

## 가중치 분석을 통한 농업용 저수지 평가항목 산정에 관한 연구

### Determination of Agricultural Reservoirs Checklist by Analysis of the Weights

신은철<sup>1</sup>, 신창건<sup>2</sup>, 유종모<sup>3</sup>, 이종근<sup>4\*</sup>

Eun Chul Shin<sup>1</sup>, Chang Gun Shin<sup>2</sup>, Jong Mo Ryu<sup>3</sup>, Jong Keun Lee<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Member, Professor, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Incheon National University, 119, Academyro, Yeonsu-gu, Incheon, 406-772, Republic of Korea

<sup>2</sup>Project Manager, Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation, Republic of Korea, 315, Goyang-Daero, Ilsansdo-Gu, Goyang-City, Gyeonggi-Do, 411-758, Republic of Korea

<sup>3</sup>Member, Ph.D. Student, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Incheon National University, 119, Academyro, Yeonsu-gu, Incheon, 406-772, Republic of Korea

<sup>4</sup>Member, Ph.D. Student, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Incheon National University, 119, Academyro, Yeonsu-gu, Incheon, 406-772, Republic of Korea

#### ABSTRACT

The object of this study is to determine checklists of agriculture reservoirs which local government managed at routine inspection by Analysis Hierarchy Process (AHP). Suggest definition of agriculture reservoirs and distinguish type of destruction of reservoirs through the analysis of domestic reservoirs or overseas. Draw damage factors of reservoirs from survey on specific area. Combine type of destruction and damage factors of reservoirs for decision of evaluation type of reservoirs. Then, determine optimized routine inspection checklists for agriculture reservoirs and reservoirs by means of AHP considering a weighting.

#### 요 지

본 연구의 목적은 가중치 분석을 통하여 지자체에서 수행하는 정기점검 리스트를 결정하는 것이다. 국내·외 저수지 파괴의 유형을 사례점검과 함께 분석하고 저수지의 파괴 및 손상요인을 종합하여 점검항목을 결정하였다. 따라서 가중치를 고려한 분석을 통하여 농업용 저수지에 최적화된 평가항목을 제안하였다.

**Keywords** : Agriculture reservoirs, Routine inspection, Analysis of the wight, Damage factors, Evaluation items

#### 1. 서 론

현재 국내에서 운영 중인 17,531개소의 댐·저수지 중 시특별에 의한 1종 댐·저수지는 75개, 2종은 449개로 매우 적은 수에 지나지 않으며, 이외 전체의 97%의 댐·저수지는 종외 시설물이다.

종외 시설물 중 필댐 형식이 98% 이상이며, 유효저수

량이 100천톤 이하인 댐·저수지가 90% 이상으로 전반적으로 필댐 형식의 소규모의 댐·저수지가 대부분인 것으로 조사된바 있다(Lee, 2012). 또한, 소규모 댐·저수지는 관리 전문인력의 부족, 점검시 제도적 평가 기준의 미비 등으로 체계적인 유지관리가 이루어지고 있지 못한 실정으로 규모가 큰 댐·저수지에 비해 파괴 가능성이 높은 것으로 알려져 있으며, 실제 소규모 댐·저수지에 대한 점검 결과 규모가 중·대규모 댐·저수지와는 손상의 정도 및 형식, 취약요소, 피해정도 등이 상이하여 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(Korea Infrastructure Safety Corporation, 2008)” 등 기존의 평가기준을 적용하기에는 무리가 있다.

Received 21 Aug. 2013, Revised 21 Sep. 2013, Accepted 23 Sep. 2013

\*Corresponding author

Tel: +82-32-765-6551; Fax: +82-32-835-0775

E-mail address: sherikim315@naver.com (J. K. Lee)

따라서, 시설물의 현 상태를 정확히 파악하여 사전에 위험 요인을 신속히 평가하기 위한 점검 항목 및 항목별 평가방법 등의 소규모 저수지에 최적화된 평가기법의 개발이 요구된다. 따라서, 문헌조사와 실태조사를 통하여 도출된 정기점검 평가항목을 AHP 분석을 통하여 평가인자의 가중치를 고려한 농업용 저수지에 최적화된 평가항목을 제시하고자 한다.

## 2. 농업용 저수지 평가항목 산정 방법

### 2.1 전제조건

국내의 경우 국내 파괴사례를 조사한 자료(주요한, 2010)에 따르면 총 47개소에서 월류에 의한 파괴는 24개소, 월류 위기는 5개소, 활동은 6개소, 파이핑은 3개소, 제체의 붕괴는 5개소, 취수시설의 파손 1개소, 여수로의 파손은 2개소 그리고 산사태는 1개소로 조사되었다. 국외의 경우는 월류, 침투, 파이핑 그리고 활동에 대한 비율을 Fig. 1에 나타내었으며, 국내·외 댐·저수지의 파괴유형으로는 월류와 파이핑에 의한 파괴가 가장 많이 발생하는 것으로 분석되었다.

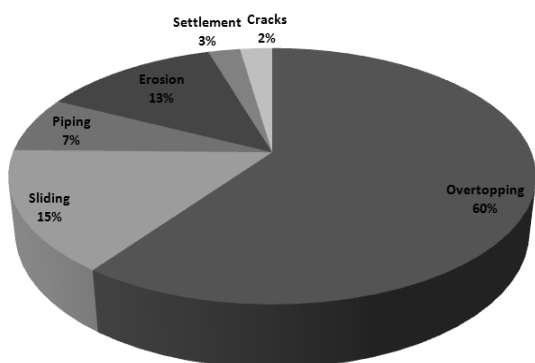
본 연구에서는 농업용 저수지붕괴 주요원인에 대한 가중치를 결정하는데 있어 실무자의 판단이나 단순한 사례 분석 통계처리, 비과학적인 평가기법을 이용한 기존의 의사결정방식을 개선, 현재 다양하게 적용되고 있는 계층분석방법을 이용하여 평가모형을 정립하고자 한다. 농업용 저수지의 조사 및 평가단계에서 저수지 붕괴 원인에 대한 우선순위 평가모형의 전제조건은 현재 운용중이며, 지자체에서 관리하는 농업용 저수지의 육안현장조사 상황에 적용토록 작성하고자 하였다. 또한, 농업용 저수지붕괴 주

요원인에 대한 우선순위 평가를 위해 소규모 저수지는 높이가 10m 미만, 저수용량 100천톤 미만을 대상으로 하였다. 또한 농업용 저수지의 붕괴의 주요원인에 대한 우선순위를 평가하기 위하여 국내외 사례를 통하여 분석한 저수지 파괴인자들을 종합하여 농업용 저수지에서 가장 중요하다고 판단되는 제체, 여수로, 취수시설로 분류하였다.

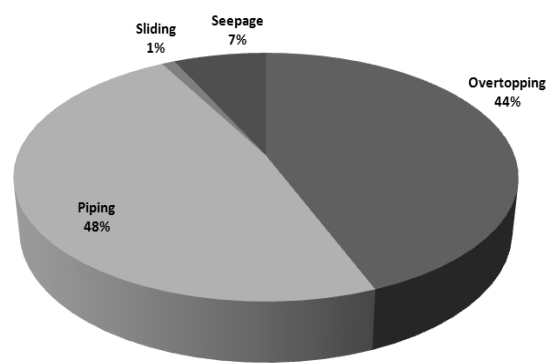
### 2.2 평가항목 선정

본 연구에서는 각종 규정 및 지침에서 수행하고 있는 저수지 점검리스트와 파괴사례 및 붕괴원인을 도출하여 각 구성요소의 평가항목으로 선정하기 위해 각종 해외참고문헌(Indiana Dam Safety Inspection Manual, 2007) 및 점검사례를 분석하여 평가항목으로 도출하고, 이를 근거로 소규모 저수지에 적합한 점검리스트를 작성하였다(MIFAFF, 1995).

우선, 농업용 저수지는 제체, 여수로, 취수시설의 구성요소로 분류하였다. 농업용 저수지의 붕괴 주요 요인분석을 통하여 제체의 경우 댐마루, 상류사면, 하류사면 및 기초부 등 3가지 항목으로 구성하였고, 여수로의 경우 수로부, 수문부, 공도교 등 3가지 항목으로 구성하였으며, 취수시설은 취수부와 방류부 2가지 항목으로 구성하였다. 여수로의 수로부는 세부적으로 개수로와 관수로로 구분하였고, 개수로는 토사의 경우와 콘크리트의 경우로 구분하였다. 작성된 리스트로 부재별 우선순위를 결정하고, 전문가들에게 설문을 실시하여 가중치를 결정하고자 한다. Table 1과 같이 저수지 현장조사 시 손상원인에 대한 우선순위 평가항목을 저수지 구성요소별로 설정하고, 중요도를 제안하였다. Table 2와 같이 구성요소별 하위평가항목을 2단계와 3단계로 분류하였다.



(a) Type of destruction reservoirs in Korea



(b) Type of destruction reservoirs in overseas

Fig. 1. Destruction type of reservoirs

Table 1. Proposed importance of evaluation items

Facility		Component		Evaluation items	
Division	Importance	Division	Importance	Division	Importance
Reservoirs	100%	Embankment	70,0%	Crest	24,5% (35,0%)
				Upstream	17,5% (25,0%)
				Downstream & Foundation	28,0% (40,0%)
				Total	70,0% (100%)
		Spillway	20,0%	Chuteway	8,0% (40,0%)
				Floodgate	10,0% (50,0%)
				Weir bridge	2,0% (10,0%)
		Total	20,0% (100%)		
		Water-intake facilities	10,0%	Water-intake control equipment	6,0% (60,0%)
				Dewatering outlet	4,0% (40,0%)
Total	10,0% (100%)				

Table 2. Evaluations items of small dam

Step 1	Step 2			Step 3	
Embankment	Crest			Cracks and displacement	
				Seepage	
				Settlement	
				Erosion	
				Vegetation	
	Upstream			Cracks	
				Seepage	
				Settlement	
				Erosion	
				Damage of slope protection	
				Slide	
	Downstream & Foundation			Vegetation	
				Cracks	
				Seepage	
				Settlement	
Erosion					
Damage of slope and end protection					
Spillway	Chuteway	Open channel	Soil	Trash	
			Erosion	Erosion	
		Concrete			Trash
					Damage and aging of Side wall
					Damage and aging of bottom
					Side wall and bottom seepage
	Pipe line			Trash	
				Damage and aging of pipe line	
				Seepage in pipe line	
	Floodgate			Uncontrolled	
				Damage and aging of gate (steel)	
				Damage and aging of concrete facility	
				Damage and aging of highroad	
	Weir bridge			Uncontrolled	
				Damage and aging of gate (steel)	
Water-intake facilities	Water-intake control equipment			Damage and aging of concrete facility	
				Damage and aging of connection bridge	
				Damage and aging of outlet pipe	
	Dewatering outlet			Seepage in outlet pipe	
				Damage and aging of drainage way	

### 2.3 우선순위 결정식 및 AHP 계층구조의 설정

#### 2.3.1 우선순위 결정식

우선순위는 저수지 붕괴사태 및 참고문헌을 통하여 획득한 소규모 저수지 구성요소별 각각의 붕괴원인에 의하여 평가한다. 우선순위 평가를 위한 평가항목 선정 및 평가항목에 대한 가중치 부여 시 체계적이지 못한 점을 고려하여, 본 연구에서는 우선 평가항목을 선정하고, 평가항목별 가중치를 고려하여 종합점수를 산출할 수 있도록 계층 분석법을 이용한다. 따라서, 농업용 저수지 붕괴 주요 원인에 대한 우선순위는 다음 식 (1)~식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{농업용 저수지 붕괴 원인 우선순위} = f(\text{제체, 여수로, 취수시설}) \quad (1)$$

$$\text{제체 붕괴원인}_i = \{\text{댐마루}_i + \text{상류사면}_i + \text{하류사면 및 기초부}_i\} \quad (2)$$

$$\text{여수로 붕괴원인}_i = \{\text{수로부}_i + \text{수문부}_i + \text{공도교}_i\} \quad (3)$$

$$\text{취수시설 붕괴원인}_i = \{\text{취수부}_i + \text{방류부}_i\} \quad (4)$$

#### 2.3.2 AHP 계층구조의 설정

AHP의 문제해결 접근방식을 단계별로 제시하고, 이러한 방법론을 다양한 사례에 적용해 각 단계별 평가항목들 간의 우선순위 결정문제를 체계적으로 해결해야 한다.

본 계층구조는 여러 전문가들의 다양한 지식과 경험을

Table 3. Results of weights analysis using AHP

Step 1	Step 2		Step 3	Percentage of weight (%)		
Embankment (60.91)	Crest		Cracks and displacement	5,35	33,57	
			Seepage	7,56		
			Settlement	4,17		
			Erosion	2,30		
			Vegetation	1,07		
	Upstream		Cracks	2,75	29,29	
			Seepage	4,49		
			Settlement	3,20		
			Erosion	1,90		
			Damage of slope protection	1,37		
			Slide	3,36		
	Downstream & Foundation		Vegetation	0,77	37,14	
			Cracks	3,73		
			Seepage	6,27		
			Settlement	3,38		
Erosion			2,47			
Damage of slope and end protection			1,81			
Spillway	Chuteway	Open	Soil	Trash	3,39	41,79
			Concrete	Erosion	8,01	
				Trash	1,56	
		Damage and aging of Side wall		2,77		
		Pipe line	Damage and aging of bottom	2,80		
			Side wall and bottom seepage	4,27		
	Trash		2,63			
	Floodgate		Damage and aging of pipe line	3,70	45,16	
			Seepage in pipe line	5,08		
			Uncontrolled	6,77		
	Weir bridge		Damage and aging of gate (steel)	2,84	13,05	
			Damage and aging of concrete facility	2,72		
			Damage and aging of highroad	3,56		
	Water-intake facilities	Water-intake control equipment		Uncontrolled	2,61	51,40
				Damage and aging of gate (steel)	1,58	
Damage and aging of concrete facility				1,25		
Dewatering outlet			Damage and aging of connection bridge	0,63	48,60	
			Damage and aging of outlet pipe	1,87		
			Seepage in outlet pipe	2,93		
		Damage and aging of drainage way	0,93			

Table 4. Comparison proposed importance with AHP weights

Step 1			Step2		
Division	Proposed importance	AHP weights	Division	Proposed importance	AHP weights
Embankment	70.0%	60.91%	Crest	24.5%	20.45%
			Upstream slope	17.5%	17.84%
			Downstream slope	28.0%	17.05%
Spillway	20.0%	27.30%	Chuteway	8.0%	11.41%
			Floodgate	10.0%	12.33%
			Highroad	2.0%	3.56%
Water-intake facilities	10.0%	11.80%	Water-intake	6.0%	6.07%
			Dewatering outlet	4.0%	5.73%

바탕으로 소규모 저수지 붕괴 주요원인에 대한 가중치를 선정하게 된다. 설문응답자는 공공기관, 민간기업, 학계에서 전문가 그룹을 선정하였고, 업무관련성이 있는 경우가 설문 신뢰도를 높일 것으로 판단하여, 업무관련 전문가를 선정하였다. 그리고, 회수율이 적을 것으로 예상되어 200여명에게 방문, 메일 및 우편을 이용하여 설문조사를 실시하였으며, 회수된 답변서 중 115부를 평가항목 가중치 결정에 사용하였다.

### 3. AHP 분석 결과

평가항목별 가중치를 분석하여 종합한 평가항목 전체의 가중치 결과는 Table 3과 같이 도출되었다. 1단계 평가항목에 대하여 제체 60.9%, 여수로 27.3%, 취수시설 11.8%로 농업용 저수지 붕괴의 주요원인 가중치 평가에서는 가장 중요하게 고려되는 항목은 제체인 것으로 나타났다. 그러나 1단계 분류항목은 각각의 붕괴형태가 상이하고, 붕괴에 영향을 미치는 인자가 차이가 있으므로 서로 비교하는 것은 타당하지 않은 것으로 판단되어, 제체, 여수로, 취수시설로 분류된 각각의 항목별에 따라 가중치를 반영하였다.

2단계 평가항목에서 제체의 붕괴원인 항목중에서 하류사면 및 사면 끝단 평지부(기초부)의 가중치가 37.14%로 가장 높게 나타났고, 댐마루, 상류사면 순으로 분석되었다. 여수로의 붕괴원인 항목중에서는 수문부의 가중치가 45.16%로 가장 높게 나타났으며, 수로부, 공도교 순위로 중요도를 보인다. 취수시설의 붕괴원인 항목중에서 취수부의 가중치가 51.4%로 가장 높게 나타났다.

3단계 평가항목에서 제체의 붕괴원인인 댐마루 항목 중에서는 침투 및 누수의 가중치가 7.56%로 가장 높게 나타

났고, 균열 및 수직변위, 침하, 침식, 식생의 순으로 분석되었다. 상류사면 항목 중에는 침투 및 누수의 가중치가 4.49%로 가장 높게 나타났고, 활동, 침하, 균열, 침식, 사면보호공 손상, 식생의 순으로 중요도를 보이는 것으로 분석되었다. 하류사면 항목 중에도 침투 및 누수의 가중치가 6.27%로 가장 높게 나타났고, 활동, 균열, 침하, 침식, 사면보호공 손상, 식생등의 순으로 중요도를 보인다. 여수로의 붕괴원인인 수로부 항목 중에서는 개수로 토사의 경우 침식 및 유실, 콘크리트 개수로의 경우 측벽과 바닥부 누수, 관수로의 경우 관내부의 누수의 가중치가 가장 높게 나타났다. 취수시설의 붕괴원인인 취수부 항목 중에서는 수문의 작동불량, 방류부 항목에서는 방류관 누수의 가중치가 가장 높게 분석되었다. Table 4는 저수지 구성요소에 따른 구성요소에 따른 가중치 분석결과와 예상한 가중치와 비교한 것이다.

### 4. 결론

본 연구에서는 설문조사 결과를 기하평균을 이용하여 가중치를 분석하였다. 먼저, 1단계 평가항목에 대하여 제체 60.9%, 여수로 27.3%, 취수시설 11.8%로 농업용 저수지 붕괴의 주요원인 가중치 평가에서는 가장 중요하게 고려되는 항목은 제체인 것으로 나타났다. 2단계 평가항목에서 제체의 붕괴원인 항목 중에서 하류사면 및 기초부의 가중치가 22.62%로 가장 높게 나타났고, 댐마루, 상류사면 순으로 분석되었다. 하류사면에서의 3단계 평가항목에서는 침투 및 누수의 가중치가 6.89%로 가장 높게 나타났고, 균열, 활동, 침하, 침식 등의 순으로 분석되었다. 여수로의 붕괴원인 항목중에서는 수문부의 가중치가 10%로 가장 높게 나타났으며, 수로부, 공도교 순위로 중요도

를 보이며, 3단계 평가항목에서는 침식 및 유실, 관수로 내부 누수, 수문의 작동 불량에 순으로 중요하게 인식하고 있는 것으로 분석되었다. 취수시설의 붕괴원인 항목 중에서 취수부의 가중치가 6%로 가장 높게 나타났고, 3단계 취수부 항목 중에서는 수문의 작동불량이 가장 높게 분석되었다. 본 연구 결과를 통하여 정기점검 시 농업용 저수지의 적절한 평가항목을 제시하여, 농업용 저수지 점검자 및 유지관리자에게 전파하여 농업용 저수지 시설물의 안전성 확보에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

### Acknowledgement

Appreciate to Korea Infrastructure Institution (KISTEK) supporting this study to perform, and Prof. Shin who supervising this paper to complete.

### References

1. Lee, J. K (2012), The safety management system on small reservoirs, Proceeding of The 6th International Conference for Safety of Infrastructure, pp. 1-15.
2. Korea Infrastructure Safety Corporation (2008), Safety Inspection (including detailed one) Standards.
3. MIFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries) (1995), Guidelines for Reservoir Safety and Maintenance and Development of Rehabilitation methods of Degraded Agriculture Reservoirs.
4. Indiana Dam Safety Inspection Manual(2007), Department of Natural Resources in Indiana.
5. Joo, Y. H (2010), The experimental Study of the Reinforcement Technique for the Breach Damage Mitigation on the Small Scale Reservoir, Master Thesis, Hongik University.