

농업용 저수지 진단표와 상태평가의 현황 및 문제점



이 창 범
공주대학교 농공학과 / 석사과정
ckdqja409@kongju.ac.kr

1. 서 론

농업용 저수지는 농업에 필요한 물을 모아 두기 위한 목적이며, 하천이나 골짜기를 막아 만든 것으로 관개, 상수도, 수력발전, 홍수조절 등에 쓰이고 있다. 이외에도 환경보전기능, 관광자원기능, 다양한 생물종의 확보 기능 등을 가지고 있으며 인간의 생활에 밀접한 다목적성을 가지고 있다.

저수지의 정밀안전진단 및 정기점검에 대한 목적은 시설물의 물리적·기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 취하기 위하여 기능성 및 결함 원인 등을 조사·측정·평가하고 필요시 적절한 보수·보강방법 등을 제시함으로써 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 시설물의 안정성 및 공공의 안전을 도모하는데 목적이 있다.(농업기반공사 정밀안전진단 보고서, 2011)

현재 우리나라의 저수지 안전관리는 “시설물의 안전

관리에 관한 특별법”(이하 시특법), “농어촌정비법”에 의해 이루어지고 있으며, 총 1,700여개 저수지중 한국농어촌공사 3,356개소, 지방자치단체가 14,175개소를 관리하고 있으며 이 중 흠담이 99% 이상이고 50년이상 경과된 저수지가 전체 88%를 차지하고 있다(신은철, 2012).

농업기반시설을 분류하기 위하여 1,2,3종 시설물로 분류되는데 1종시설물의 범위는 다목적담, 발전용 담, 홍수전용 담 및 총 저수용량 1천만톤 이상의 용수전용담을 말하며 2종시설물은 “시특법”에 의해 1종시설물에 해당하지 않는 담으로서 지방 상수도전용 담 및 총 저수용량 1백만톤 이상의 용수전용 담을 말한다. 3종시설물은 “농어촌정비법”에 의하여 총 저수용량 50만톤이상 시설, 양수장, 배수장, 취입보, 지하수이용시설, 용수로, 배수로 등의 농업생산기반시설을 말한다.

1종 시설물은 “시특법”에 따라 관리가 되고 있지만 2종, 3종 농업용 저수지만의 독자적인 기준이 없으며 1종

시설물과 같은 기준으로 진단이나 점검이 이루어 지고 있다. 현행 농업용저수지 상태평가는 국토부 기준(2010.12) 대규모댐 기준으로 준용하고 있으며 일반 댐과 비교하였을때 규모가 매우 작으나 일반댐에 실시하고 있는 “시특법”에서 조정계수를 활용하여 진단표에 적용하여 정기점검 및 정밀안전진단을 실시 하고 있다.

이에 본 연구에서는 농업용저수지의 진단표와 상태평가 현황을 살펴보고 문헌조사를 통해 제기되고 있는 문제점과 국내외 관련사례를 비교하려 한다.

II. 상태평가 현황

시설물에 대한 상태평가는 아래 <그림 1>과 같이 단계별로 구분할 때 저수지 시설물은 통합시설물 (6단계)에 해당하는 시설물로서 간주하고, 하위단계인 복합시설, 개별시설, 복합부재, 개별부재로 구분한다. (한국농어촌공사, 2011)

시설물의 평가는 <그림 1> 처럼 1단계~ 6단계로 나뉜



그림 1. 시설물 평가 단계별 절차

다. 1단계에서 개별부재(조사망)을 토대로 결함 및 손상에 대한 상태평가 기준을 반영하고 상태평가 결과 및 평가점수를 결정한다. 2단계에서는 1단계에서 평가된 점수(M)와 영향계수(F)를 반영하여 결함 및 손상의 평가지수(E₁)와 개별부재의 상태평가지수(E₂)를 산정하고, 3단계는 2단계에서 산정한 개별부재의 상태평가지수(E₂)와 조정계수(A), 개별부재 중요도(W)를 반영하여 복합부재에 대한 상태평가 결과를 산정한다. 4단계는 평가지수 및 규모반영 상태평가, 안전성평가, 종합평가 결과를 산정하는데 3단계에서 실시한 복합부재 상태평가지수(E₃)를 가지고 개별시설의 상태평가지수(E_c)를 산정한다. 그리고 안전성평가지수(E_s)와 개별시설 상태평가지수(E_c)를 최소법을 적용하여 개별시설의 종합평가지수(E₄)를 산정한다. 5단계는 4단계에서 산정한 개별시설 종합평가결과지수(E₄)와 조정계수(A), 개별시설의 중요도(W)를 반영하여 복합시설 종합평가지수(E₅)를 산정한다. 마지막으로 6단계에서는 5단계에서 산정한 복합시설 종합평가지수(E₅)와 조정계수(A), 개별시설의 중요도(W)를 반영하여 통합시설 종합평가지수(E₆)를 산정한다.

위와 같이 개별부재의 상태평가를 바탕으로 복합부재의 상태를 평가하고 개별시설, 복합시설, 통합시설 순으로 종합평가를 수행하고 있다.

III. 문제점 및 국내외 사례

저수지 진단에서 수행하는 시설물 평가는 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 2010. 12) 및 「농업생산기반시설 정밀안전진단 실무지침(한국농어촌공사, 2010. 6)」에 준하여 실시하며, 시설물에 대한 상세외관조사 및 현장조사 등을 통하여 상태평가 결과를

표 1. 저수지 시설물 현황

시설명		청천저수지	마옥저수지
위 치		충청남도 보령	강원도 횡성군
분 류		1종(시투법)	2종(농어촌정비법)
시설관리자		한국농어촌공사 (보령지사장)	강원도 횡성군수
총 저수량		2,080만톤	1만톤
준공년도		1962년	1961년
수해면적		2638.0 ha	14.5 ha
수원공	규모	길이: 286m 높이: 23m	길이: 93m 높이: 5.5m
기 타 시 설	진입 도로	여수로 시점부 우측 에 진입도로 (콘크리트 포장 (B=4m))가 접속됨	4번 군도에서 2번 군 도로 분기되어 새말C 방면 2차선 아스팔트 포장 도로(제체 우안부)

(한국농어촌공사 농업생산기반시설 정밀안전진단 보고서, 2011)

산출하고 수문학적 안전성평가, 제체 안전성평가 등의 분석을 통해 안전성 평가결과를 산출하는 것이다. 산출된 평가결과를 토대로 저수지별 상태평가를 2011년도 강원도 횡성에 위치하고 있는 마옥저수지 와 충청남도 보령에 위치한 청천저수지의 정밀안전진단 보고서를 토대로 시설물의 현황을(표 1)과 같이 나타내었다.

〈표 1〉과 같이 청천저수지 와 마옥저수지의 시설물 분류와 총 저수량, 수해면적, 수원공의 길이와 높이를 비교하였을 때 큰 차이가 나는 것을 알 수 있으며, 마옥저수지, 청천 저수지 시설물에 대한 상태평가 기준은 〈표 2〉와 같으나 항목이 많은 관계로 댐마루 및 양안부 부분만 나타내었다.

〈표 2〉와 같이 마옥저수지와 청천저수지의 상태평가 기준을 분석한 결과 제체, 여수로, 취수시설의 항목과 세부항목인 평가내용까지도 모두 동일하였다. 각 저수지별 상태평가기준을 시투법에서 정해 놓은 1종 시설물의 평가기준으로 저수지 정밀안전진단 및 상태평가를

실시하고 있다.

과대한 기준으로 인하여 소규모 저수지의 정밀안전진단 결과가 과소평가 될 우려가 있으며 적합하지 않은 기준으로 인하여 보수·보강이 시급한 부분의 방치와 저수지 붕괴사고로 인한 재산 및 인명피해가 발생 될 우려가 있다.

다음으로는 해외 저수지 진단표와 우리나라 저수지 진단표를 비교·분석하기 위하여 미국, 일본에서 실시하고 있는 저수지점검표를 〈그림 2〉과 같이 조사하였다.

일본, 미국의 점검표는 우리나라와 큰 차이를 보이고 있다. 우선 우리나라의 시설물 점검표 기준은 크게 제체 및 양안부, 여수로, 취수시설로 나누어지며 항목으로는 제체 및 양안부의 세부항목으로는 댐마루, 상류사면, 하류사면 나뉘며, 여수토의 세부항목으로는 접근수로, 조절부, 방수로 나뉘고, 취수시설의 세부항목으로는 사통, 복통으로 나뉜다 또한, 각 세부항목별 발생되는 균열 및 누수, 침식, 퇴적 등의 크기 및 상태에 따라 수치로 판단하여 a,b,c,d, 등급으로 정해지고있다.

미국은 연방기관 및 각 주들이 자체적으로 제정한 법률에 의해 안전관리가 되고 있으며, 정검 항목들은 우리나라와 유사하고, 상태평가를 〈Yes, No, N/A, Condition〉으로 단순하게 평가를 실시하고 있으며 주요 손상의 정도를 3단계 또는 4단계로 평가 하도록 되어있는데 3단계는 (No Action, Monitor, Repair) 4단계는 (None, Monitor, Maintenance, Repair)으로 평가 하도록 제시하고 있었고, 일본의 경우에는 15m 이상을 댐 또는 대댐으로 구분하고 있으며 15m 이하의 낮은 댐을 저수지 로 구분하고 있으나 구분에 대한 특별한 기준은 없었다. 일본의 상태평가는 미국과 같이 〈해당없음, 이상유무, 보수 필요성〉으로 단순하게 나타내었다. (한국시설안전공단, 2013)

표 2. 상태평가 기준표

상태 변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
종·횡방향 균열	중요 결함	1.0	a	5	종·횡방향 균열이 없는 최상의 상태
			b	4	종·횡방향 균열길이 0~1m, 제정의 10% 이하인 상태
			c	3	종·횡방향 균열길이 1~5m, 제정의 10~50% 상태
			d	2	종·횡방향 균열길이 5m이상, 제정의 50% 이상 난간이 기울어진 상태
			e	1	종·횡방향 균열길이 5m이상, 제정의 50% 이상 종방향 균열깊이가 저수위 이하이고, 횡방향 균열이 깊고 저수위 이하까지 진행되었을 경우
침하	중요 결함	1.0	a	5	결함이 없는 최상의 상태
			b	4	침하 및 부등침하량이 10cm 이하로 경미한 상태
			c	3	과다한 침하 및 부등침하량이 10~50cm인 상태
			d	2	과다한 침하 및 부등침하량이 50cm 이상 댐마루 도로의 경사와 사면이 함몰된 상태
			e	1	과다한 침하 및 부등침하량이 50cm 이상 상시만수위 0.6m까지 진행된 매우 위험한 상태
수평변위	중요 결함	1.0	a	5	결함이 없는 최상의 상태
			b	4	과도한 수평변위가 없는 양호한 상태
			c	3	과도한 수평변위의 징후가 존재하나 경미한 상태(용기 0~50cm, 축방이동 0~30cm 변위 발생시)
			d	2	과도한 수평변위로 댐마루 도로의 변형이 심각한 상태 (용기 50cm이상, 축방이동 30cm이상 변위 발생시)
			e	1	과도한 수평변위로 댐마루 도로의 변형이 매우 위험한 상태 (용기 50cm이상, 축방이동 30cm이상 변위 발생시)
제체유실	중요 결함	1.0	a	5	결함이 없는 최상의 상태
			b	4	댐마루 제체의 유실면적이 5m ² 이하인 상태
			c	3	댐마루 제체의 유실면적이 5~15m ² 인 상태
			d	2	댐마루 제체의 유실면적이 15m ² 이상 심각한 상태(침하량과 누수량이 서서히 증가, 함몰, 누수의 변색 등의 징후가 나타남)
			e	1	댐마루 제체의 유실면적이 15m ² 이상 매우 위험한 상태(침하량과 누수량이 급격히 증가, 함몰, 누수의 변색 등의 징후가 나타남)
사면 불안정	중요 결함	1.0	a	5	최상의 건전한 상태
			b	4	댐체에 슬라이딩 길이가 1m 이하의 손상이 있는 상태
			c	3	댐체에 슬라이딩 길이가 1~2m 이하의 손상이 있는 상태
			d	2	댐체에 슬라이딩 길이가 2m 이상의 손상이 있는 상태
			e	1	댐체에 슬라이딩 길이가 2m 이상 매우 위험한 상태

(한국농어촌공사 농업생산기반시설 정밀안전진단 보고서, 2011)

우리나라의 경우 균열 및 손상 등을 등급별로 나누어 있으며 등급별 손상의 정도, 균열의 길이 등에 따라 부

분별 등급을 통하여 평가하고 있다. 이런 경우 어느 부분에 이상이 있고 어느 정도의 피해가 있는지 쉽게 파악

위 치	점검 시기		Items	상 태		
	저수	비저수		해당사항 없음	이상 유무	보수 필요성
제체	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	제체에 균열 · 함몰			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	상류사면에서 침식 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	하류사면에서 누수 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	구조물과의 접합부에 함몰 또는 틈새 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	호안블록의 균열과 분리 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	제체 및 호안 블록 사이에 단차나 틈새 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	차수 시트의 파손, 열화, 분리 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	저수지내에 균열 · 함몰 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	저수지내의 범면에 침하 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	사면에 배부름 발생			
취수시설	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	저수 시에 보이지 않는 부분에 함몰, 공동 등의 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	방호책 등의 안전시설의 손상 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	관망 시설의 작동 여부			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	누수 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	유입부에 보사 및 쓰레기 등의 퇴적 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	부재의 열화 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	사공과 목둥의 손상 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	보사의 퇴적으로 저수용량 감소			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	여수도 등의 콘크리트 구조물에 균열 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	유목 등으로 인해 통수 저해 발생			
콘크리트 부대구조물	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	유입부에 토사퇴적 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	필요한 폭 확보 여부			
관리도로	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	사이 확보 여부			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	노면 함몰 발생			
플래지	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	갯길의 손상 발생			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	점검을 위한 공간 확보에 지장 여부			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	이상징후 발견에 지장 여부				

일본의 저수지 점검표

Item	Yes	No	N/A	Condition
1 General Conditions of Dam				
A Alterations to the dam?				
B Development in downstream floodplain?				
C Grass cover adequate?				
D Settlements, misalignments, or cracks?				
E Recent high water marks?				
2 Upstream Slope of Dam				
A Erosion, slides, or depressions?				
B Trees or excessive vegetation?				
C Animal burrows or holes?				
D Evidence of livestock on dam?				
E Cracks, settlement, or bulges?				
F Evidence of slides or scarping?				
G Adequate and sound slope protection?				
3 Crest of Dam				
A Longitudinal or transverse cracking?				
B Trees or excessive vegetation?				
C Crest arching or bowing?				
D Erosion or ruts?				
E Low areas or depressions?				
F Evidence of livestock on crest?				
G Road on crest?				
4 Downstream Slope of Dam				
A Erosion, slides, or depressions?				
B Trees or excessive vegetation?				
C Animal burrows or holes?				
D Evidence of livestock on embankment?				
E Cracks, settlement, or bulges?				
F Drains or wells flowing?				
G Screepage or boils?				
5 Abutment Contacts				
A Erosion, cracks, or slides?				
B Screepage or boils?				
6 Inlet Structure				
A Spalling, cracking, or scaling?				
B Exposed reinforcement?				
C Corrosion present?				
D Coating adequate?				
E Leakage?				
F Trash rack adequate?				
G Obstacles to inlet?				
H Drawdown operative? Opened & closed				
7 Conduit & Outlet				
A Spalling, cracking, or scaling?				
B Exposed reinforcement?				
C Joints displaced or offset?				
D Jam material lost?				

미국의 댐과 저수지 점검표

그림 2. 해외 저수지 점검표 분석

할 수 있으며 그 피해에 따라 개보수 우선순위를 통하여 보수·보강을 실시 할 수 있다. 하지만 많은 저수지와 시설물 세부항목을 모두 분석하고 유지관리를 위해서는 많은 비용이 요구되고 있으나 현재의 유지관리 비용은 이를 충당하기에 부족한 실정이다(김시은, 2008). 또한, 점검자의 기여도나 집중도에 따라 상태평가 결과가 달라 질 수 있는 우려가 있다. 또한, 일본과 미국은 시설물 별 구분이 없고 Item 에서 수치적으로 나타내는 항목이 없었다. 이는 하나의 점검표로 저수지별 상태평가가 이루어지고 미국의 경우 각 주에서 시설물에 대해 자체적으로 기준을 정하고 점검하는 방식이었다.

해외 진단표는 시설물의 상태를 쉽게 확인 할 수 있으며, 보수·보강을 해야 하는 기준이 있다, 없다 로 결정되기 때문에 시설물의 문제를 빠르게 파악하고 그에 대

한 대처를 신속하게 실시할 수 있는 것을 큰 장점으로 볼 수 있다.

각 나라별 저수지 진단표에는 장점과 단점이 있다. 어느 것이 좋다, 나쁘다 라고 판단하기에는 어렵지만 나라별 장점을 반영하고 단점을 보완한다면 저수지에 발생하는 대형사고 및 인명피해로 이어지는 것을 최소화 할 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 농업용 저수지 상태평가 기준에 대하여 파악하고, 한국농어촌공사 농업기반시설에서 정밀안전진단을 실시한 1종시설물(청천저수지)과 2종시설물(마옥저수지) 간의 상태평가기준에 대하여 비교·분석

하여 문제점을 도출하였으며, 또한 우리나라와 해외 선진국 저수지 점검표를 통하여 우리나라의 진단표와 비교·분석을 실시하였다.

2011년도 한국농어촌공사에서 실시한 정밀안전진단 보고서와 같이 1종 시설물과 2종 시설물의 상태평가 기준이 모두 동일하였다.

저수지 상태평가 기준은 시설물별 평가 항목이 달라져야 하고, 그에 대한 적절한 기준이 이루어지지 못하고 있다. 선진국 점검표 사례를 통하여 우리가 보완해야 할 점을 찾아보고 우리나라 저수지 시설물별 저수지 규모와 노후화 정도, 시설물의 구조 및 재료 등의 구분을 통하여 진단표기준 개선이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 신은철, 이종근 2012, 소규모 농업용 저수지의 안전관리 개선방향, 한국토목섬유학회논문집, 11(6), 53~58
2. 김시운, 김종옥, 박승기, 정남수, 장우석, 이세희, 최원, 2008, 수해인원을 고려한 농업용 저수지의 최적 정비모델 개발, 한국농공학회, 50(6), 75-81
3. 한국시설안전공단, 2013, 소규모 댐·저수지 안전성 평가 및 보수·보강방안 연구보고서
4. 한국농어촌공사, 2011, 농업생산기반시설 정밀안전진단 보고서