

국내 노후저수지의 안정성 평가 절차 및 안전 관리 현황



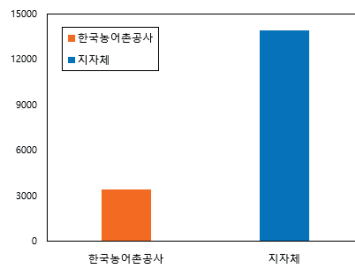
정종원
충북대학교
토목공학과
/ 교수
jjung@chungbuk.ac.kr



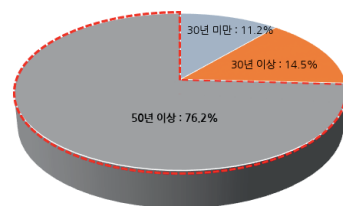
이상빈
충북대학교
토목공학부
/ 석박사통합과정
tkdqls6302@chungbuk.ac.kr

1. 국내 저수지 현황

국내 축조된 저수지는 총 17,266개소이다. 이 중 지자체가 13,829개소, 한국농어촌공사가 3,409개소를 관리하고 있다. 국내에서는 준공일 기준 50년 이상 된 저수지를 노후저수지로 분류하고 있으며, 전체 17,266개소의 저수지 중 노후저수지는 76.2%를 차지하고 있다(그림 1) 또한, 국내 저수지의 90.7%는 30년 이전에 준공되었다(송창섭 외, 2008., 이백, 2014., 송영갑 외, 2016., 송상훤 외, 2019., 농촌용수종합정보시스템, 2019 이현우, 2020., 한국농어촌공사, 2019., 신승원 외, 2020., 농림축산식품부, 2020). 저수지의 노후화에 따라 노후저수지의 붕괴 위험도는 높아지고, 붕괴사고는 지속적으로 발생하고 있는 실정이다. 노후저수지의 붕괴발생 가능성의 증가 요인은 저수지의 노후화에 따른 저수지 체체의 구조적 안정성 변화, 저수지 내 포착물의 증가로 인한 유효 저수량의 감소 및 유역 정비 등으로 인한 유압수량 증가 등으로 여겨진다.



(a) 국내 저수지 관리 현황



(b) 국내 저수지 설치경과연수 비율

그림 1. 국내 저수지 현황



(a) 충북 직동저수지 붕괴 (2020)



(b) 충북 뚝골저수지 붕괴 (2020)

그림 2. 국내 저수지 붕괴 사례

2. 국내 저수지 붕괴 사례 및 원인

최근 2020년 8월 장마기간 중 저수지 붕괴 등으로 전국적으로 대규모 피해가 발생하였다 (그림 2). 특히, 섬진강, 금강, 낙동강 등 주요 하천 제방 붕괴로 남원시, 구례읍, 곡성읍 등 전국적인 시가지 침수 발생하였다. 행안부 피해 중간집계에 따르면 사망 38명, 주택침수 8,985건, 이재민 9,834명, 도로/교량 피해 5,892건, 하천피해 2,694건 등이 발생한 대규모 피해이다.

이러한 최근 저수지 붕괴는 저수지의 다양한 파괴 매커니즘 중, 월류, 파이핑, 구조물 접합부 누수 등 대부분 제체 및 주변 지반의 안정 문제로 발생한 것으로 여겨진다 (그림3&4).

3. 국내 저수지 안전점검 및 정밀안전진단

현재 국내 저수지 안정성 평가방법 및 절차는 다음과 같다. 「저수지·댐의 안전관리 및 재해예방에 관한 법률」에서는 국내의 저수지에 대한 안전관리를 위해 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 및 「농어촌정비법」등의 법률에 따라 저수지 안전점검을 분기별 1회 이상 실시하도록 하고 있다. 그리고, 총 저수용량이 50만톤 이상의 저수지의 경우 1종 시설로 분류되어 5년에 1회 이

상 정밀안전진단을 수행해야 한다. 또한, 저수용량 50만톤 이하의 저수지는 2종 시설로써, 안전점검의 결과에 따라 정밀안전진단 여부를 결정한다. 따라서, 농업생산기반시설 안전점검포에 의해 저수지의 안전점검을 실시하고, 그 결과 재난의 예방과 안정성 확보를 위하여 필요하다고 인정하는 경우 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」제12조 및 「농어촌정비법」제18조에 따라 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하도록 하고 있다 (그림 5). 그림 5는 안전점검 및 정밀안전진단을 이용한 국내 저수지 안정성 평가 절차를 나타내고 있다.본문(신명조, 글자크기 10)

정밀안전진단은 크게 현장조사, 저수지의 상태 및 안정성 평가를 수행한다. 현장조사는 일반조사, 유역현황조사, 재료조사, 토질조사 등을 포함하고, 그 결과를 분석하여 상태 및 안정성 평가의

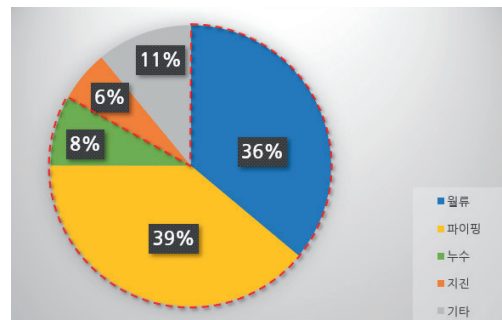


그림 3. 국내 저수지 붕괴 원인 비율(행정안전부, 2018)

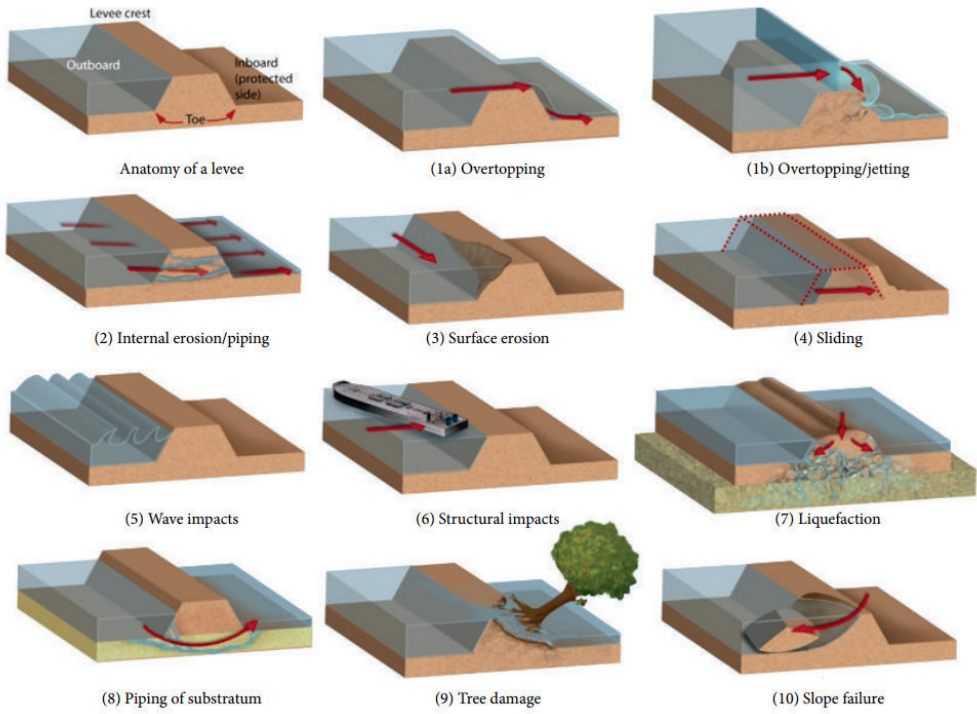


그림 4. 제방의 다양한 파괴 메커니즘 (Saadi, 2013)

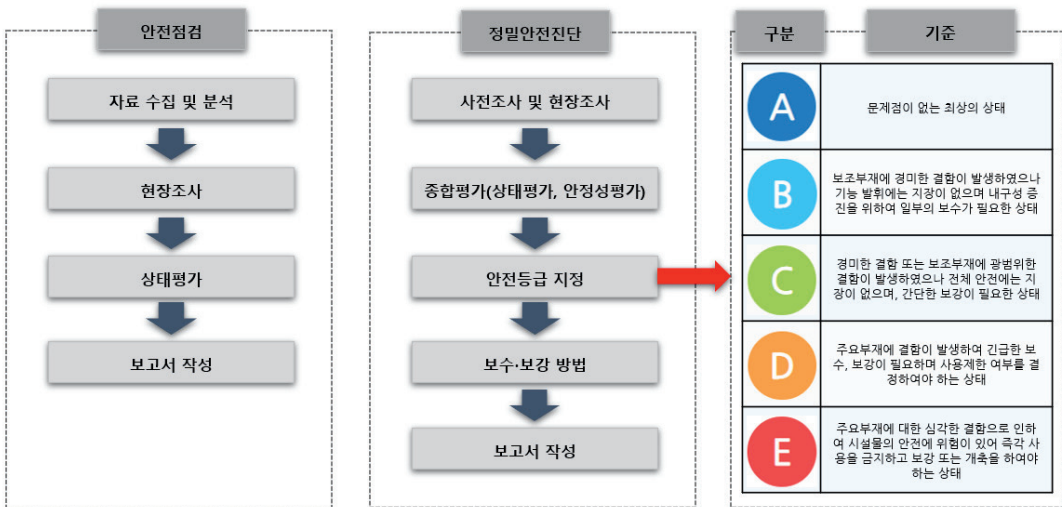


그림 5. 안전점검 및 정밀안전진단을 이용한 국내 저수지 안정성 평가 절차

기초자료로 활용한다. 상태평가는 저수지의 세부 구조물에 대한 침하, 누수, 균열, 침식, 사면 보호 상태, 사면 불안정 등의 상태변화 평가한다. 마지막으로 안정성 평가는 제체 및 사석 여유고, 침투수의 안정성, 사면활동의 안정성, 및 사면기울기 안정성 등에 대해 안정성 검토 및 평가를 수행하도록 하고 있다. 이러한 모든 평가를 수행 한 뒤, 전체적인 종합평가를 통해 A, B, C, D, E의 등급으로 저수지를 분류한 뒤, 보수 및 보강의 필요성을 결정한다.

4. 국내 저수지 안전점검 및 정밀안전진단에 따른 보수·보강 결정의 문제점

현재 저수지의 안전점검 및 정밀안전진단을 통한 보수·보강의 우선순위 결정 방법은 다음의 사항에 대한 고려 및 개선이 필요한 실정이다. 첫째로, 대부분의 저수지가 C 및 D 등급으로 분류되고 있음에도 불구하고, C 및 D 등급의 저수지 중 보수·보강 우선순위 결정이 어렵다는 점이다. 따라서, C 및 D 등급 저수지 중 보수·보강

우선순위 결정을 위한 세부적인 평가 방법이 필요한 실정이다. 두 번째로, 홍수량 조절 외의 근본적인 구조적 대책이 부재한 실정이다. 정부가 직접 관리하는 국가하천에 대해서도 제방의 외관 점검 및 제방 증고 외의 대책 수립에 어려움을 겪고 있다. 제체 내부 조사 및 탐사가 필요하나 현재 조사 및 분석방법 부족한 실정이다. 따라서, 세부적인 평가 및 구체적인 대책방안의 수립이 필요하다. 세 번째로, 안전점검 및 정밀안전진단에서 활용되는 상태평가 및 안정성 해석은 저수지 제체에 대한 구조적 안정성만을 반영하고 있으며, 저수지 주변의 재난 발생환경 변화 및 재난노출도의 변화 등에 대해 반영되어 있지 않다 (그림 6). 또한, 그림 2(a)의 직동저수지는 안전점검 결과 C등급, 2018년 국가안전대진단 결과 B등급을 받아, 등급이 상향되었으며, 그림 2(b)의 못구골저수지는 안전점검 및 2018년 국가안전대진단 결과 모두 B등급을 받은 저수지로 평가되었다. 평가 결과와 같이 두 저수지의 상태가 비교적 양호하다고 판단됨에도 불구하고 평가 후 2년뒤, 집중호우로 인한 붕괴 사례가 발생하였다. 이는 기존의 저수지 안

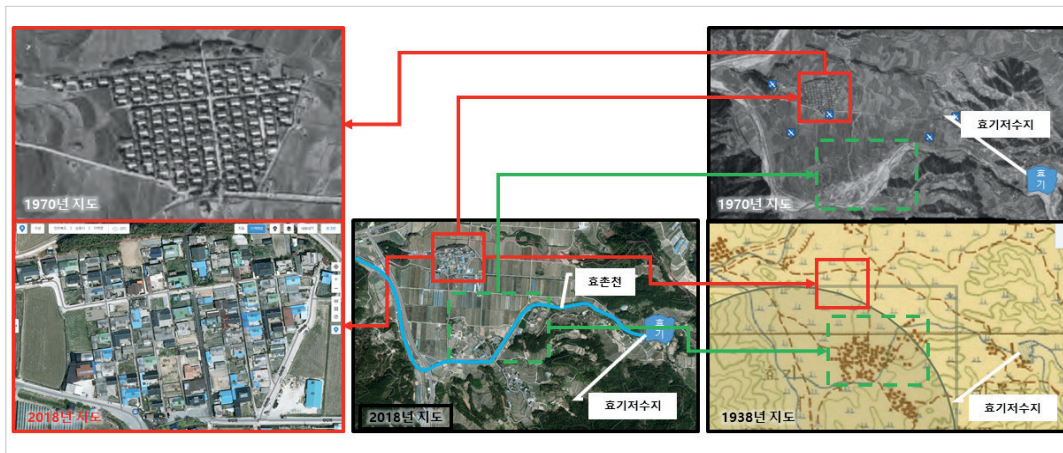


그림 6. 효기저수지 붕괴사고 이전(1938년)과 이후(1970년) 마을 변천 상황

정성 검토 과정의 한계점을 나타내는 대표적이 사례라고 할 수 있다 (이상빈 외, 2021). 따라서 현재의 저수지 안전관리 체계를 합리적으로 수행하기 위해서는 저수지 주변의 재난발생 요인에 대한 변화와 재난으로 인한 하류부의 재난노출도 변화를 고려하여 복합적으로 고려하여야 한다.

5. 마치면서 또는 결론

국내 저수지 개발 및 보수·보강 기술은 오랜 기간 많은 경험을 바탕으로 지속적인 발전을 이뤄왔다. 이와 더불어, 국내에 많은 저수지가 설계 및 시공되어 산업에 큰 영향을 주고 있다. 하지만, 오래전 지어진 많은 저수지들이 노후화되고 이에 따라 붕괴위험이 증가되고 있는 실정이다. 저수지 보수·보강을 위한 저수지 안정성 평가기법 또한 지속적인 발전을 이뤄왔다. 하지만, 오랜 시간의 흐름에 따른 저수지 주변 지역의 변화 및 새로운 형태의 복합재난으로 인해 붕괴 위험성을 고려한 노후저수지 안정성 검토방법의 개발이 필요한 시점이다.

이번 기술기사에서 국내 저수지의 평가 기법과 보수·보강 우선순위 결정에 대한 문제점을 간략히 기술하였으며, 최근 높은 등급으로 평가된 저수지임에도 불구하고 붕괴가 발생하여, 구조물에 대한 침하, 누수, 균열, 침식, 사면 보호 상태, 사면 불안정 등의 상태변화를 고려함에도 등급 평가에 충분한 검토방법의 적용으로 이루어지지 않고 있다. 따라서, 앞으로 저수지 제체의 구조적 평가뿐만 아니라, 저수지의 확률론적 해석이나 물성치의 불균질성을 고려하는 등, 다양한 자료와 이론적 연구를 통해 보다 정확한 안전진단 및 평가 시스템을 구축할 수 있을 것으로 기대한다.

6. 결론

본 연구에서는 심층신경망을 사용하여 사면의 안전성을 평가하였으며 결과의 신뢰성은 실제 안전율과 비교하여 검증하였다. 이를 통해 다차원의 데이터를 이용한 신뢰성 높은 사면안정성평가를 수행하였으며, 대용량의 데이터를 활용하여 사면의 특성을 효율적으로 예측할 수 있다. 또한, 기상이후의 특징인 변칙성을 고려한 예측 모델을 개발할 수 있으며 기존 전통적인 방법과 융합하여 예측성 및 정확성이 향상된 산사태 예측 모델을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 송창섭, 박병현, 2008, 충북지역 농업용 저수지의 노후도 조사 연구, 한국농공학회논문집, 제 50권, 3호, pp.61~76.
2. 이백, 2014, 노후저수지의 붕괴위험과 안전관리, 한국방재협회, 제 16권, 4호, pp.20~25.
3. 송영갑, 김영욱, 김경준, 이경수, 2016, 노후 저수지 붕괴사례 분석을 통한 안전관리 방안, Crisisonomy 제 12권, 7호, pp.15~23.
4. 송상현, 전기표, 임양현, 서세관, 2019, 노후 저수지 보강을 위한 환경 친화적 그라우팅 주입재 적용에 관한 기초연구, 한국농촌건축학회논문집, 제 21권, 2호 pp.25~42.
5. 농촌용수종합정보시스템, 2019, 농업생산기반 시설
6. 이현우, 2020, 확률론적 해석기법을 활용한 저수지의 안정성 평가, 석사학위논문, 충북대학교.
7. 신승원, 이상빈, 이승수, 정종원, 2020, 저수지 제체 및 지반 물성치의 공간적 불균질성을 고려한 사면 안정성 평가, 한국방재학회논문집, 제

20권, 6호 pp. 167~175.

8. 농업생산기반정비 통계연보, 2019, 한국농어촌공사.
9. 제1차 농업용 저수지 관리계획 발표, 2020, 농림축산식품부.
10. 저수지 정량적 위험도분석 및 보수보강 우선순위 평가기술 개발, 2018, 행정안전부.
11. 이상빈, 신승원, 정종원, 2021, 저수지 제체 강도 정수의 공간적 변동성 및 하류사면의 침투를 고려한 저수지 안정성 평가, 지반공학회 춘계 학술발표회.
12. Mustafa Saadi, Athanasopoulos-Zekkos, 2013, A GIS-Enabled Approach for Assessing Damage Potential of Levee Systems Based on Underlying Geology and River Morphology, Hindawi, Vol. 2013, Article ID 936468, 20pages.