

인공지능을 활용한 농업기반시설물 안전점검 방안



허준
한국농어촌공사 농어촌연구원
/ 책임연구원
jheo01@ekr.or.kr



허건
한국농어촌공사 농어촌연구원
/ 부장
gun@ekr.or.kr



김성필
서울대학교 그린바이오과학기술연구원
/ 책임연구원
agsol@snu.ac.kr



김인수
딥인스펙션
/ 상무
iskim@deepinspection.ai

1. 머리말

농업기반시설물은 농업 생산과 농촌 지역의 안정적인 생활을 지원하는 핵심 인프라이다. 농업기반시설물은 관개 시스템, 저수지 및 수로 등 다양한 형태로 존재하며, 그 기능적 중요성으로 인해 지속적인 유지보수와 안전 점검이 필수적이다. 그러나 전통적인 점검 방식은 주로 시각적 검사와 물리적 테스트에 의존하고 있다. 이러한 방식은 종종 휴먼 에러(human error)를 동반하며, 예상치 못한 구조적 결함이나 안전 문제를 제때 발견하지 못할 위험이 있다. 특히, 접근이 어려운 장소나 고위험 시설에서는 이러한 점검 방식의 한계가 있다.

최근 몇 년간 인공지능(AI) 기술의 급격한 발전은 다양한 산업 분야에 혁신적인 변화를 가져오고 있으며, 농업기반시설물의 안전 점검 분야도 예외가 아니다. AI와 컴퓨터 비전 기술을 활용한 자동화된 점검 시스템은 고해상도 영상자료를 통해 구조물의 상태를 실시간으로 분석하고 평가할 수 있다. 이러한 접근 방식은 전통적인 방법에 비해 효율성과 정확성을 크게 향상시키며, 점검 주기를 단축하고 비용을 절감할 수 있다.

특히, CCTV 장비, 드론 등을 활용한 영상 수집은 접근이 어려운 구조물이나 넓은 지역을 빠르고 안전하게 점검 할 수 있는 방법을 제공한다. 고해상도 카메라와 다양한 센서는 구조물의 표면 상태, 균열, 부식 등을 상세히 촬영할 수 있으며, 수집된 데이터는 AI 모델을 통해 자동으로 분석된다. 딥러닝(Deep Learning) 알고리즘은 이러한 영상 데이터를 기반으로 구조물의 결함을 식별하고, 그 심각성을 평가하며, 유지보수의 필요성을 예측할 수 있다.

AI 기반 점검 시스템은 크게 두 가지 주요 단계로 나눌 수 있다. 첫 번째

는 데이터 수집 단계로, CCTV 장비, 드론이나 무인 항공기를 활용하여 고해상도 영상을 촬영한다. 이 과정에서는 다양한 각도에서 구조물을 촬영하여 모든 부분을 상세히 기록한다. 두 번째는 데이터 분석 단계로, 수집된 영상을 딥러닝 알고리즘을 통해 분석하여 결함을 식별하고 평가한다. 이러한 접근 방식은 사람의 눈으로는 놓치기 쉬운 미세한 균열이나 부식을 정확하게 감지할 수 있으며, 반복 작업에서도 일관된 성능을 제공한다.

본 연구에서는 영상자료와 인공지능을 활용한 농업기반시설물의 안전 점검 방법에 대해 소개하고자 한다. 농업기반시설물의 유지보수와 안전 관리에 혁신적인 접근 방식을 제안함으로써, 농업 생산성 향상과 농촌 지역의 지속 가능한 발전에 기여하고자 한다. AI와 영상 자료를 활용한 자동화된 점검 시스템은 미래의 스마트 농업 기반 시설 관리에 중요한 역할을 할 것이며, 이를 통해 농업과 농촌의 안전성을 높이고, 경제적 효율성을 극대화할 수 있다. 특히, 이러한 기술의 발전은 농업기반시설물의 유지보수 비용을 절감하고, 긴급 상황에 대한 대응력을 강화하며, 농업 생산성을 지속적으로 유지하는 데 중요한 기여를 할 것으로 예상된다. 농업기반시설물 중 농업용저수지 취수시설의 결함사항을 소개하고, 기존의 안전 점검 방안을 극복하는 방안으로 인공지능 기법을 활용한 복통의 결함사항 검출 기법을 제안하고자 한다.

2. 취수시설 정밀안전진단

2.1 농업용저수지 복통

농업용저수지 취수시설은 취수탑, 사통과 복통을 연결하는 구조로 구성되어 있다. 복통은 저수지 제체 하부에 관통하여 설치되어 큰 토압을 받는 상태이고, 내부 균열이 발생하면 토사 유출의 위험이 있다. 제체와는 다른 이질적인 콘크리트 재료 구조물로 접촉면을 따라 유로가 형성될 수 있는 취약점이 있다. 농업용저수지에 설치된 복통은 내경이 800mm 미만으로 매우 작다. 취수된 용수를 하류부 용수로에 도수하는 시설이므로 저수지 사수위보다 낮은 곳에 위치한다. 제방 방향과 직각 방향으로 제방을 관통하여 낮은 곳에 설치되어 큰 토압을 받게 된다. 복통은 노후화로 인한 균열, 박리, 박락 등으로 누수 및 제방 토립자 유출이 발생하여 저수지 안전성에 영향을 미치고 있다.

현재 복통의 내부조사는 CCTV 장비를 내부로 진입시켜서 영상 촬영을 실시하고 있으며, 육안으로 백태, 누수흔적, 표면열화, 균열 및 파손 등을 판별하고 있다.

2.2 농업용저수지 정밀안전진단

한국농어촌공사의 농업기반시설관리시스템에



(a) 복통 유출부



(b) 복통 내부



(c) CCTV 장비

그림 1. 농업용저수지 복통

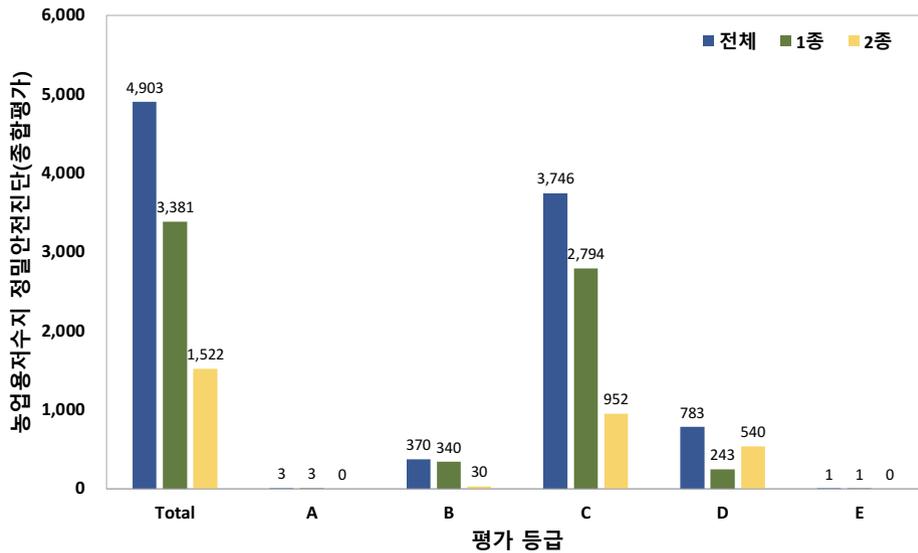


그림 2. 농업용저수지 정밀안전진단 종합평가

는 1995년부터 2022년까지 수행된 7천여 건의 농업용저수지 정밀안전진단, 정밀점검 및 긴급정밀점검의 자료가 구축되어 있다. 이 중 상세한 시설 진단자료가 있는 정밀안전진단 4천여 건을 분석하여 농업용저수지 시설물의 안전등급을 분석하였다. 농업용저수지 정밀안전진단 종합평가는

제방, 물넘이, 취수시설로 구분하여 시설물의 안전도를 평가하고 있으며, 개별 시설의 안전등급을 판단하여 종합 평가 등급을 결정하고 있다.

정밀안전진단 종합 평가 등급을 분석한 결과 “주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정해야 하는 상

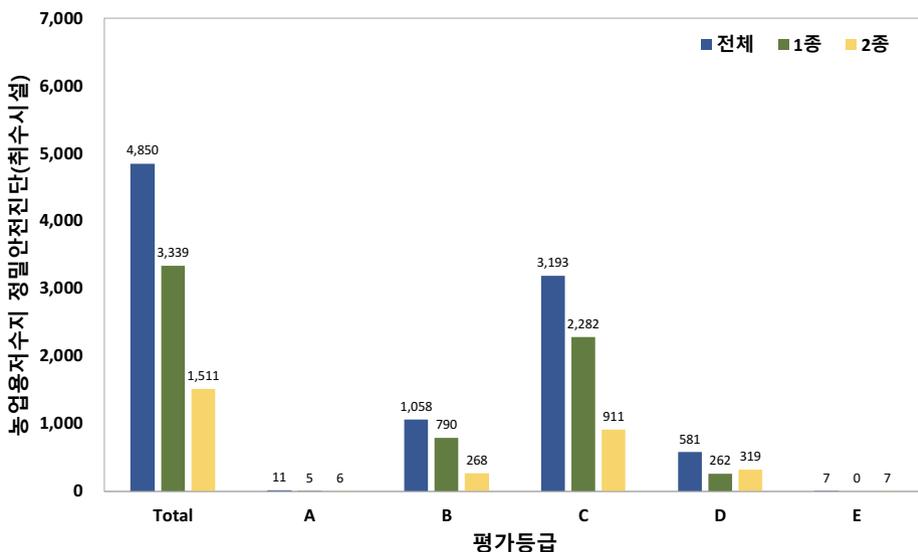


그림 3. 농업용저수지 정밀안전진단 취수시설 평가

태”인 D등급 이하는 784건(16.0%)으로 평가되어 시설물 노후화로 인한 지속적인 점검 및 관리가 필요한 것으로 나타났다.

농업용저수지 정밀안전진단 취수시설 평가 결과 D등급 이하는 588건(12.1%)으로 평가 되었으

며, 1종 시설물은 D등급 이하가 262건(7.8%), 2종 시설물은 326건(21.6%)으로 평가되어 취수시설 노후화로 인한 안정성 저하가 높은 것으로 나타났다.

농업용저수지 정밀안전진단 취수시설의 결함

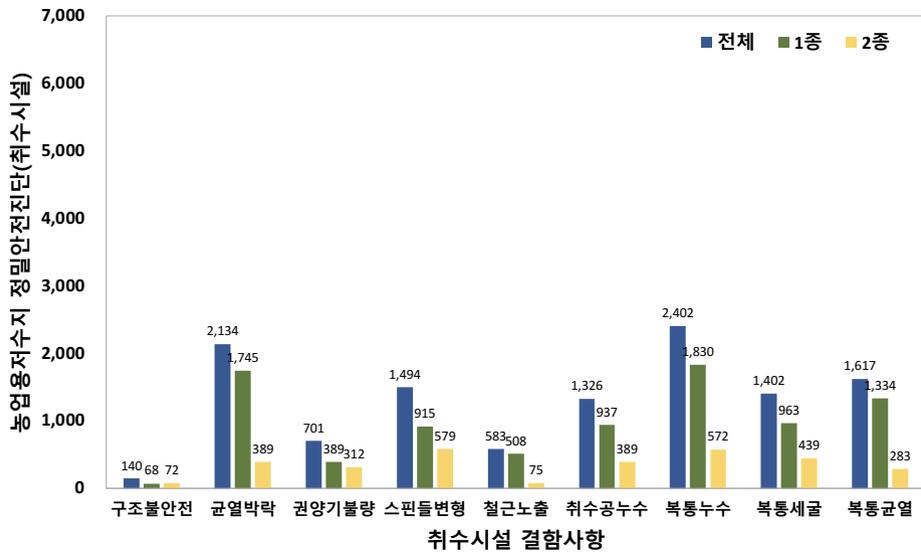


그림 4. 농업용저수지 정밀안전진단 취수시설 결함사항

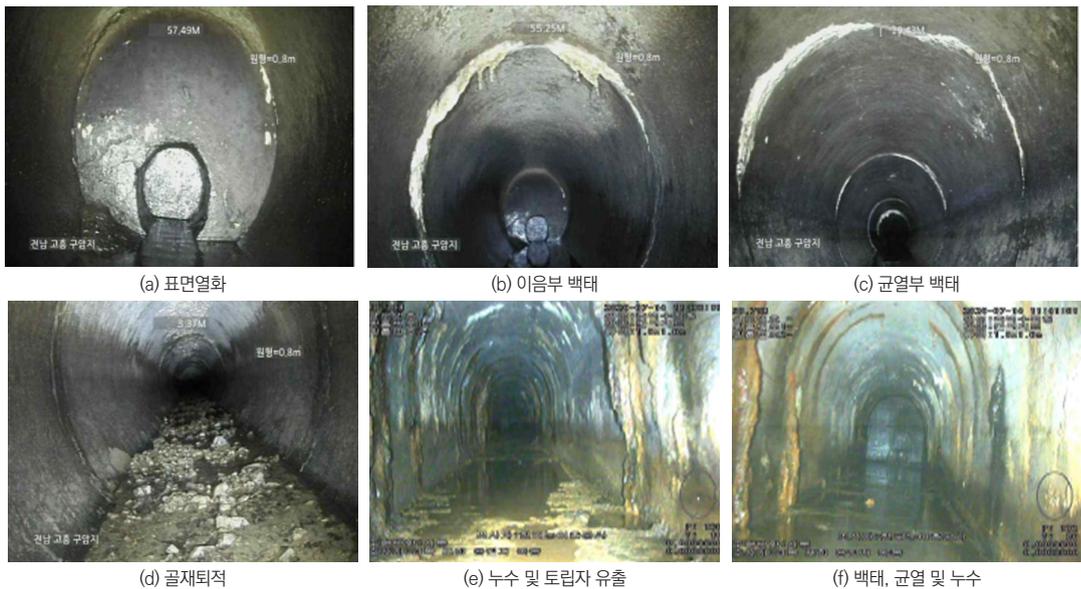


그림 5. 복통 손상

사항은 보통 누수 2,402건(20.4%), 보통 세굴 1,402건(11.9%), 보통 균열 1,617건(13.7%)로 나타났다. 보통에 발생하는 결함이 취수시설 결함 사항의 46.0%로 나타났다.

3. 인공지능을 활용한 결함사항 분석

보통과 같은 농업기반시설물을 대상으로 이동

및 영상 촬영이 가능한 촬영 장치와 자동화된 분석 SW를 활용하여 점검자의 안전을 확보하고 소요 시간을 단축시키는 기술이 필요하다. 농업기반 시설물의 안전점검 및 진단 데이터의 디지털화가 필요하다. AI 알고리즘 트레이닝 및 손상(결함) 검출을 위한 저수지 보통 손상 데이터셋 클래스를 정의하였다. 손상 검출 및 정량화 알고리즘을 개발하기 위해서는 충분한 학습 데이터가 필요하며,

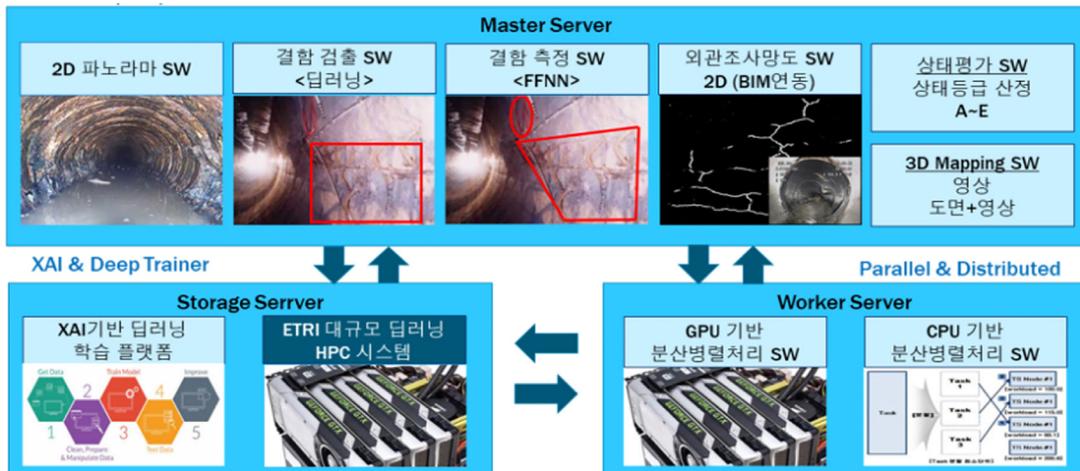


그림 6. 농업용저수지 보통 영상분석을 위한 AI 안전점검 SW 구성

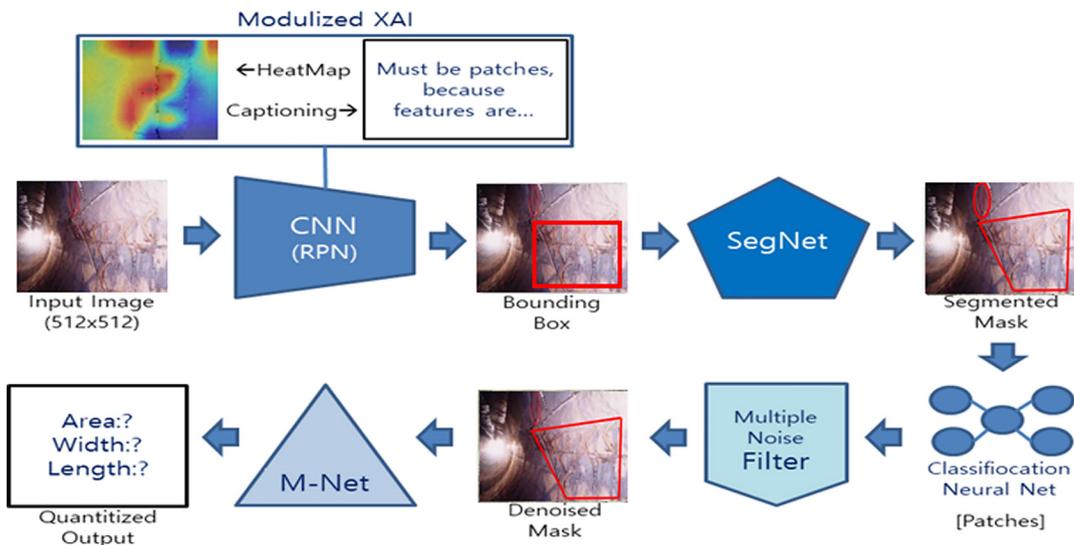


그림 7. 농업용저수지 보통 손상 검출을 위한 AI 네트워크 구성도

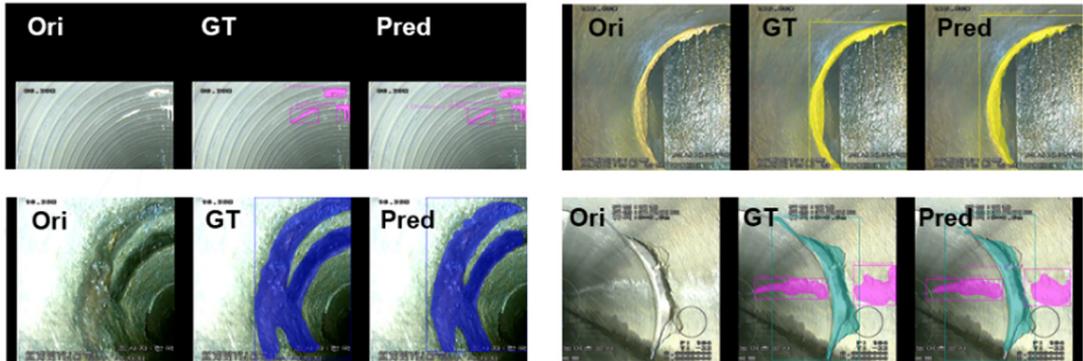


그림 8. 결함검출 결과(백태, 슬러지, 누수, 파손)

기존 촬영장비로 촬영했던 영상을 통해 현재까지 10,000장의 원본 영상과 1,900장+1,513장의 정답영상(GT데이터)을 확보하였다.

농업용저수지 복통 시설물의 손상 검출 및 정량화를 위한 인공지능(AI) 모델(Mask R CNN) 트레이닝을 수행하였으며, 설명가능 인공지능(XAI) 모델의 트레이닝도 수행하였다. 저수지 복통 결함 검출 작업 진행을 위해 AI 모델인 'Mask R-CNN'의 적합성 판단과 적합한 가중치, 클래스, 데이터 전처리 방법 등을 탐색하기 위한 학습을 진행하였다.

본 연구에서는 딥러닝의 성능을 고도화하기 위해 검출 알고리즘을 신뢰기반 화이트박스인 설명가능 인공지능(XAI) 기반으로 구축하였다. 또한, 초기 고가의 AI 솔루션 도입비용을 낮추고 고성능 서버 인프라 구축의 부담을 줄일 수 있도록 SaaS 기반 시설물 상태&안정성 평가를 위한 구독형 솔루션을 구축하였다.

4. 결론

인공지능(AI)과 영상자료를 활용한 구조물의 안전 점검 방법을 심층적으로 분석하고, 이를 농업기반시설물의 유지보수와 안전 관리에 어떻게

적용할 수 있는지를 검토하였다. AI 기술의 급속한 발전과 영상장비의 활용은 전통적인 점검 방법의 한계를 극복하고, 더 효율적이고 정확한 점검 방식을 가능하게 한다. 농업기반시설물에서 AI 기술이 어떻게 활용되었는지, 그리고 그 결과가 어떠한지를 다루며, AI 기반 점검 시스템의 효과와 잠재력을 평가하였다. 이를 통해 AI와 영상 자료를 활용한 자동화된 점검 시스템이 농업기반시설물의 유지보수와 안전 관리에 중요한 기여를 할 수 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 기술은 농업생산성 향상과 농촌 지역의 지속 가능한 발전에 중요한 역할을 할 것이며, 미래의 스마트 농업 환경을 구축하는 데 필수적인 요소가 될 것으로 예상된다. 제시된 연구와 사례가 농업기반시설물의 안전 점검과 유지보수 분야에서 실질적인 도움을 제공하고, 더 나아가 농업과 농촌의 지속 가능한 발전을 위한 중요한 발판이 되기를 기대한다.

참고문헌

1. 김정집, 임재윤, 김성화, 정희경, 2023, 인공지능 기반 구조물 안전관리 예측 시스템, 한국지식정보기술학회 논문집, 18(2) 247-257.
2. 김지호, 김경영, 김동주, 2023, 건축물 점검을 위

- 한 딥러닝 기반의 도메인 적응적 균열 검출 시스템, 한국통신학회논문지, 48(5), 567-580.
3. 박동순, 유진일, 유호준, 2023, 드론 Photogrammetry 기반 댐 시설물 안전점검 적용성 연구, 한국구조물 유지관리공학회 논문집, 27(5), 30-39.
 4. 신승훈, 김지영, 우종열, 김대건, 진태석, 2023, 구조형상 공간상관을 고려한 인공지능 기반 변위 추정, 한국전산구조공학회논문집, 36(1), 1-7.
 5. 심승보, 2023, 균열 탐지의 의미론적 분할을 위한 Mean Teacher 학습 구조 최적화, 한국구조물유지관리공학회 논문집, 27(5), 113-119.
 6. 이성진, 주봉철, 김정호, 이태희, 2023, 드론과 AI를 이용한 특수교 주탑부 표면 손상 탐지 방법 연구, 한국방재안전학회 논문집, 16(4), 129-136.
 7. Seungbo Shim, 2023, Self-training approach for crack detection using synthesized crack images based on conditional generative adversarial network, COMPUTER-AIDED CIVIL AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING, 39(7), 1019-1041.
 8. Seungbo Shim, Jin Kim, Gye-Chun Cho and Seong-Won Lee, 2020, Multiscale and Adversarial Learning-Based Semi-Supervised Semantic Segmentation Approach for Crack Detection in Concrete Structures, IEEE Access, 8, 170939-170950.
 9. Sungsoo Kim, Jeongeun Park, Donguk Yang, Dongyup Shin, Jungyeon Kim, Hyunsurk Eric Ryu and Ha Young Kim, 2022, Ultra-lightweight face activation for dynamic vision sensor with convolutional filter-level fusion using facial landmarks, EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS, 205, 117792.
 10. Taehee Lee, Jung-Ho Kim, Sung-Jin Lee, Seung-Ki Ryu and Bong-Chul Joo, 2023, Improvement of Concrete Crack Segmentation Performance Using Stacking Ensemble Learning, applied sciences, 13(4), 1-15.