



## 효율적인 안전진단 체계 수립을 위한 농업용 저수지 유형화 연구

### A Study on the Typology of Agricultural Reservoir for Effective Safety Inspection Systems

이창범\* · 정남수\*\*,† · 박승기\*\* · 전상옥\*\*\*

Lee, Chang Beom · Jung, Nam Su · Park, Seong Ki · Jeon, Sang Ok

#### Abstract

In this research, 1,032 data of precise safety inspection from 2004 to 2013 are gathered and constructed for finding effective safety inspection systems. Items are extracted from constructed data and factors for typology are decided with statistical method such as principle component analysis and cluster analysis. For factor decision, we extruded independent characteristics such as morphological and geographical characteristic, and deleted items which can be expressed by combination of independent characteristics. Four factors such as total storage, watershed ratio, levee length ratio, and spillway length ratio are extracted in this process. In cluster analysis, levee length ratio is excluded because it is not separated as cluster. Finally nine types of agricultural reservoir are extruded by total storage, watershed ratio, and spillway length ratio with frequency analysis.

**Keywords:** Reservoir; Typology; Safety Inspection

#### 1. 서 론

한국은 국토의 대부분이 경사지이며 지형이 험하고 강우가 여름에 집중되며 유출이 빠르고 토지의 보수력이 낮다 (Yoo and Park, 2007). 따라서 농업용 저수지는 농업용수 확보를 위한 중요한 시설물이며 (Han, 2002), 1906년 수리조합 조례가 발표된 이래 (Hong, 2004), 정부는 쌀 증산을 목표로 저수지 축조를 통한 농업용수 개발을 지속적으로 추진해 왔으며, 2012년 기준으로 17,531여개의 저수지가 전국에 산재되어 있다. 이들 중 흙댐이 99% 이상이고, 50년 이상 경과된 저수지가 전체 88%를 차지하고 있으며, 한국농어촌공사가 3,356개소, 지방자치단체가 14,175개소를 관리하고 있다 (Lee, 2013).

장마, 태풍, 국지성호우 등 이상기후로 인한 저수지붕괴 등의 자연재해가 증가하고, 안전관리분야의 관심이 높아져 우리나라에서는 1995년 “시설물안전관리에관한특별법”이 제정되고 (MOLEG, 1995) 한국시설안전공단을 중심으로 주요 시설물의 안전점검 및 진단체계, 시설물의 평가기준이 수립

되면서, 저수지 또한 저수량에 따라 1,000만 m<sup>3</sup> 이상의 저수지를 1종저수지, 100만 m<sup>3</sup>에서 1,000만 m<sup>3</sup>의 저수지를 2종시설물로 지정하여 콘크리트댐을 기준으로 한 진단 및 정기점검이 이루어지고 있다. “농어촌정비법”에서는 총저수용량 30만 m<sup>3</sup> 이상을 1종으로 그 이하를 2종으로 구분하여 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (국토해양부 2010.12 기준)을 준용하고 계수조정을 통하여 상태평가를 수행하나 (Korea Rural, 2011), 대부분의 농업용저수지는 관개규모가 100ha 이하의 소규모 필댐으로 (Yoo and Park, 2007), 필댐의 안전성을 파악하기 위한 점검 항목, 항목별 평가방법이 정립되어 있지 못한 상태로 체계적인 유지관리가 이루어지고 있지 못해 규모가 큰 댐, 저수지에 비해 파괴 가능성이 높은 것으로 지적되고 있다 (Sin et al., 2013).

Lee (2013)은 이러한 문제를 개선하기 위하여 국내와 국외에서 댐과 저수지 평가를 위해 적용하고 있는 기법을 조사 분석하였으며, 파괴에 대한 통계사례를 조사하고, 소규모 저수지를 대상으로 현장조사를 실시하여 저수지의 구성 및 발생 손상의 특성, 주요파괴원인을 분석하여 평가인자를 도출하였다. 또한, AHP기법을 활용하여 도출된 평가인자의 상대적인 가중치를 산정한 바 있으나, 한국의 농업용저수지는 전국에 산재되어 있으며, 다양한 설계 및 축조기술을 적용하고 있다.

그러나 현재의 상태평가 기준은 대댐위주의 형식으로 평가가 이루어지고 Lee (2013), 각 지역의 지리적 특성이나 축조형식을 고려하지 않은 평가기준을 적용하고 있어 이를 극복하기 위해 농업용 저수지의 다양한 특성에 따른 유형화가

\* Graduate School of Agricultural Engineering, Kongju Nat'l Univ.

\*\* Dept. of regional Construction Engineering, Kongju Nat'l Univ.

\*\*\* Rural Research Institute Korea Rural Community Corporation

† Corresponding author

Tel.: +82-041-330-1265, Fax: +82-041-330-1277

E-mail: ruralplan@kongju.ac.kr

Received: March 10, 2015

Revised: August 20, 2015

Accepted: September 10, 2015

필요하다.

Yoo and Park (2007)은 한국의 농업용저수지의 형태학적 특성을 정량화하고, 그 결과를 바탕으로 외국에서 발표된 저수지의 특성과 비교 검토하였으며, Kim et al. (2009)는 농업용저수지의 재개발 우선순위를 결정하기 위하여 개발여건, 유역여건, 수요여건 등의 가능성과 지역여건, 환경여건, 재해여건 등의 제한성을 바탕으로 우선순위지수를 결정한 바 있으나, 아직까지 이러한 특성을 바탕으로 농업용저수지의 유형화를 시도한 연구는 부족한 실정이다.

본 연구에서는 2004년부터 2013년까지 정밀안전진단을 통하여 구축된 1,032개의 제원항목에 대한 자료를 분석하여, 농업용저수지의 유형화에 사용할 수 있는 자료를 추출하고, 추출된 자료를 주성분분석, 군집분석 등 통계적 방법을 이용하여 유형화에 이용할 수 있는 인자를 결정하고자 한다.

분석과정을 통하여 결정된 인자의 조합과 자료의 빈도분석을 통해 농업용저수지를 유형화하여, 향후 효율적인 농업용저수지 안전진단체계 수립에 기여하고자 한다.

## II. 이론적 고찰

### 1. 농업용 저수지의 체계적인 안전관리의 필요성

현재 우리나라의 농업용저수지는 노후화 및 보수·보강, 적절하지 않은 평가방법 등 여러가지 문제를 지니고 있다. 다양한 각도에서 나타나는 현상들을 체계적으로 관리가 이루어지지 못하고 있으며, 관리 소홀로 인한 저수지 붕괴 및 인명피해로 이어지고 있어 안전관리에 대한 중요성이 대두되고 있다.

Song and Park (2008)은 충북지역 내에 있는 농업용저수지의 관리실태 및 안전성을 파악하여 농업용저수지의 노후도를 분석하였다. 충북지역의 농업용저수지를 산정하고 세부항목별 현장조사를 실시하여 중요도 점수, 항목별 가중치 등을 고려하여 충북지역의 농업용저수지의 노후도를 평가하였다.

Choi et al. (2008)은 농업용 저수지의 근본적인 문제인 노후도의 가속도 증가, 안정성 감소, 관리 미흡의 문제점을 지적하였으며, 시·군 저수지 샘플링 조사를 통하여 그 실태를 조사하고 효율적인 정비 및 관리방안을 제시하였다. Lee (2013)는 우리나라의 소규모 농업용저수지의 관리에 있어서 축조년도, 저수지 별 안정성평가, 관리주체 및 관리인력에 대한 문제점을 제시하였고, 이를 보완하기 위하여 저수지 용도변경, 관리인력 충원 및 보수·보강에 필요한 예산이 확보가 이루어져야 체계적이 관리가 이루어 질 것이라 주장하였다.

우리나라의 농업용저수지는 넓은 범위에 분산되어 있어

체계적인 안전점검과 유형에 따른 효율적 관리가 이루어져야 한다. 저수지 각각의 특성을 바탕으로 구별이 가능하다면 각 저수지마다의 문제점 및 보수·보강이 필요한 부분을 형태 및 특성에 맞는 대책을 세울 수 있을 것이며, 이를 위하여 먼저 농업용저수지의 유형화를 실시하고자 한다.

### 2. 특성분류를 통한 유형화 방법

유형화란 개별적인 특징을 가지는 여러개의 사물들에서 비슷한 기능이나 현상을 묶어서 생각함으로써 일반화된 해결방안을 도출하는 것으로 다양한 분야에서 통계적 기법으로 유형화를 진행하고 있다.

유형화하기 위한 통계분석기법인 주성분분석과 군집분석을 바탕으로 한 연구들이 많이 수행되어 왔다. Suh et al. (2012)은 지역정보 유형화 프레임워크 구현을 위하여 통계적 기법인 주성분분석을 이용하여 가중치를 파악하고 유클리드 방법을 이용하여 서로의 상관도가 높은 지역들을 그룹화하는 군집분석을 실시하였으며, 통계적 분석기법을 기반으로 유형화 프레임워크를 제안하였다.

Kim et al. (2014)은 농촌지역의 특성과 여건에 맞는 농업·농촌정책 방향을 모색하기 위하여 충청남도 읍·면지역을 바탕으로 유형화를 주성분분석과 군집분석을 통해 특성을 분류하고, 이를 통하여 전통적인 농업지역이 산업화 도시화 과정에서 점차 다양한 유형으로 분화해가고 있는 것을 제시하였다.

여러 분야에서 실시한 유형화 연구들은 주성분분석이나 군집분석과 같은 유형화기법을 이용하여 이를 분석하고 그 결과를 바탕으로 특성을 도출하였으나(Suh et al. 2012), 다양한 특성 항목중에서 군집분석의 요인을 추출하는 과정이 명확하지 않고 연구자의 주관적 판단에 의존하는 문제가 있었다. 특히 본 연구와 같이 자료양이 방대하고 항목이 많은 경우 모든 자료를 분석에 활용할 경우 항목간의 자기상관성이 많아지거나 중복항목에 의해 유형화가 치우칠 수 있는 한계가 있어 특성인자를 도출하는 과정과 유형화를 하는 과정을 구분하고자 한다.

## III. 연구자료 및 방법

### 1. 연구자료

본 연구의 자료로는 한국농어촌공사에서 2004년부터 2013년도까지 실시한 농업용저수지 정밀안전진단 상태평가 보고서 1,032개 중 통계분석에 550개소 저수지와 준공시의 제원항목 46개를 활용하였으며 빈도분석에는 482개소를 연구에 활용하였다.

통계적 분석을 실시하기 위해 모든 자료를 고려하기에는 데이터의 양이 방대하였고 10년간 조사 항목의 변경으로 인해 결과가 일관적이지 않아 10년치 자료 중 상태평가가 누락(공란)이 적고, 일관적인 평가, 중복되는 저수지가 적은 2006년도와 2007년도 데이터를 이용하였다.

총 550개소 저수지와 제원에 해당되는 46개 평가항목을 토대로 통계분석을 실시하였으며 연도별 평가 항목으로는 크게 저수지 제원, 상태평가, 보수·보강, 시설상태로 구분하여 유형화 자료로 제원에 해당하는 항목들을 분석에 활용하였다.

주요인자결정 및 통계분석을 통해 도출된 결과를 바탕으로 2004~2013년도까지 개별시설물 조사 항목이 누락되지 않은 저수지에 적용하여 유형을 구분하였다.

## 2. 연구방법

본 연구에서는 농업용저수지를 유형화 하기위하여 한국농어촌공사에서 실시한 농업용저수지 정밀안전진단 상태평가 보고서 중 2006년, 2007년도 자료를 활용하였다.

2006~2007년도에 평가된 550개 저수지와 66개 조사항목에서 1000만 m<sup>3</sup> 이하의 저수지를 가지고 주요인자를 결정하였으며, 군집을 이루는 항목들 간의 특성을 파악하기 위해 이용된 데이터는 100만 m<sup>3</sup> 이하의 저수지이며 분석된 결과를 토대로 빈도분석에 활용하는 방법으로 연구를 실시하였다.

1단계 분석으로 주성분분석과 상관관계분석을 실시하여 도출된 인자를 바탕으로 특성을 파악하고 2단계 분석에서는 1단계분석에서 나타나는 문제점 등을 고려하여 최종적으로 주요인자를 결정하는 과정을 실시하였다.

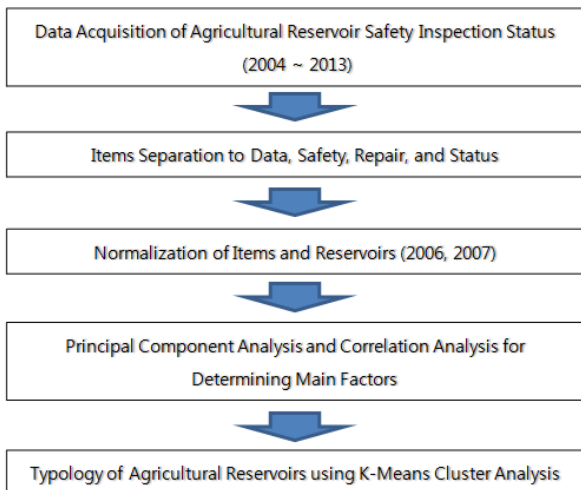


Fig. 1 Process of study

주요인자 결정과정에서 결정된 인자를 군집분석에 활용하여 군집들 간의 경계의 수치를 분석하여 범위를 결정하고, 분석된 데이터를 가지고 빈도분석을 실시하였다. 본 연구의 수행과정을 요약하면 Fig. 1과 같다.

## 3. 저수지 지구 및 항목 축소과정

한국농어촌공사에서 실시한 농업용저수지 정밀안전진단 상태평가 보고서 중 2006년, 2007년도 66개 조사항목의 축소한 데이터를 Table 1과 같이 나타내었다.

평가 지역인 550개의 저수지 (지구)중 총 저수량 1000만 m<sup>3</sup> 이상의 저수지 11개 지역, 같은 이름으로 중복되는 93개 저수지, 항목에 공란이 있는 지구 39개 지역을 삭제하여 총 407개 저수지가 도출되었다.

농업용저수지 정밀안전진단 상태평가 보고서 중 중별, 지역, 준공년도를 제외하였고 규모에 해당되는 항목을 활용하였다. 제외한 항목 중 준공년도의 경우 시기나 당시의 설계기술에 따라 제체, 여수토, 유역배출등이 달라져 이러한 항목이 시간적 특성으로 볼 수 있으나 규모형태로 볼 수 없어 항목선정에서 제외하였다.

저수지 제원 항목에서는 하나의 시설물에 대해 준공도서와 정밀진단 2가지 항목으로 나뉘어 있으며, 이들 중 준공도서에 해당하는 항목들을 연구에 활용하였다. 정밀진단 항목의 경우 준공 이후 시간이 지나면서 자연상태 및 수위등에 영향을 받아 제원의 값이 기존 자료와 다소 차이가 나타날 수 있어 연구에서 제외하였다.

면적, 제체, 여수토, 취수시설의 정밀진단 21개 조사 항목을 삭제하였고, 정밀진단 이외의 군집분석에 사용되는 데이터와 맞지 않는 문자 및 함수 등으로 기록되어 있는 항목으로 형식, 단면, 재료, 문비구조, 준공도서, 토질, 전담 등 19개 항목을 삭제하였고, 홍수량을 평가하는 100년 홍수량, 200년 홍수량, 홍수위, 제정고, 기왕최대, 설계기준을 저수지의 형태적으로나 지리적으로 유형화 하기위해 합리적이지 못해 6개의 항목을 삭제하여 20개의 항목으로 축소하였다.

## IV. 분석결과

### 1. 주요인자결정을 위한 단계별 특성분석

농업용저수지와 항목이 축소되면서 적합한 분석기법을 적용하기 위하여 다양한 방법으로 연구를 실시해 보았다. 구축된 항목을 바탕으로 주성분분석 (Principle component analysis)을 실시하였으며, 주성분분석은 서로 상관관계가 높은 여러개의 변수들을 조합하여 그 변수들의 정보를 가능한

Table 1 Reduce specification item

Reservoir name	Irrigated area	Benefitted area	Drainage area	Watershed raito	Total storage	Active storage	Surface area of reservoir	Full supply level	Free board	Levee height
Seon-dong	33,9	33,9	38,0	1,77	65,0	63,0	1,5	65,9	1,59	11,0
Ji-dong	15,0	15,0	131,	8,73	84,0	76,0	5,2	34,2	1,22	8,0
Do-gok	30,0	30,0	50,0	2,00	18,0	18,0	2,0	80,0	1,36	9,7
Chu-jo	38,0	38,0	73,0	1,92	51,0	51,0	2,0	40,0	1,17	6,6
Han-pyeong	34,0	34,0	111,	3,26	70,0	70,0	2,0	100,	0,55	11,0
Go-jan	83,4	83,4	450,	5,40	199,	192,	11,7	22,3	0,70	6,4
Wol-gok	23,0	23,0	60,0	2,61	24,0	24,0	2,0	10,0	1,80	5,4
So-rea	115,	115,	150,	1,30	245,	227,	10,5	16,5	0,81	6,9
Dun-deok	7,6	7,6	14,0	18,4	3,7	3,7	4,0	229,	1,07	16,0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Mok-dong	57,5	57,5	172,	2,61	466,	450,	7,3	162,	2,00	18,4
Ji-Chon	30,9	30,9	570,	18,6	243,	243,	3,8	226,	1,50	16,5
Bong-Jeon	71,1	71,1	83,0	1,17	91,0	91,0	1,8	172,	2,10	19,0
Sang-chon	0,5	0,5	49,0	11,0	9,0	9,0	2,1	165,	1,00	18,0
Reservoir name	Levee length	Levee enactment width	Subcritical slope	Down stream slope	Overflow spillway	Spillway length	Outlet extension	Outlet average width	Outlet conduit extension	Intake port standard
Seon-dong	110	3,0	1,8	1,8	0,5	11,9	40,0	0,45	47	0,2
Ji-dong	172,	2,0	2,0	1,2	0,55	11,7	8,0	0,4	19,5	0,3
Do-gok	100,	4,0	3,0	2,0	0,5	6	57,3	0,35	39	0,3
Chu-jo	158,	2,0	1,8	1,9	1	6	18,0	0,3	25	0,3
Han-pyeong	160,	2,5	2,0	2,0	0,5	20	50,0	0,35	37	0,3
Go-jan	122,	1,3	2,0	1,5	0,7	20,3	80,0	0,6	25	0,3
Wol-gok	160,	3,5	2,0	2,0	0,7	5	9,3	0,3	20,6	0,3
So-rea	264,	3,8	2,5	2,0	0,82	21	47,0	0,7	34	0,3
Dun-deok	90,0	3,5	2,5	2,0	0,6	8	64,0	0,45	60	0,3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Mok-dong	114,	5,0	2,5	1,8	0,8	16	78,0	1,6	74,5	0,4
Ji-Chon	136,	5,0	2,2	1,8	1,0	42	61,0	2	53	0,3
Bong-Jeon	123,	6,0	2,5	2,0	0,9	12	94,0	0,4	83	0,3
Sang-chon	85,0	4,0	2,2	2,2	1,0	8	45,0	0,6	67,9	0,3

(Korea Rural Community Corporation, 2006,2007)

많이 함축하고 있는 새로운 인위적 변수를 만들어내기 위한 다변량 통계분석이다 (Jang, 2006). 요인 적재치를 단순화하기 위하여 직교회전방식 (Varimax)을 활용하였다.

Table 2와 같이 도출된 제 1요인은 ‘만수면적’, ‘유효저수량’, ‘수혜면적’, ‘총저수량’, ‘관개면적’, ‘제체길이’로 면적 및 저수량을 나타내고 있다. 제 2요인은 ‘복통연장’, ‘제체높이’, ‘방수로연장’, ‘여수토월류심’, ‘제체제정폭’, ‘취수공규

격’으로 여수토 및 취수시설에 관한 항목으로 나타났으며, 제 3요인은 ‘유역배율’, ‘유역면적’, ‘방수로 평균폭’으로 이수치수를 나타내고 있다. 제 4요인으로는 ‘상류사면기울기’, ‘하류사면기울기’로 제체의 기울기 및 안전성을 나타내고 있고, 마지막 5요인으로는 ‘만수위’, ‘여유고’로 수위를 나타내고 있으며 주성분분석을 통하여 총 5가지 요인으로 정리할 수 있었다.

Table 2 Ingredient line by rotation

	Ingredient				
	1	2	3	4	5
surface area of reservoir	.756	.064	.160	.210	.084
active storage	.731	.369	.209	.331	.209
Benefitted area	.725	.536	.089	-.077	-.031
total storage	.724	.386	.212	.321	.212
irrigated area	.704	.554	.099	-.069	.013
levee length	.605	-.098	-.148	.249	-.356
outlet conduit extension	.181	.814	-.007	.218	.282
levee height	.071	.800	.112	.263	.288
outlet extension	.227	.638	-.044	.160	-.114
overflow spillway	-.056	.601	.473	.120	-.073
levee enactment width	.305	.434	.075	.432	.123
intake port standard	.274	.421	-.041	.200	.010
watershed ratio	-.290	-.043	.793	.083	.192
drainage area	.310	.071	.744	.080	.231
outlet average width	.319	-.045	.622	-.028	-.267
spillway length	.385	.349	.583	.227	.217
subcritical slope	.178	.271	.117	.757	.041
downstream slope	.103	.177	.068	.730	-.012
full supply level	-.048	.013	.163	-.055	.794
free board	.299	.231	-.034	.287	.540

주성분분석을 통하여 묶여진 요인별로 항목을 상관관계 분석 (Correlation analysis)을 실시하였다. 상관관계분석은 변수들 간에 관련성을 분석하기 위하여 실시하는 것이나, 본 연구에서는 각 요인별로 가장 상관성이 높은 항목을 도출하여 20개의 항목을 5개 항목으로 축소하였다.

상관관계분석은 인자를 도출하는 과정으로써 제 1요인으로 묶이는 관개면적, 수혜면적, 총저수량, 유효저수량, 만수면적, 제체길이의 항목들로 상관관계분석을 Table 3과 같이 실시하여 각 주성분별 주요항목을 결정하였다.

주성분분석을 통해 묶이는 5가지 요인별 상관관계분석을 실시한 결과 제 1요인 총저수량, 제 2요인 복통연장, 제 3요인 유역면적, 제 4요인 상류사면기울기, 제 5요인 만수위로 구분할 수 있었으나 결과적으로 유형화하기 위한 인자로 보기 어려웠다.

유형을 구분하기 위해서는 저수지의 특성들이 다른 변수의 영향을 받지 않거나 시설물의 대표적으로 사용가능한 인자로 결정되어야 하지만 통계분석을 통해 도출된 인자들은 일부가 규모에 영향을 받아 유형화 하기위한 항목으로 무의미하여 재조정할 필요가 있었다. 상관관계분석을 실시하는

과정에서 상관성이 높은 인자를 추출하였다. 추출된 인자들 간에는 다중공선성이 존재하고 있으며, 이는 대부분 저수지 규모에 관련된 것으로 판단된다. 따라서 유형화는 규모와 같은 다른 항목에 영향을 받지 않는 형태적·지리적 특성의 항목으로 결정될 수 있도록 주요인자 결정을 재실시하였다.

## 2. 주요인자 결정

주요인자 결정을 위하여 규모를 결정하는 항목으로 총저수량을 설정하고 규모에 영향을 받는 항목들은 단위저수량 값으로 바꾸었으며, 형태적 또는 지리적 등 독립적 특성을 가지는 항목을 Table 4와 같이 도출하였다. 형태적 또는 지리적 특성을 가지는 항목은 주변 지형에 영향을 받는 시설물을 기준으로 항목을 분류하였으며, 독립적특성은 조합으로 표현 가능하거나 조합의 일부로 사용되는 항목을 선별하여 삭제하였다. 취수시설 및 방수로 항목은 독립적특성을 가진다고 볼 수 있는 항목에서도 정밀안전진단의 유형화 인자로 사용하기에 미비하다고 판단되는 항목은 삭제하였다.

독립적 특성을 가지는 항목으로 복통연장, 방수로연장, 취수공규격, 방수로평균폭, 상류사면기울기, 하류사면 기울기

Table 3 Example of correlation analysis

		Irrigated area	Benefitted area	Total storage	Active storage	Full supply level	Levee length	Total
area irrigated	coefficient of correlation	1,000	0,942	0,788	0,784	0,744	0,354	4,612
	significance probability		.000	.000	.000	.000	.000	
	N	132	132	132	132	132	132	
benefit area	coefficient of correlation	0,942	1,000	0,787	0,788	0,75	0,407	4,674
	significance probability	.000		.000	.000	.000	.000	
	N	132	132	132	132	132	132	
total storage	coefficient of correlation	0,788	0,787	1,000	0,997	0,786	0,399	4,757
	significance probability	.000	.000		.000	.000	.000	
	N	132	132	132	132	132	132	
active storage	coefficient of correlation	0,784	0,788	0,997	1,000	0,783	0,404	4,756
	significance probability	.000	.000	.000		.000	.000	
	N	132	132	132	132	132	132	
full supply level	coefficient of correlation	0,744	0,75	0,786	0,783	1,000	0,457	4,52
	significance probability	.000	.000	.000	.000		.000	
	N	132	132	132	132	132	132	
levee length	coefficient of correlation	0,354	0,407	0,399	0,404	0,457	1,000	3,021
	significance probability	.000	.000	.000	.000	.000		
	N	132	132	132	132	132	132	

Table 4 Major item be decision

Morphological · Geographical Characteristic				Independent Characteristic
Total storage	Watershed ratio	Levee length ratio	Spillway length ratio	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ active storage</li> <li>■ surface area of reservoir</li> <li>■ full supply level</li> <li>■ Freeboard</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ benefit area</li> <li>■ area irrigated</li> <li>■ drainage area</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ levee length</li> <li>■ levee height</li> <li>■ levee enactment width</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ spillway length</li> <li>■ overflow spillway</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ outlet conduit extension</li> <li>■ outlet extension</li> <li>■ intake port standard</li> <li>■ outlet average width</li> <li>■ subcritical slope</li> <li>■ downstream slope</li> </ul>

의 항목을 삭제하였고 규모의 영향을 받지 않으며 형태적 특성을 가지는 제체와 여수토 항목을 길이와 높이비의 연산방법으로 제체 길이비, 여수토 길이비 두 가지 항목을 도출하였다. 제체 및 여수토는 관련된 여러 항목을 고려하여 하나의 항목으로 간단하게 표현하기 위하여 높이와 길이를 통해 규모를 추정할 수 있는 길이와 높이비의 방식을 이용하였다.

또한, 100만 m<sup>3</sup> 이상의 경우 한국시설안전공단에서 시설물안전관리에관한특별법에 의해 세부지침 및 실시요령 등을

규정하고 있으므로 군집분석에서는 100만 m<sup>3</sup> 이상의 저수지를 제외하여 최종적으로 총저수량, 유역배율, 제체길이비, 여수토 길이비 4가지 항목으로 주요인자를 결정하였다.

결정된 인자들은 Lee (2013)가 제시한 국내 댐과 저수지의 피해사례를 통해 나타난 파괴원인들과 도출된 인자들 간의 특성이 유사하였으며 파괴내용으로는 제체유실, 여수토·방수로 유실 및 공극, 월류 등으로 인한 파괴였다. 이처럼 파괴 사례 항목과 같이 제체와 여수토를 고려한 주요인자로 결정할 수 있었다.

### 3. 군집분석

군집분석(Cluster analysis)은 다수의 대상들을 그들이 소유하는 특성을 토대로 유사한 대상들끼리 그룹핑하는 다변량 통계기법이다. 군집분석에 의해 두 개 이상의 그룹이 형성되며 각 그룹을 군집이라 부른다(Han and Oh, 2012). 본 연구에서는 비계층적 군집분석(Nonhierarchical Clustering)중 K-평균 군집분석(K-Means Cluster analysis)방법을 사용하였으며, K-평균 군집분석은 군집의 수가 한 개씩 감소하는 것이 아니라 사전에 정해진 군집의 숫자에 따라 대상들이 군집들에 할당되는 것이다.

군집분석에 활용된 자료는 농업용저수지 정밀안전진단

상태평가 보고서 자료 중 2006년, 2007년 100만 m<sup>3</sup> 이하의 320개소 저수지를 분석에 이용하였으며, 주요인자 결정을 통하여 축소된 4개의 항목을 가지고 K-평균 군집분석을 실시하였다. 각 항목별 군집 수를 2개로 지정하여 분석하였고, 새 변수로 소속군집을 선택하여 Table 5, Table 6과 같이 도출하였다.

유역배율의 1군집에는 총 302개의 저수지, 2군집에서는 18개의 저수지가 군집을 이루었고, 총저수량의 1군집에서는 246개, 2군집에서는 74개 저수지로 군집을 이루었으며, 제체길이비는 1군집에서 319개 저수지, 2군집에서는 1개 저수지가 군집을 이루었다. 마지막으로 여수토길이비에서는 1군집 71개, 2군집에서는 249개 저수지가 군집을 형성하였다. 4개 항목 중 제체길이비 항목은 적합한 결과가 나타나지 못하였으며 유형 분리가 어렵다 판단되어 삭제하였다.

군집분석을 통하여 각각의 저수지가 어느 군집에 속하는지 알아보기 위하여 소속군집을 선택해서 새로운 변수가 생성 되도록 하여 분석을 실시하였다. 분석결과 총저수량, 유역배율, 여수토길이비 항목에 대하여 케이스별 소속군집이 Table 6과 같이 분석되었다.

Table 6에서 케이스의 숫자는 320개 저수지(지구)를 말하는 것이며 본 데이터와 축소한 데이터 순서 그대로 반영하여 섞이지 않도록 하였고, 하나의 항목에서 1군집과 2군집으로

Table 5 Case classification through cluster analysis

The final Cluster center		
	Cluster	
	1	2
watershed ratio	4,10	19,93

Case number of each cluster		
Cluste	1	302,000
	2	18,000
valid	320,000	
missing data	0,000	

The final Cluster center		
	Cluster	
	1	2
levee length ratio	20,5	305,5

Case number of each cluster		
Cluste	1	319,000
	2	1,000
valid	320,000	
missing data	0,000	

The final Cluster center		
	Cluster	
	1	2
total storage	432,3	4152,8

Case number of each cluster		
Cluste	1	246,000
	2	74,000
valid	320,000	
missing data	0,000	

The final Cluster center		
	Cluster	
	1	2
spillway length ratio	51,6	16,9

Case number of each cluster		
Cluste	1	71,000
	2	249,000
valid	320,000	
missing data	0,000	

Table 6 Position cluster of case

Watershed ratio position cluster			Total storage position cluster			Spillway length ratio position cluster		
Case	Cluster	Distance	Case	Cluster	Distance	Case	Cluster	Distance
1	1	.402	1	1	98,642	1	2	4,451
2	1	5,432	2	1	98,152	2	2	8,617
3	1	2,098	3	1	98,112	3	1	8,488
4	1	.202	4	1	97,712	4	2	13,617
5	1	.198	5	1	97,042	5	2	1,383
6	1	1,098	6	1	97,042	6	2	2,049
7	1	1,398	7	1	96,442	7	2	3,049
8	1	.002	8	1	96,342	8	1	15,155
9	2	1,532	9	1	96,342	9	2	3,617
10	1	2,392	10	1	96,342	10	2	2,883
11	2	.068	11	1	96,242	11	2	.951
12	1	.428	12	1	96,142	12	2	14,951
13	1	2,098	13	1	96,042	13	2	11,617
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
307	1	.492	307	2	173,147	307	1	6,822
308	1	1,878	308	2	182,147	308	2	1,049
309	1	1,478	309	2	193,147	309	2	15,049
310	1	.802	310	2	196,147	310	1	14,322
311	1	1,800	311	2	205,147	311	2	5,049
312	1	1,818	312	2	218,147	312	2	4,049
313	1	.172	313	2	221,147	313	2	3,049
314	1	1,902	314	2	245,147	314	1	16,822
315	1	.298	315	2	255,147	315	1	23,178
316	1	.702	316	2	290,147	316	1	7,822
317	1	.198	317	2	305,147	317	2	12,049
318	1	1,098	318	2	320,147	318	2	13,049
319	1	.632	319	2	322,147	319	1	16,822
320	1	.568	320	2	336,147	320	1	53,512

나뉘는 케이스들을 정리하여 Table 7과 같이 구축하였다.

Table 7은 각각의 저수지(지구)가 어느 군집에 속하는지를 알아보기 위하여 정리하였다. Table 5, Table 6에서와 같이 항목별로 2개의 군집 중 하나의 군집에 집중되어 있는 것을 볼 수 있다. 그러나 제체길이비 항목과 같이 하나의 지구를 제외하고 모두 한 곳에 집중되어 유형화하기에 한계가 있었으며 최종적으로 정리된 데이터를 이용하여 유형별로 구분이 가능하였다.

군집분석 및 정리된 데이터를 바탕으로 1군집과 2군집으로 나뉘는 기준을 소속군집을 통하여 분류기준점을 선정하고, 선정된 기준점을 바탕으로 경계점을 표시하여 Fig. 2와같

이 그래프화 함으로써 항목별 2가지 유형으로 나뉘게 되었다.

각 항목별 분류기준은 총저수량 37.2만 m<sup>3</sup> 이하 저수지를 1군집, 그 이상의 저수지를 2군집으로 유형화하였고, 유역배출 항목은 12 이하의 저수지를 1군집, 그 이상의 저수지를 2군집으로 유형화 하였으며, 여수토길이비 항목은 34.2 이하의 저수지를 1군집, 그 이상의 저수지를 2군집으로 총 6가지 군집을 도출하였다.

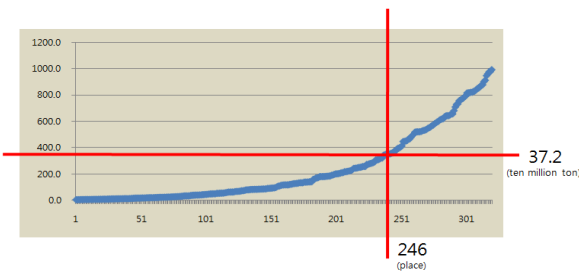
#### 4. 유형별 빈도분석

유형분류를 위하여 농업용저수지 정밀안전진단 상태평가 보고서 2004년부터 2013년도까지 중복되지 않는 1,841개소

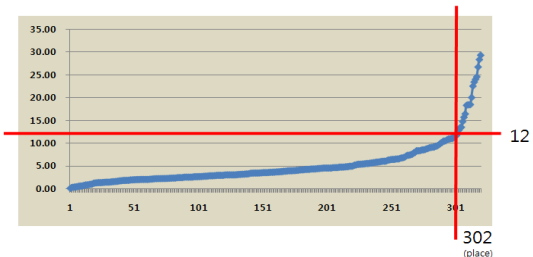


Table 7 Clean cluster of reservoir

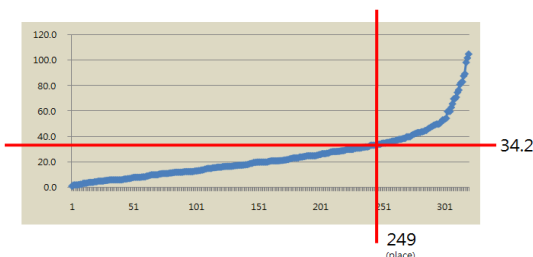
Reservoir name	Watershed ratio	Total storage (thousand m <sup>3</sup> )	Spillway length ratio	Watershed ratio cluster	Total storage cluster	Spillway length ratio cluster
Bi-rying	4,50	1,4	12,5	1	1	2
Joan-nam	9,53	1,9	8,3	1	1	2
Ha-Buck	2,00	2	43,3	1	1	1
SS-cheng	4,30	2,3	3,3	1	1	2
Sin-demon	3,90	3	18,3	1	1	2
Oh-nam	3,00	3,0	19,0	1	1	2
Hew-jeeing	2,70	4	20,0	1	1	2
Der-jeeing	4,10	4	36,7	1	1	1
Ha-ti	18,40	3,7	13,3	2	1	2
Boy-an	6,49	3,7	19,8	1	1	2
Juke-jean	20,00	3,8	16,0	2	1	2
Gun-Gook	3,67	3,9	2,0	1	1	2
Der-rying	2,00	4	5,3	1	1	2
SS-song	1,47	4	11,0	1	1	2



(a) Total storage



(b) Watershed ratio



(c) Spillway length ratio

Fig. 2 Reservoir classify

Table 8 Item typology analysis typology

Type	Watershed ratio	Total storage (ten thousand m <sup>3</sup> )	Spillway length ratio
1	>12	>37,2	>34,1
2	>12	>37,2	<34,1
3	>12	<37,2	>34,1
4	>12	<37,2	<34,1
5	<12	>37,2	>34,1
6	<12	>37,2	<34,1
7	<12	<37,2	>34,1
8	<12	<37,2	<34,1
9	total storage million ~ ten million m <sup>3</sup>		

자료 중 개별시설물의 상태평가가 누락되지 않은 482개소 자료를 활용하였다. Fig. 2에서 선정된 각 인자별 기준 값을 중심으로 값이 크거나 작은 유형의 저수지를 구분하기 위하여 동일한 범위 안에 속하는 저수지들을 하나의 유형으로 분류하여 Table 8과 같이 서로 중복되지 않는 유형을 9가지로 분류할 수 있었다.

군집분석에서 범위 밖이었던 100만 m<sup>3</sup> ~ 1000만 m<sup>3</sup> 이하의 저수지를 하나의 유형으로 설정하였으며 유형별 빈도분석 후 1유형은 2개소, 2유형은 1개소, 3유형은 6개소로 낮은 빈도수를 보이는 유형들을 하나로 묶어 기타유형으로 분류하였으며, 1, 2, 3유형을 제외한 나머지 유형들을 Fig. 3와 같이 나타내었다.

총 9가지 유형 중 낮은 빈도수로 나타나는 3개유형을 하나

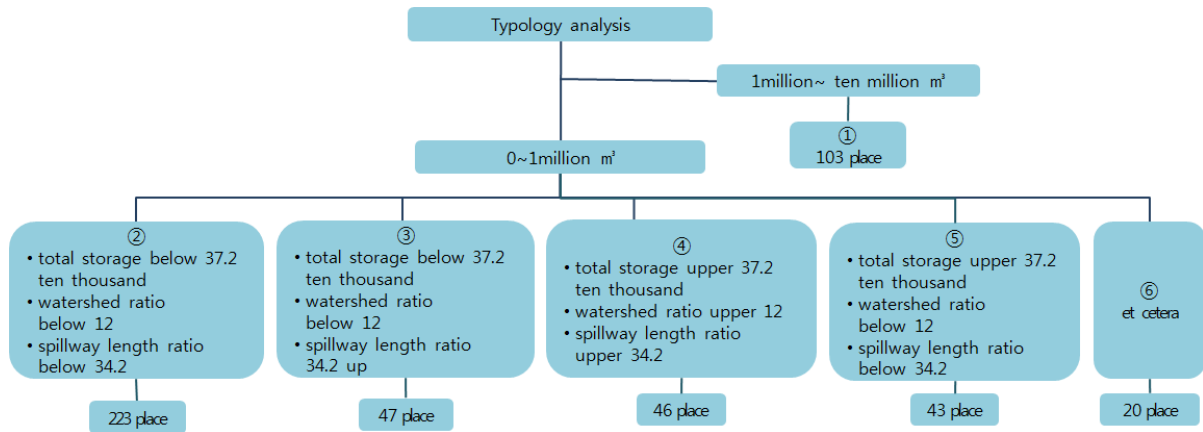


Fig. 3 Frequencies by each type

로 묶어 최종적으로 6가지 유형을 도출할 수 있었다. 총저수량 37.2만 m<sup>3</sup> 이하, 유역배율 12이하, 여수토비 34.2 이하의 2 유형에서 가장 많은 저수지가 도출되었으며 3유형은 47개소, 4유형은 46개소, 5유형은 43개소, 기타 6유형으로 20개소로 나타나 최종적으로 유형화할 수 있었다.

## V. 결 론

본 연구에서는 2004년부터 2013년까지 정밀안전진단 보고서 통하여 구축된 1,032개 자료를 분석하였다. 농업용 저수지의 유형화에 사용할 수 있는 자료를 추출하고, 주성분분석, 군집분석 등 통계적 방법을 이용하여 유형화에 이용할 수 있는 인자를 결정하였으며 결정된 인자의 조합과 자료의 빈도분석을 통해 농업용저수지를 유형화하였다.

인자결정을 위하여 형태적 또는 지리적 등 독립적 특성을 가지는 항목을 도출하고, 조합으로 표현 가능하거나 조합의 일부로 사용되는 항목들을 삭제 하였다. 이러한 과정을 통하여 총저수량, 유역배율, 제체길이비, 여수토길이비 4개의 항목을 도출하였으며, 주요인자 결정을 통하여 4개항목을 바탕으로 군집분석을 실시하였으나, 제체길이비 항목이 군집을 이루지 못해 삭제하였다. 총저수량, 유역배율, 여수토길이비 3개 항목의 경계 수치를 파악하고, 빈도분석을 통해 9가지의 유형을 도출하였다.

1유형은 100만 m<sup>3</sup> ~ 1000만 m<sup>3</sup>에 속하는 지구는 103개소, 2유형은 총저수량 37.2만 m<sup>3</sup> 이하 유역배율 12이하 여수토길이비 34.2이하에 속하는 지구는 223개소, 3유형은 총저수량 37.2만 m<sup>3</sup> 이하 유역배율 12이하 여수토길이비 34.2 이상에 속하는 지구는 47개소, 4유형은 총저수량 37.2만 m<sup>3</sup> 이

상 유역배율 12이상 여수토길이비 34.2이상에 속하는 지구는 46개소, 5유형으로는 총저수량 37.2만 m<sup>3</sup> 이상 유역배율 12 이하 여수토길이비 34.2이하에 속하는 지구는 43개소, 기타 빈도가 낮은 유형에 속하는 20개소를 도출할 수 있었다.

본 유형화는 향후 농업용저수지의 구조적 특성과 재료적 특성에 따른 정밀안전진단의 상태평가 기준을 수립하고 항목별 가중치 결정을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 사 사

본 연구는 농어촌연구원에서 진행 중인 “농업용저수지 정밀안전진단 상태평가 기준개선연구” 과제의 지원으로 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

## REFERENCES

1. Choi, W., H. J. Kim, S. S. Yoon, J. O. Kim, N. S. Jung, H. J. Lee, Y. C. Han, and J. J. Lee. 2008. Survey for the Management of Reservoirs under Control of Local Authorities of Reservoir of City · Gun in Korea. The Korean Society of Agricultural Engineers. 50(3): 31-41 (in Korean).
2. Han, H. G., 2002, Safety inspection Appraisal of Agricultural Reservoir, Korean Society Hazard Mitigation, 4(3): 78-88 (in Korean).
3. Hong, B. M., 2004. Magazine of Korea water resources association. Korea water resources association. 37(4): 29-33 (in Korean).

4. Han, M. S., and H. U. Oh. 2012. Categorization of Traffic Type According to Seoul-City Administrative District Using Cluster Analysis. Korean Society of Road Engineers. 14(4): 133-140 (in Korean).
5. Jang, M. W., 2006. County-based vulnerability evaluation to agricultural drought using principal component analysis. Rural planning. 12(1):37-48 (in Korean).
6. Kim, H. D., S. J. Kim, and K. Y. Lee. 2009. Study on the Priority Decision for Redevelopment of Agricultural Reservoir. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers. 51(6): 63-68 (in Korean).
7. Korea Rural Community Corporation. 2011. Irrigation Facilities Precise Safety Diagnosis Executive (in Korean).
8. Kim, J. Y., U. S. Gim, and M. T. Oh. 2014. Characteristic Analysis and Classification of Rural Areas: Based on the Eup and Myon Areas of Chungcheongnam-do, The Korean Regional Development Association. 26(1): 27-44 (in Korean).
9. Lee, J. H., 2013. Management of Agricultural Reservoir Korea. Korean Society of Hazard Mitigation. 13(2): 54-58 (in Korean).
10. Lee, J. G., 2013. A study Maintenance-Reinforcement Plan and Safety Assessment is Small dams, Reservoir. Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation 13(6): 081 (in Korean).
11. Shin, E. C., C. G. Shin, J. M. Ryu, and J. K. Lee. 2013. Determination of Agricultural Reservoirs Checklist by Analysis of the Weights. J. Korean Geosynthetics Society 12(3): 81-86 (in Korean).
12. Song, C. S., and B. H. Pak. 2008. Studies on Structural Degradation of Agricultural Reservoirs in Chungbuk Region. The Korean Society of Agricultural Engineers. 50(3): 51-58 (in Korean).
13. Suh, K., T. G. Kim, J. M. Lee, and J. J. Lee. 2012. Effective Classification Framework Design and Implementation for Rural Regional Information using Principal Component Analysis and Cluster Analysis. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers. 54(1): 73-81 (in Korean).
14. The Ministry of Government Legislation(MOLEG), 1995. Special Act on the Facility Safety Management (in Korean).
15. Yoo, C. S., and H. K. Park. 2007. Analysis of Morphological Characteristics of Farm Dams in Korea. The Korean Geographical Society. 42(6): 940-954 (in Korean).