

# 환경기초시설물 재난위험도 평가를 위한 미소진동계 활용 사례 연구

윤영한<sup>\*†</sup>, 곽필재<sup>\*</sup>, 김형도<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>한국건설기술연구원 환경연구본부

<sup>\*\*</sup>한국건설기술연구원 건축연구본부

e-mail:yoyoon74@kict.re.kr

## Ground micro-vibration sensor application for disaster risk assessment of environmental facilities

Younghan Yoon<sup>\*</sup>, Pill-Jae Kwak<sup>\*</sup>, Hyoung-Do Kim<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Dept. of Environmental Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

<sup>\*\*</sup>Dept. of Building Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

### 요약

정수 처리 공급시설 및 하·폐수 처리시설은 자연재난이나 사고로 인해 피해가 발생할 경우 도시 기능 유지에 큰 영향을 줄 수 있고 사고 이후의 피해를 최소화 하고 신속한 복구를 할 수 있는 기술의 적용이 필요하다. 이를 위하여 미소진동을 측정할 수 있는 센서를 정수사업소와 폐수처리장의 주요 처리공정에 설치하여 시설물의 안전관리 방안을 고찰하였다. 센서를 통한 데이터를 기반으로 구조물 취약도 분석을 통한 재난위험도 평가기술을 개발하기 위하여 엑셀기반의 모의 프로그램을 구축하고자 하였다.

### 1. 서론

정수장 및 하폐수처리 시설은 도시의 사회적 기능 유지를 위해서 필수적인 사회기초시설로서 최근 발생빈도가 증가되고 있는 자연재해에 의해서 피해복구 지연시 공중보건의 기능 유지에 큰 영향을 받을 수 있다. 최근 기후변화의 영향으로 집중호우 및 홍수 피해 사례가 늘어나고 있어서 재난 발생에 따른 피해복구를 최대화할 수 있는 기술개발이 요구된다. 본 연구에서는 시설물의 최대지반가속도(PGA)에 의한 시설물의 파손확률을 반영한 구조물 취약도 평가 로직을 구축하였고 미소진동 계측값을 이용한 재난위험도 평가기술을 엑셀기반으로 개발하고자 한다.

[그림 1] 시설별 환경재난에 의한 취약도 곡선 정의

최대지반가속도에 따른 시설물별 파손확률은 각 시설물의 노후도를 반영도 취약도 곡선을 수정하여 적용할 수 있다. 취약도 곡선은 구조적 또는 비구조적 피해상태가 일정수준을 넘을 확률을 정의하는 함수로서 일반적인 건물의 취약도 곡선은 대수정규 누적확률분포함수로 설정되고, 최대지반가속도 (Peak Ground Acceleration, PGA)에 의한 파괴확률로 표현된다. 시설물의 중요도는 개인별 설문조사에 의한 정수 및 하폐수처리 시설 실무운영자의 의견을 수렴하여 재난복구 우선순위 도출을 위한 재난피해에 대한 종합적 취약자산 정도 등의 내용을 반영하였다. 이를 바탕으로 취약도 지수산정 및 지진재난 취약성 인자 표준화를 통하여 가중치가 고려된 취약도가 산정되었다.

### 2. 사전 위험도 평가로직 및 구조물평가

#### 2.1 지진에 의한 취약도 평가 로직

지진에 의한 구조물별 취약도는 미소진동계의 최대지반가속도(Peak Ground Acceleration, PGA)에 따른 시설물별 파손확률과 시설물의 중요도를 이용하여 평가한다. 구조물별 취약도 매트릭스의 구축방안은 [그림 1]과 같고 시설물별 파손확률과 시설물의 중요도는 각 시설물의 내구연한, 내용연수, 노후도 평가 정보 등을 활용한 노후도 정도(등급 또는 경과연수 활용)에 따른 취약도 곡선으로 정의될 수 있다.

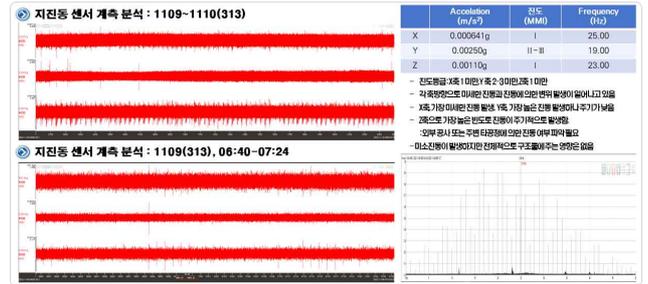
### 2.2 미소진동계 기반의 안전성 평가

본 연구를 위해서 적용된 지진(동)가속도는 지진으로 인한 지반 또는 시설물의 흔들림을 가속도로 나타낸 물리량을 의미하고 감지센서는 지진동가속도계(MA301+, (주)두잇)를 사용하였다. 국내에서는 기상청에서 실시간으로 전국에 대한 지진을 상시 모니터링하고 있으며 진도 등급별(1-12단계) 최대 가속도와 피해현상을 수정메리칼리 진도표(기상청, 2018)로 정의 및 제시하고 있다.

### 3. 미소진동계 센서 설치 및 운영

구조물의 미소진동에 의한 재난피해복구 시스템 구축을 위한 센서는 K 정수사업소와 S 폐수처리장의 주요 처리공정별로 설치하였다.[그림 2 및 3] 미소진동 계측값은 실시간으로 미니시드(mini-SEED) 파일로 저장되도록 프로그램화 하였고 원격 감시를 위하여 외부접속이 가능한 통신모듈을 설치하였다.

을 활용하여 분석하였고 데이터는 엑셀기반의 모의 프로그램으로 연결되어 재난위험도 평가 시뮬레이터에 탑재될 계획이다.



[그림 4] K 정수처리시설의 지진동 센서 모니터링 현황

#### 감사의 글

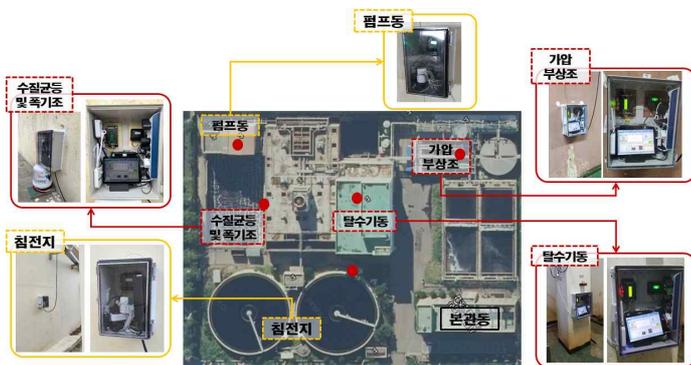
본 연구는 환경부의 재원인 한국환경산업기술원의 환경시설 재난재해 대응기술개발사업(2022002870001)의 지원을 받아 연구되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- [1] (주)지엔씨환경솔루션, "환경시설(정수 및 하·폐수) 재난 유형별 피해 진단 및 복구 통합패키지 기술개발 연차보고서", 한국환경산업기술원, 2022
- [2] 유도근 외, "Generation of Benchmark Problems for Optimal Design of Water Distribution Systems", Water, Vol. 11, No. 8., 2019
- [3] 유도근 외, "Comparative Study of Hydraulic Simulation Techniques for Water Supply Networks under Earthquake Hazard", Water, Vol. 11, No. 2. 2019
- [4] 박정수 외, "Ensemble Model Development for the Prediction of a Disaster Index in Water Treatment Systems, Water, 2020
- [5] 한국건설기술연구원. "개방형 플랫폼 기반 초고층·복합 시설 재난재해 대응 통합 CPS구축(지진, 화재, 침수를 중심으로)". 2019



[그림 2] 환경재난 모니터링 시스템 (좌: 미소지진동 센서, 우: 변이 감지 센서)



[그림 3] 폐수처리에 대한 환경재난 모니터링 시스템 설치 현황 (적색: 변이감지+지진동감지 센서 설치, 황색: 변이감지센서 설치)

계측된 미소진동 데이터(mini-SEED)는 eismology Research Center에서 제공하는 프리웨어 프로그램(Waves)