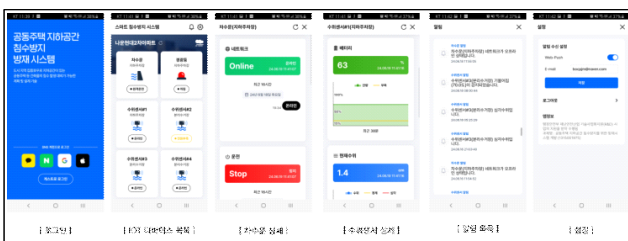
[그림 11] 수동 물막이설비 설치

침수감지센서의 경우 초기에는 배터리를 이용하였으나, 안정적인 센서 작동과 관리 편의성을 향상시키기 위해 상시전원과 개방형 형태로 수정하였다.



[그림 12] 침수감지센서 설치

개발된 IoT기반 방재시스템 앱은 아래 그림과 같다.

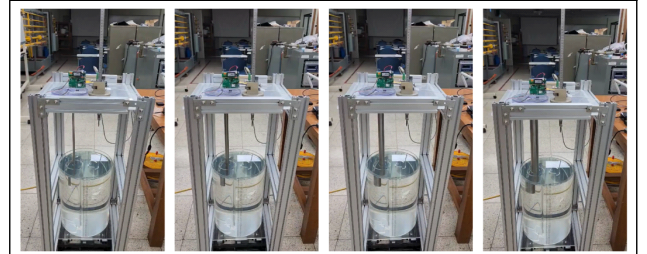


[그림 13] 방재시스템

LTE IoT 게이트웨이를 활용한 실시간 모니터링이 가능하도록 구성하여 앱에서 제어가 가능하도록 하였다.

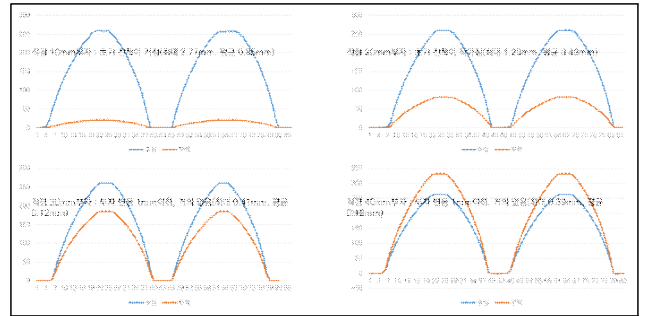
3.2 수리모형실험

침수감지센서 실험을 위해 아래 그림과 같은 상하 이동이 가능한 소형 리프트를 통해 아크릴 원통 구조의 수위변화에 따른 침수감지센서 감응을 확인하였다.



[그림 14] 침수감지센서 수리모형실험

또한 부력체의 무게에 따른 정확도를 검토하기 위해서 직경 10mm, 20mm, 30mm, 40mm의 스테인레스 부력체를 제작하여 실험하였으며, 침수감지센서와 초음파 센서를 사용하여 수위변화를 확인하였다.



[그림 15] 침수감지센서 실험결과

자동 물막이설비의 경우 아래와 설치하여 수밀성을 테스트 하였다.



[그림 16] 자동 물막이설비 수리모형실험

4. 결론

본 연구를 통해 공동주택 지하공간의 침수 방지 대책의 일환으로 본 기술이 기여할 수 있음을 확인하였으며, 수리모형 실험 등 사전 검증을 통해 현장 설치의 오류를 줄이도록 하였다.

군산의 테스트베드에서 침수감지센서와 물막이설비, 방재시스템에 대해 현장 적용성을 검토한 결과는 다음과 같다.

침수감지센서 현장 적용성의 경우 초기에는 침수감지센서 데이터 전송 지연 및 배터리 방전 등의 문제가 발생하였으나 상시전원공급 및 게이트웨이 재설치 등을 통해 데이터 전송이 원활하도록 하였다.

수동 물막이설비의 경우 설치 초기에 측면 및 하면에서 우수가 유입되었으나 밀폐성을 확보하여 침투되는 우수량을 조절하였다.

수리모형실험을 통해 각 부자의 직경에 따른 초기 진폭과 변동 범위를 분석하였으며, 부자의 무게가 증가할 수록 안정적으로 수위를 측정하였으나, 직경 20mm이상의 부자인 경우 변화 폭이 작아서 적절하게 사용 가능한 것으로 나타났다. 자동 물막이설비의 경우 차수실험 결과 누수가 발생하지 않았다.

향후 침수감지센서 네트워크 불안정성과 수동 물막이 설비 밀폐 형식 변경 등의 개선을 통해 지하공간 침수방지를 위한 새로운 형태의 물막이설비 기술 개발, 물막이설비 계획을 위한 수자원 계획 및 설계, 침수감지센서 및 방재시스템 기술 개발 등의 요소기술을 국산화 하므로써 기술사업화가 가능할 것으로 판단된다. 또한, 이러한 기술은 국내 뿐 아니라 국외에서도 사용가능하므로 이를 바탕으로 새로운 물산업시장이 만들어 질 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 행정안전부 재난안전산업 기술사업화지원(R&D) 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00247279).

참고문헌

- [1] Environment Agency, Delivering benefits through evidence, Temporary and Demountable Flood Protection Guide, 2011
- [2] Boston, Climate Resilient Design Standards & Guidelines for Protection of Public Rights-of-way, 2018
- [3] FEMA. Requirements for the Design and Certification of Dry Floodproofed Non-Residential and Mixed-Use Buildings, 2021