



최적정비모델을 이용한 예당저수지 정비방안 분석

Analysis of Yedang Reservoir Equipment Adapting Optimum Equipment Model of Agricultural Reservoir

김종봉^a · 박주석^b · 정남수^{c, †}

Kim Jongbong · Park JooSeok · Jung Namsu

ABSTRACT

In this study, interest in rural life of good natural environment rather than busy life is increasing as human life is extended by scientific and medical technology and society has improved. The reckless development of rural villages has caused social problems as the natural environment has been damaged, failing to function as a pleasant home. To address these problems, the government has implemented a rural village development project, but if the site is selected incorrectly, the residents may not be recruited, or applicants may lose their status, or the portion of the infrastructure building fee may increase. In order to prepare objective and clear assessment methods for the target site not to cause such problems, a layering analysis method (AHP: Analytic Method) was used to identify the current status of the rural village formation project, draw assessment items, and determine the importance of each item.

Keywords: New village construction project; analytical hierarchy process; item release; setting weights

1. 서 론

수자원을 저장하여 활용하기 위해 축조되는 저수지는 이수 뿐만 아니라 재해예방, 유역환경관리, 친수공간 제공 등 다양한 기능을 수행한다. 우리나라에서는 약 17,300여개가 축조되었으며 대부분은 농촌지역이나 산간지역에 위치하고 있다. 1970년대 이후 축조된 저수지는 30%에 불과(Jee, 2011)한 실정이다. 최근 농업용저수지에 대한 패러다임 변화에 따라 기존의 농업용수공급의 이수와 홍수조절의 치수기능 외 다목적 기능(환경적 측면의 친수기능 등)을 부여하여 농업용저수지의 재개발이나 재정비를 통한 친수공간 제공으로 지역경제 활성화 등 사회 경제적 측면을 고려해야 한다(Kim, 2009)는 의식이 확산되고 있으며, 농업용저수지 수변을 이용한 지역민과 도시민의 휴양공간과 도농교류 공간 등을 조성하여 농어촌의 소득과 일자리 창출로 지역경제를 활성화해야 한다

(Ko, 2011).

이러한 저수지 수변개발을 위해 KRCC(2011)는 저수지 수변개발 디자인 공모사업을 추진하거나, 예당저수지, 업성저수지, 잠흥저수지, 문호저수지 등 공원조성이나 산책로, 자전거길을 조성하는 사업이 진행 중이나 이수, 치수 등과 연계되지 못하여 있는 실정이다. 이러한 문제점을 보완하고자 Kim(2008) 등은 이수, 치수, 친수 등을 모두 고려할 수 있는 농업용 저수지의 최적 정비모델을 개발하여 예산군의 12개 저수지에 적용한 바 있다. 수해인원을 고려한 최적 정비모델이 게임이론을 적용하여 농업용저수지의 다목적 최적정비방안을 도출하였다는 의미를 가지고 있으나 2005년도 자료를 바탕으로 2007년도를 기준으로 이루어져 현상변화를 반영하지 못하고 있으며, 외부 관광객에 따른 효과를 반영하지 못하는 한계가 있다.

본 연구에서는 충청남도 예산군에 있는 예당저수지를 대상으로 농업용저수지최적정비모델을 이용한 재정비로 현황변화에 맞는 효율적인 예당저수지 정비방안을 도출하고, 예당저수지 인근 주요관광지와 예당저수지 주요 관광수요 및 특징을 분석하며, 2015년 자료를 바탕으로 이수, 치수, 친수 등 기능특성별 2017년 수해인원을 추정하여 모델개발 시점인 2007년도와 비교하여 그 결과를 분석하고자 한다.

^a Deputy Director, KRC Region Development Department, Korea Rural Community Corporation

^b PhD Student, Department of Agricultural and Engineering, Kongju National University

^c Professor, Kongju National University

[†] Corresponding author

Tel.: +82-10-5589-2686 Fax.: +82-41-330-1269

E-mail: ruralplan@kongju.ac.kr

Received: January 22, 2019

Revised: March 6, 2019

Accepted: March 7, 2019

II. 최적정비모델

1. 연구대상

본 연구의 대상지는 충청남도 예산군 대흥면, 응봉면, 신양면, 광시면 일대 삼교천수계에 위치한 예당저수지로 1964년 12월에 준공되어 홍수빈도 200년, 한발빈도 10년, 시트법상 1종인 시설물로 선정하였다. 예당저수지는 주로 예산군과 당진시의 농경지, 삼교평야(插橋平野)를 포함하고 있는 예당평야에 농업용수를 공급한다. 예산군과 당진시의 앞 글자를 따서 지은 명칭으로 예당호(禮唐湖), 예당지(禮唐池)로 부르며 관광지로도 유명하다. 예당저수지의 제원을 보면 만수위 22.5m, 총저수량 4,607만 톤, 단위저수량 459.46m³/m, 수문 총연장 313m, 수문 높이 13.3m, 수문 26련, 저수지 둘레 40km, 너비 2km, 길이 8km, 수해면적 6,917ha, 만수면적은 1,088ha, 유역면적 37,360ha, 홍수면적은 1,180ha, 관개면적은 8,827ha로 예당저수지는 한국농어촌공사 예산지사에서 관리하고 있다. 예당저수지는 예산군을 비롯한 충청남도 서부 및 북부 지역의 관개수 및 농업용수, 식수원의 공급에 기여하고 있으며 삼교천 유역내 농업용 저수지중 유일하게 홍수조절 기능을 갖춘 저수지로 홍수위는 EL.22.5m, 우기시 계획홍수위는 EL.21.5m로 유지하고 있다(한국농어촌공사 농업기반관리시스템, 2019).

예당저수지는 겨울철 얼음낚시 외에 초봄부터 늦가을까지 낚시를 할 수 있다. 주로 붕어, 잉어를 비롯해 뱀장어, 가물치, 동자개, 미꾸라지 등 민물에 사는 물고기 대부분을 잡을 수 있다. 예당저수지는 낚시터뿐만 아니라, 1986년 응봉면 예당저수지 일대가 예당국민관광지로 지정, 개발되어 다양한 휴양지 역할도 수행하고 있으며 예당호 출렁다리가 2018.12.준공되어 2019.04. 개통준비 중에 있다. 주변의 관광지로 수덕사, 예산 윤봉길 의사 유적[사적 제229호], 덕산온천, 덕수산, 임존성, 의좋은 형제공원 등이 있다. 이처럼 예당저수지는 농업용수, 생활용수, 환경용수기능 등 이수, 치수와 더불어 친수공간제공 등 다양한 분야에서 사회경제적 기능을 수행하고 있다.

2. 농업용 저수지의 다원적 기능과 최적정비모델

농업용 저수지는 수량 확보, 생태계 보전, 관광 공간 제공, 공익적 기능을 제공하고 있다. 다양한 저수지의 기능 중에서 이수기능, 치수기능, 친수기능은 정량적으로 표현할 수 있지만, 정규화 되어 있지 않아 과대추정 혹은 과소추정의 가능성이 있다. 이수기능은 농작물을 재배하기 위한 농민에게 유용하며, 수익이 발생하는 시간은 저수지의 관개일수로 볼 수 있다. 치수기능은 하류부 거주민의 침수방지와 재해예방에 유

용하며, 수익이 발생하는 시간은 홍수기로 볼 수 있다. 친수기능은 저수지 가까운 곳에 거주하는 주민에게 이익이 되고 수익 시간은 방문일수로 볼 수 있다. 이를 Table 1과 같이 정리하여 수익일수를 계산하였다.

Table 1 Benefit people of agricultural reservoir by function

Function	Beneficiary	Beneficiary days per year
water use	farmer	farmer numbers × water supply days
flood control	resident	resident numbers × flood days
water friendly	neighborhood	neighborhood numbers × visiting days

농업용 저수지의 최적정비모델을 개발하기 위해서 이수기능, 치수기능, 친수기능으로 분류하여 설정하였다. 수해인원을 바탕으로 최적정비방안을 수립하기 위해서 현재 저수지에 존재하는 수해인원을 조사해야 한다. 농업용 저수지의 다원적 기능 중 최적정비방안을 위한 기능별 주체는 이수기능의 농민, 치수기능의 저수지 하류부 주민, 그리고 친수기능은 저수지 주변 주민으로 정의할 수 있다.

농업용 저수지의 다원적 기능에 따른 최적정비모델은 Lee(2008)가 개발한 시스템분석을 통해 농업용저수지의 효용함수와 제약조건을 유도하여 최적식을 정식화하였다. 최적식은 목적함수와 제약조건으로 설정하였다. 목적함수는 저수지 시설 정비와 친수시설 설치를 통해 수해자를 최대화하는 것으로 다음의 식 (1)과 같이 설정하였다.

$$Max (UP+ SP+ FP) \tag{1}$$

여기서, *UP*: Use population days): 이수혜인일, *SP*(Safe population days): 치수혜인일, *FP*(Friendly population days): 친수혜인일이다.

Kim(2008)의 경우 개보수사업 시행 시 발생할 수 있는 이수수혜인일의 한계를 고려하지 않았으나 본 연구에서는 이를 고려하여 이수수혜인일을 시설물이 이수에서 차지하는 비중치와 잠재이수혜인일, 안전진단등급에 따른 이수 잔여를 곱하고, 상부경계에 해당하는 총 물량에서 시설별 정비 물량을 곱해 산정하였으며 다음의 식 (2)와 같다.

$$UP = \sum UW_i \times PUP \times (1 - D_i) \frac{M_i}{TM_i} \tag{2}$$

여기서, UW_i (Use weighting): 이수가중치, PUP (Potential use population days): 잠재이수수혜인일, D_i (Deterioration): i 번째 부위의 노후화도, M_i (Mount): 정비물량 TM_i (Total mount): 총사업물량을 의미한다.

치수수혜인일은 시설물이 치수에서 차지하는 가중치와 잠재치수수혜인일, 안전진단등급에 따른 치수잔여를 곱하고, 상부경계에 해당하는 총 물량에서 시설별 정비 물량을 곱해 산정하였으며 다음의 식 (3)과 같다.

$$DP = \sum SW_i \times PSP \times (1 - D_i) \frac{M_i}{TM_i} \quad (3)$$

여기서 SW_i (Safety weighting): 치수가중치, PSP (Potential safety population days): 잠재치수수혜인일, D_i (Deterioration): i 번째 부위의 노후화도, M_i (Mount): 정비물량 TM_i (Total mount): 총사업물량을 의미한다.

친수수혜인원은 친수시설 물량과 친수시설의 일일수용인원과 체류시간에 365일을 곱으로 산정되며 다음의 식 (4)와 같다.

$$FP = \sum BPD_i \times T_i \times 365 \times M_i \quad (4)$$

여기서 BPD_i (Benefit population per day): 일일 수혜인원, T_i (Stay time): 체류시간, M_i (Mount): 정비물량을 의미한다.

본 연구에서는 체류시간이 1시간 이상이면 1인이 1일 방문하는 것으로 가정한 Kim(2008)의 연구를 차용하였으며, 그 단위를 인일로 설정하였다. 수혜인원을 고려한 최적정비모델에서 제약조건은 유지관리비, 잠재 이수수혜인일, 잠재 치수수혜인일, 잠재 친수수혜인일, 노후화를 기준으로 설정하였다. 유지관리비는 주어진 사업비 이내에서 집행되어야 하므로 다음의 식 (5)와 같이 설정하였다. 초기 공사비에 대한 5%를 연간 유지보수 비율로 가정하였으며, 인플레이션과 물가상승률을 고려해서 7%의 이자율을 사용하였다.

$$TMC < (I \times MR) \times (IR)^{nyear - cyear} \quad (5)$$

여기서, TMC (Total maintenance costs): 총유지관리비, I (Initial costs): 초기공사비, $nyear$: 현재년도, $cyear$: 설치년도, MR (Maintenance ratio): 유지보수비율, IR (Interest ratio): 이자율을 의미한다.

또한, 식 (6)과 같이 총공사비는 개별공사비의 단순 합으로 설정하였다.

$$TMC = \sum M_i \times C_i \quad (6)$$

여기서 TMC (Total maintenance costs): 총유지관리비, M_i (Mount): 정비물량, C_i : i 번째 시설의 단위당 단가를 의미한다.

저수지의 정비 및 친수시설 정비에 따른 효용의 한계를 다음의 식 (7)에서 (9)로 설정하였다. 농업용수를 이용하는 농민수와 치수기능을 활용하는 하류부 주민수, 친수기능을 활용하는 주변주민수를 이용한 총 수혜인일에서 저수지 기능저하에 따른 감소를 고려하였다.

$$PUP < TUP - CUP \quad (7)$$

여기서, PUP (Potential use population days): 잠재 이수수혜인일, TUP (Total use population days): 총 이수수혜인일, CUP (Current use population days): 현재 이수수혜인일을 의미한다.

$$PSP < TSP - CSP \quad (8)$$

여기서, PSP (Potential safety population days): 잠재 치수수혜인일, TSP (Total safety population days): 총 치수수혜인일, CSP (Current safety population days): 현재 치수수혜인일을 의미한다.

$$PFP < TFP - CFP \quad (9)$$

여기서, PFP (Potential friendly population days): 잠재 친수수혜인일, TFP (Total friendly population days): 총 친수수혜인일, CFP (Current friendly population days): 현재 친수수혜인일을 의미한다.

현재수혜인일은 식 (10)에서 (11)과 같이 안전진단결과를 토대로 저수지 부위별 노후화 정도와 부위별 기능, 안전의 가중치를 고려하여 현 수혜인일을 설정하였다.

$$CUP = \sum TUP \times UW_i \times D_i \quad (10)$$

여기서, TUP (Total use population days): 총 이수수혜인일, UW_i (Use weight of i): i 번째 부위의 이수중요치, D_i (Deterioration of i): i 부위의 노후화정도를 의미한다.

$$CSP = \sum TSP \times SW_i \times D_i \quad (11)$$

여기서, TSP (Total safety population days): 총 이수수해인 일, SW_i (Safety weight of i): i 번째 부위의 이수중요치, D_i (Deterioration of i): i 부위의 노후화정도를 의미한다.

III. 예당저수지 관광 특징 및 수요 분석

1. 예당저수지 인근 주요 관광지 분석

먼저 봉수산 자연휴양림은 천연림과 인공림의 조화를 이룬 산림휴양시설로, 예당저수지와 접해 있으며 우수한 자연경관을 보유하고 있다. 봉수산 자연휴양림은 2007년 개장하여 다양한 산림휴양시설을 갖추고 있다. 휴양림 내 등산코스는 1시간에서 3시간으로 다양하게 구성되어 있고 비교적 완만한 등산로가 특징으로 가족 및 동호회 단위의 등산객이 많다. 봉수산 자연휴양림은 숲 사이에 위치한 숲속의 집, 광장, 전망데크, 숲체험장 등의 부대시설이 갖춰져 있다. 숲속의 집은 예당저수지를 바라보고 있어 전망이 좋고 8인까지 함께 사용할 수 있어 숙박시설로 사용된다(<http://www.bongsoosan.com/>).

두 번째로 예산군 대흥면은 풍요로운 자연생태를 보존하고 전통문화를 계승하며, 지역민의 활발한 상호활동을 통해 2009년 슬로시티로 인증 받아 체험마을을 운영 중이다. 예산군 대흥면은 우수한 생태환경과 전통문화 및 예술로서, 신안증도, 완도 청산, 장흥 유치, 담양 창평, 하동 악양에 이어 국내 여섯째 슬로시티로 지정되었다.

대흥 슬로시티는 다양한 어종과 수생식물이 자생하는 예당호수와 옛 백제성터가 남아 있는 봉수산 등의 자연생태 보존이 우수하고, 임존성, 대흥동헌, 대흥향교 등 내포지역 역사문화를 고스란히 담고 있다. 매년 4월-11월경 둘째 주 토요일에는 의좋은 형제 장터가 개장되어 지역농산물을 거래할 수 있으며, 매년 10월경에는 의좋은 형제축제가 개최되어 귀농체험 프로그램 및 다양한 농촌체험과 더불어 포토존, 그네타기, 자전거 대여 등의 체험을 통한 여가활동이 가능하다(<http://www.slowcitydh.com/>).

마지막으로 예당저수지는 예산군 대흥면, 응봉면, 광시면, 신양면 일대에 전국에서 가장 큰 면적(100 km²)을 가진 저수지로, 1986년 후사리 일원에 예당관광지가 지정되어 2015년까지 단계적으로 조성되었다. 예당관광지는 예산군의 주요관광거점 중 하나로, 4만 3천 평 규모의 관광지로서 공공편의시설인 주차장, 야영장, 산책로 등 다양한 시설이 조성되어 있다.

국내서 가장 넓은 면적의 예당지와 접하여 친환경적인 관광지로 개발되었다. 예당저수지 주변의 산책로와 팔각정은 예당저수지를 한눈에 들여다보며 운치를 느낄 수 있도록 조성되었으며, 예산군의 수려한 경관에 의해 휴식을 찾는 것을 목적으로 한다.

예당저수지에서 매년 3월말 경 낚시대회가 열리고 있으며, 예산 낚시대회는 약 2만 여 평에 700여 명이 낚시인들이 찾는 중부권 최대의 저수지 낚시터로 자리매김 하여 관광객뿐만 아니라 인근 지역주민과 사시사철 낚시꾼의 명소로도 활용된다. 또한, 관광지내 조성된 야영시설로는 A지구와 B지구로 나뉘어 조성되어 있으며, 무료개방으로 지역민 및 주변 지역의 관광객들이 주말쉼터공간으로 이용되고 있다(http://www.yesan.go.kr/tour/sub01_01_02_01.do).

2. 예당저수지 관광수요와 특징 분석

가. 관광

예산군 소재의 관광지를 대상으로 연간 관광객 추이를 살펴보면 Table 2와 같이 연평균 약 165만 명의 관광객이 방문하고 있으며, 봄에서 가을 사이에 방문객이 집중되어 있다. 2013년에서 2017년까지 최근 5년간의 관광객 추이를 살펴보면 연평균 약 165만 명의 관광객이 예산군의 관광지를 방문하고 있는 것으로 나타나고 있다. 월별로는 월평균 약 14만 명의 방문객이 지속적으로 예산군 소재의 관광지를 방문하고 있으며, 특히 수덕사와 덕산온천관광지 등으로 4월에서 9월 사이에 방문객이 집중되고 있으며 상대적으로 겨울철인 1월과 2월에는 관광객의 방문이 매우 감소하는 것으로 나타났다.

Table 2 Annual tourists in tourist attractions

Sites	2013	2014	2015	2016	2017	Average
Deoksan spa tourist site	539,089	496,112	511,509	527,690	573,648	529,610
Sudeoksa	1,079,730	896,703	612,345	522,296	334,441	689,103
Daehung slow city	5,708	8,334	9,250	7,847	3,993	7,026
Bongsoosan natural forest	32,829	34,850	57,284	42,609	82,281	49,971
Korea traditional architecture museum	39,018	25,966	75,649	25,809	19,877	37,264
Yedang tourist site	-	-	-	101,265	198,832	-
Yesangun tourist site	1,883,228	1,461,965	1,266,037	1,672,108	1,963,128	1,649,293

Tourism knowledge & information system, 2018.

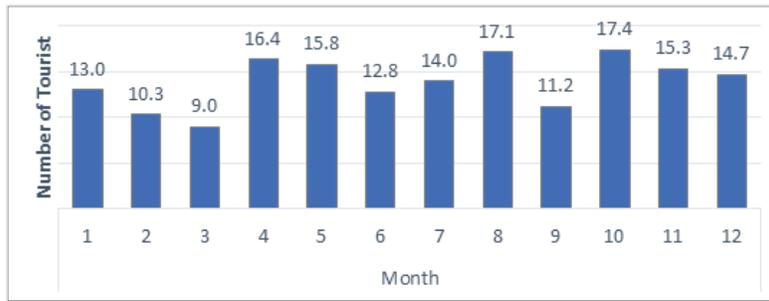


Fig. 1 Distribution of Yesangun 2016 tourists by month (Yesangun, 2017)

관광수요 예측을 위해 문화체육관광부의 ‘제3차 관광개발 기본계획(안)’에서 제시한 충청남도 관광객 수급 계획을 고려 하면 2021년 충남의 총 관광객은 45,701천 명으로 예측되었다 (MCST, 2011). 충청남도 관광수요는 Fig. 1과 같이 2016년 내 국인 관광객 39,139천 명과 외래 관광객 383천 명으로 총 39,521천 명으로 산정되었으며, 2021년 내국인 관광객은 45,126천 명과 외래 관광객 575천 명으로 총 45,701천 명으로 예측되었다.

나. 예당저수지 주요 관광지를 연계한 동선개발

본 사업은 예당저수지, 봉수산 자연휴양림, 대흥슬로시티, 예당관광지 등의 관광지와 연계된 관광루트를 개발하여 예산군의 새로운 거점관광명소로서의 발전을 도모하고 있다. 예당저수지는 우수한 주변경관으로 발전 잠재력이 높은 곳으로 연계 프로그램의 강화를 통하여 ‘여유롭게 머물고 느끼기’의 감성을 체험할 수 있도록 공간으로 조성될 수 있다. 예당저수지 연계사업은 봉수산 휴양림, 예당관광지, 물넘이 수변공원을 연결하여 걷는 길을 확장하고 통합된 친환경 명품 수변관광 권역을 조성하였다.

예당 느린호수길은 관광지간 연계성 확보를 위해 기존에 조성된 예당관광지의 산책로와 의좋은 형제공원의 느린 꼬부랑길을 연계한 산책로이다. 지역민의 삶의 질을 향상시키기 위해 예산읍과 예당저수지를 보행도로로 연결하여 관광객의 보행동선을 확보하고, 관광산업을 발전시키는 것을 목적으로 한다.

IV. 최적정비모델을 이용한 최적정비방안 분석

예당저수지는 만수면적 1,087ha, 저수량 4천710만m³. 만수위는 22.5m이며, 1952년 착공하여 1964년 준공되었으며, 약 867백만 원의 공사비가 소요된 국내에서 가장 큰 저수지이다. 예당저수지의 유역은 인가면적 10,005ha, 관개면적 6,917ha, 유역면적 37,360ha, 그리고 만주면적 1,088ha로 구성되어 있

다. 예당저수지의 저장 가능한 수량은 총 47,103천m³이며, 유효저수량 46,070천m³, 사수량 1,033천m³으로 구성되어 있으며, 단위저수량은 459mm이다.

1. 예당저수지 기능특성별 수혜인원 추정

가. 이수기능에 따른 수혜인원

농업용 저수지의 이수기능에 따른 수혜자는 예당저수지를 수원의 용수를 이용하는 농민으로 설정된다. 농업용수는 취수탑을 시작으로 용수로를 통하여 전달되므로 농업용수의 이용은 저수지의 하류에 위치하는 농민이 혜택을 받는다. 따라서 예당저수지를 포함하는 읍면의 농민이 저수지의 이수혜택을 받는다고 가정하였다. 예당저수지를 포함하는 예산군 소재의 읍면은 Fig. 2와 같이 총 5개 지역으로 대흥면, 신암면, 예산읍, 오가면, 응봉면이 포함된다.

인구통계를 바탕으로 산정된 이수수혜인원인 농민의 수는 Table 4과 같이 2005년 8,052명, 2015년 10,059명으로 조사되었다(KOSTAT, 2018). 10년 사이에 예당저수지 인근 지역의

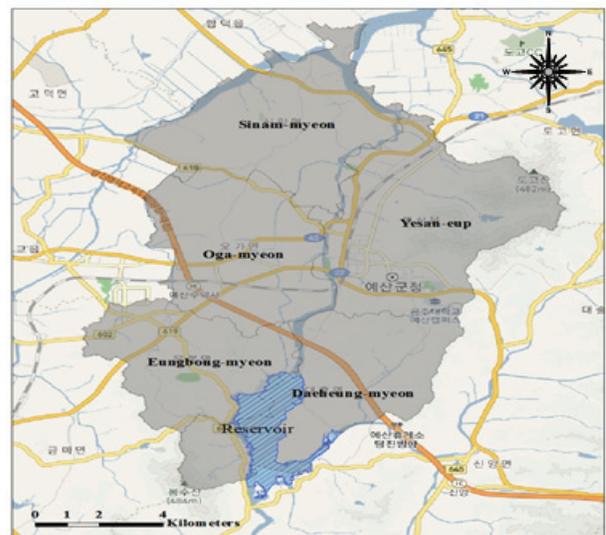


Fig. 2 5 Eupmyun in beneficiary area

Table 3 Farmer status and change in beneficiary area of Yedang reservoir

Area	2005	2015	Change ratio(%)
Daeheung-myeon	669	812	△ 21.4
Shinam-myeon	1,771	1,753	▼ 1.0
Yesan-eup	2,203	3,921	△ 78.0
Oga-myeon	2,118	2,373	△ 12.0
Eungbong-myeon	1,291	1,200	▼ 7.0
Total	8,052	10,059	△ 25.0

Census of agriculture, forestry and fisheries 2005, 2015

농민 수는 약 25% 증가하였다. 지역별로 살펴보면 대흥면, 예산읍, 오가면의 농업인구는 증가하였으며, 신암면과 응봉면은 감소하였다.

나 치수기능에 따른 수해인원

치수수해인원은 예당저수지의 붕괴로 침수가 발생 가능한 인원으로 산정되어야 한다. 저수지의 붕괴로 인한 침수는 하천을 주변으로 발생할 가능성이 크기 때문에 본 연구에서는 하천에 접해있는 법정리 마을에 거주하는 인구로 설정하였다. 법정리 마을의 인구는 읍면동 단위 이하의 행정구역으로 통계

Table 4 Building and population per house status in Yesangun

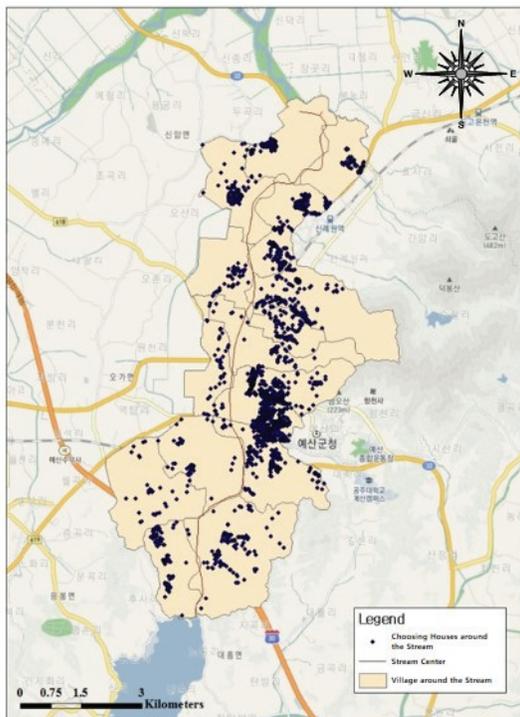
Year	Population	Buildings	Population per house
2005	87,996	18,976	4.7
2015	81,337	21,206	3.8

Population(resident registration statistics),
Buildings(building register)

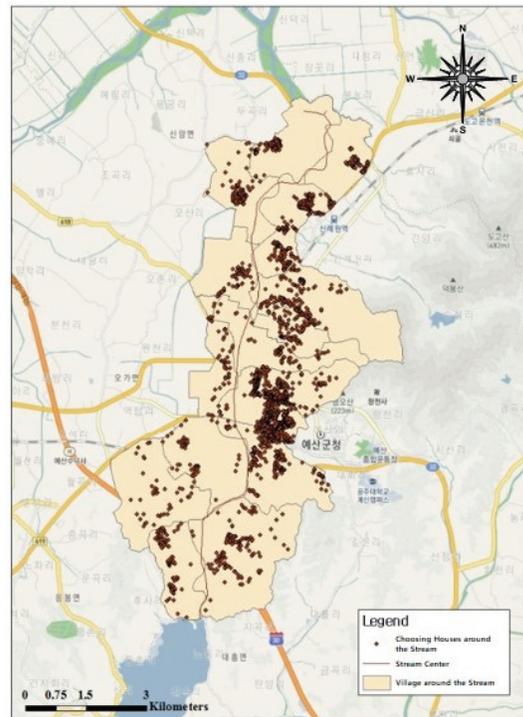
의 제공이 이루어지지 않으므로 본 연구에서는 법정리에 위치하는 주택의 수를 기준으로 인구수를 추정하였으며, 이를 위하여 예산군의 전체주택과 전체인구의 비율을 이용하였다.

예산군의 전체주택은 Table 4과 같이 2005년을 기준으로 18,976개로 조사되었으며, 인구수는 87,996명으로 조사되어 1주택당 인구수는 4.7명으로 조사되었다. 또한, 2015년을 기준으로 주택은 21,206개로 조사되었으며 인구는 81,337명으로 1주택당 인구수는 3.8명으로 분석되었다.

하천에 접해있는 법정리의 주택의 수는 Fig. 3과 같이 2005년을 기준으로 2,713의 주택이 추출되어 치수수해인원은 12,751명으로 분석되었으며, 2015년을 기준으로 2,918개의 주택이 추출되어 치수수해인원은 11,088명으로 분석되었다.



(A) houses in flooding area of 2005



(B) houses in flooding area of 2015

Fig. 3 Houses in flooding area

다. 친수기능에 따른 수해인원

친수수해인원은 저수지 주변가옥에 경관, 쉼터, 만족감 등으로 수해를 보는 인원을 의미하므로 저수지 외곽선에 도보로 이동이 가능한 구간의 건축물 수를 추정하고 1주택 당 인구를 곱하여 친수수해인구를 추정하였다.

저수지에서 도보로 이동이 가능한 범위의 주택의 수를 추출하기 위하여 도보로 이동이 가능한 범위는 500m로 설정하였다. 해당저수지로부터 500m의 범위 내에 포함되는 건축물 수는 2005년 505개, 2015년 602개로 조사되었다.

위에서 산정된 연도별 1주택 당 인구수의 곱으로 최종적인 친수수해인원을 산정한 결과, Fig. 4와 같이 2005년 2,374명, 2015년 2,288명이 해당저수지로부터 친수기능 혜택을 받는 것으로 분석되었다.

2. 해당저수지 시대변화에 따른 최적정비방안 비교

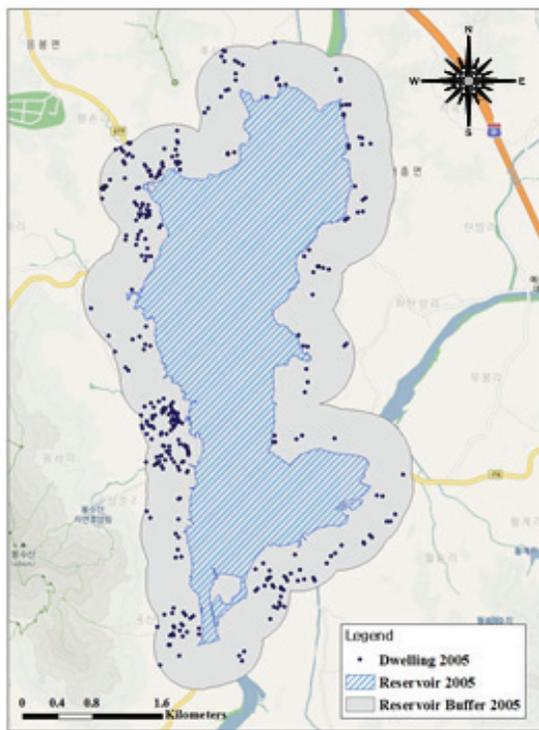
가. 농업용 저수지 개보수사업

현행 저수지 설계 기준으로 개정되기 이전에 건설되었거나 노후로 인하여 기능이 저하되어 저수지의 홍수배제 능력이 부족한 농업용 저수지에 대하여 개보수 사업이 진행된다. 이러한 개보수 사업의 주요 내용으로는 저수지의 이수 기능을

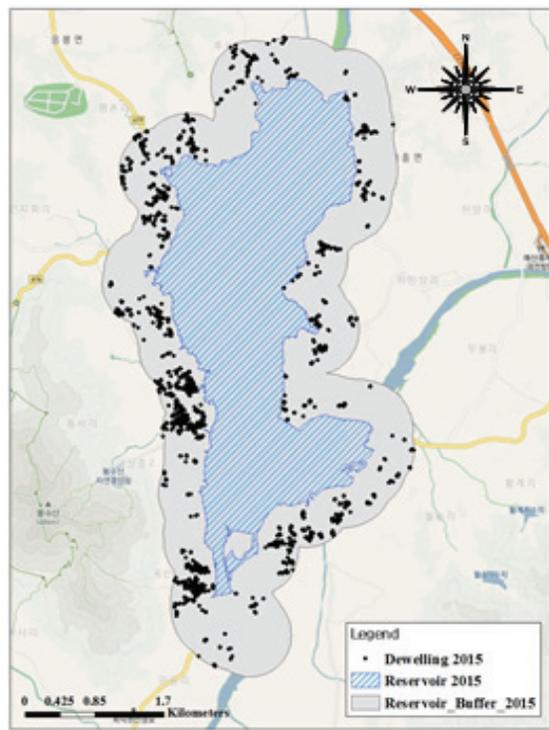
회복시키는 것과 더불어 노후화되어 농촌경관을 저해하고 있는 시설에 대하여 리모델링을 수행하고, 수리시설의 안전진단 및 재해예방 계측시스템을 설치하는 것이다. 이를 통해 수리시설의 안전성과 유지관리 상태를 파악하여 재해를 사전에 방지하고 시설물의 효용성을 증진하는 것을 목적으로 한다.

농업용 저수지를 구성하고 있는 수리 시설물은 제체, 여수토, 방수로, 정수지, 취수탑 등이 있으며, 각 수리 시설물의 종류에 따라 정비사업의 단가가 다르므로 최적정비방안을 도출할 때 고려가 필요하다. Kim(2008)은 수리 시설물의 종류에 대하여 정비사업의 단가를 Table 5와 같이 제시하였으며, 이를 바탕으로 현 시점에서의 정비사업으로 환산하기 위하여 '07년에서'17년 기간 통계청 통계정보 물가 상승률(120%)과 재해복구비 단가 상승률(132%)을 평균하여 126%를 적용하였다.

개보수 시설설치 비용은 시설의 기능인 이수 혹은 치수에 따라 설치비용이 달라지므로 가중치를 적용하여 산정할 수 있으며, 친수시설은 저수지와 상관없이 독립적으로 설치할 수 있다. 이수와 치수기능에 따른 시설비용의 가중치는 Lee(2004)의 연구로부터 Table 6과 같이 농업용 저수지를 구성하는 시설의 정밀안전등급과 이수 가중치, 치수가중치를 적용하여 산정하였다.



(A) houses in neighborhood area in 2005



(B) houses in neighborhood area in 2005

Fig. 4 Houses in neighborhood area

Table 5 Equipment unit cost of each facility(Won)

Facility name	Unit	Cost(1,000Won) of 2007	Cost(1,000Won) of 2017
Dam crest	m	5,000	6,300
Upstream slope	m ²	1,200	1,512
Downstream slope	m ²	2,000	2,520
Spillways crest	m	10,000	12,600
Outlet channel	m	10,000	12,600
Stilling basin	each	90,000	113,400
Operating platform	each	20,000	25,200
Outlet tower	each	300,000	378,000
Conduit	m	3,000	3,780

※ Inflation ratio : Adapt 120% by statistical data of National statistical office from 07 to 17 year

※ Natural disaster relief expenditure : Adapt 132% by averaging ministry of agriculture, food and rural affairs and ministry of the interior and safety criteria

Table 6 Weighting score of each facility for usage and preventing flood disaster

Facility name	Safety score	Water use	Flood control
Dam crest	C (0.6)	0	0.0948
Upstream slope	B (0.8)	0.09	0.0632
Downstream slope	B (0.8)	0.16	0.632
Spillways crest	D (0.4)	0.1222	0.1386
Outlet channel	D (0.4)	0.0754	0.0504
Stilling basin	C (0.6)	0.0624	0.021
Operating platform	C (0.6)	0.0588	0
Outlet tower	C (0.6)	0.2597	0
Conduit	C (0.6)	0.1715	0

친수기능을 가진 시설은 Kim(2008)의 경우 정자, 조류관찰 시설, 음수대, 친환경 화장실, 벤치, 진입로, 자전거 도로, 수변 산책로, 호안 석축, 체육 및 이벤트 공간, 주차장, 환기조절 시설, 폭기시설에 대하여 시설별 일일 수혜인원과 방문시간, 그리고 단가를 산정하였으나, 시설별 공종이 달라 표준화가 어렵고 변수가 많아져 모델의 정합성이 떨어지는 문제점을 보완하기 위하여 본 연구에서는 도로/산책로 등 선형 시설과 생태공원 등 면형시설로 Table 7과 같이 단순화하여 산정하였다.

Table 7 General characteristics of water friendly facilities

Facility	Unit	Upper limits	Beneficiary person per day	Visiting time(hour)	Unit cost(1,000 win)	
					2007'	2017'
Bicycle road / Water trail	70m	20km	200	0,2	21,000	26,410
Water amenity space	330m ²	9,2ha	150	0,5	33,000	46,580

나. 최적정비방안 도출 및 비교

본 연구에서는 수혜인원을 최대화 할 수 있는 최적정비방안을 2007년과 2017년을 기준으로 산정하였다. 2007년도 개보수사업 단가는 기존의 정보를 그대로 이용하였으며, 수혜인원은 인구통계와 공간정보 등을 활용하여 재 산정하였다. 개보수사업비는 인플레이션과 물가상승률을 7%의 이자율과 초기공사비에 5%를 연간 유지보수비율로 가정하였으며 5년간의 유지보수비를 합산하여 개보수하는 것으로 산정하였다.

그 결과 Table 8과 같이 조건을 줄 수 있었다. 예당저수지 이수수혜지역인 대흥면, 신암면, 예산읍, 오가면, 응봉면의 2005년도 농민 수는 8,052명이며, 저수지 붕괴 시 침수 가능한 주택의 수는 2,713호로 1주택당 인구수 4.7명을 곱하면 하류 부주민수는 12,751명으로 산정할 수 있고, 도로로 이용 가능한 건축물은 505채로 2,374명으로 산정하였다.

또한 현재수혜인원은 안전진단등급과 이수, 치수 가중치를 바탕으로 산정하였으며, 친수의 경우 Kim(2008)의 연구와 마찬가지로 1/3이 수혜를 받는다고 가정하여 산정하였다.

2007년도를 기준으로 모델을 재운용한 결과는 Table 9와 같이 제당내제사면, 제당외제사면, 여수토언체 일부, 방수로, 정수지, 취수운영체계, 취수탑, 연결수로 공사와 친수공간조성 등으로 총수혜인원 972,376인일로 나타났으며 기존모델 운영결과(Kim, 2008)는 총수혜인일이 1,330,553이었던 것과 비교해 보면 보다 현실적인 모델운영으로 판단된다.

Table 8 Initial condition in 2007 year

Category	Farmers	Residents	Neighborhood
Population	8,052	12,751	2,374
Days	180	90	365
Total days	1,476,900	1,147,590	866,510
Current days	827,773	645,175	288,837
Potential days	649,127	502,415	577,673

Table 10 Initial condition in 2017 year

Category	Farmers	Residents	Neighborhood
Population	10,059	11,088	2,288
Days	180	90	365
Total days	1,810,620	997,920	835,120
Current days	1,014,816	561,031	278,373
Potential days	795,804	436,889	556,747

Table 9 Operating results in 2007 (cost = 3,969,400, population = 972,376)

Facility	Variables	Upper limit	Costs	Use Population	Safety Population	Friendly Population
Dam crest	0	314.5	0	0	0	
Upstream slope	722	722.2	866,400	23,362	12,698	
Downstream slope	722	722.2	1,444,000	41,533	126,975	
Spill way crest	2	247.5	20,000	385	338	
Outlet channel	20	20	200,000	29,367	15,193	
Stilling basin	1	1	90,000	16,202	4,220	
Operating platform	1	1	20,000	15,267	0	
Intake tower	1	1	300,000	67,431	0	
Conduit	112	112	336,000	44,530	0	
Bicycle road / Water trail	0	36	0			0
Water amenity space	21	100	693,000			574,875
				238,077	159,424	574,875

Table 11 Operating results in 2017 (cost = 3,938,142, population = 926,541)

Facility	Variables	Upper limit	Costs	Use Population	Safety Population	Friendly Population
Dam crest	0	314.5	0	0	0	
Upstream slope	11	722.2	16,632	436	168	
Downstream slope	719	722.2	1,811,880	50,706	109,956	
Spill way crest	0	247.5	0	0	0	
Outlet channel	20	20	252,000	36,002	13,212	
Stilling basin	1	1	113,400	19,863	3,670	
Operating platform	1	1	25,200	18,717	0	
Intake tower	1	1	378,000	82,668	0	
Conduit	112	112	423,360	54,592	0	
Bicycle road / Water trail	3	28	79,230			43,800
Water amenity space	18	278	838,440			492,750
				262,985	127,006	536,550

개발된 모델을 2017년도에 적용하기 위하여 Table 10과 같은 초기조건을 설정하였다. 예당저수지 이수수혜지역인 대흥면, 신암면, 예산읍, 오가면, 응봉면의 2015년도 농민 수는 10,059명으로 2005년도 보다 증가하였으며, 저수지 붕괴 시

침수 가능한 주택의 수는 2,918호로 1주택당 인구수 3.8명을 곱하면 하루부주민수는 11,088명으로 산정할 수 있고, 도보로 이용 가능한 건축물은 602채로 2,288명으로 산정하였다.

2017년도를 기준으로 모델을 운용한 결과는 Table 11과 같

Table 12 Operating results in 2007 with visiting persons (cost = 3,964,220, population = 1,055,662)

Facility	Variables	Upper limit	Costs	Use Population	Safety Population	Friendly Population
Dam crest	0	314,5	0	0	0	
Upstream slope	0	722,2	0	0	0	
Downstream slope	638	722,2	1,607,760	44,993	97,569	
Spill way crest	0	247,5	0	0	0	
Outlet channel	20	20	252,000	36,002	13,212	
Stilling basin	1	1	113,400	19,863	3,670	
Operating platform	1	1	25,200	18,717	0	
Intake tower	1	1	378,000	82,668	0	
Conduit	112	112	423,360	54,592	0	
Bicycle road / Water trail	0	28	0			0
Water amenity space	25	278	1,164,500			684,375
				256,836	114,450	684,375

이 제당내제사면, 제당외제사면, 방수로, 정수지, 취수운영체계, 취수탑, 연결수로 공사와 도로정비, 친수공간조성 등으로 총수혜인원 926,541인일로 나타났으며 2007년도와 비교해 보면 보다 이수, 치수에 의한 수혜인원은 증가하였으나 주변주민수가 줄면서 친수수혜인원이 줄어들어 전체적으로는 소폭 감소한 것으로 나타났다.

예당저수지는 예산군 주요관광지의 하나이므로 친수기능의 경우 관광객을 고려해야 한다. 따라서 2017년도 예당관광지 방문객수 198,832명이 1년에 1회 방문한다고 가정하여 주변주민수 2,288명에 방문객에 의한 효과를 더하여 2,833명으로 초기조건을 수정하여 최적정비모델을 운영했다.

그 결과는 Table 12와 같이 친수공간조성을 늘리는 쪽으로 나타났으며 동일한 공사비에서 총수혜인원이 증가하는 결과를 나타냈다. 이러한 효과는 예당저수지의 친수시설을 정량화하여 현재친수수혜인원을 재산정하면 더욱 커질 것으로 예상된다.

V. 요약 및 결론

본 연구에서는 농업용저수지최적정비모델을 재정리하여 시대변화에 맞는 효율적인 적용방안을 도출하고, 충청남도 예산군에 있는 예당저수지를 대상으로 인근 주요관광지와 예당저수지 주요 관광수요 및 특징을 분석하며, 이수, 치수, 친수 등 기능특성별 수혜인원을 추정하여 모델개발 시점인 2007년도와 비교하여 그 결과를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

예당저수지는 전국에서 가장 큰 면적을 가진 저수지로 기

존의 수리구조물이 수행하던 농업용수공급, 홍수조절기능 이외에 친수기능을 활용한 관광자원화 기능을 강화하기 위해 예당관광지 조성, 봉수산 자연휴양림, 의좋은 형제공원, 맑은 물 푸른농촌가꾸기사업, 착한 농촌체험세상 단지조성, 예당호 출렁다리조성, 강마을 漁울림사업 등 다양한 사업이 진행되고 있다.

예당저수지는 어업과 낚시 등 전통적으로 수행해 오던 산업관광 이외의 현대적인 가족단위의 관광객이 필요로 하는 체험프로그램이 부족한 실정으로 저수지 상류유역내 위치한 삼베길쌈마을, 광시한우타운과 예산군 시행예정인 예당호 착한농촌체험세상 등 지역의 다양한 자원도 연계할 수 있도록 개발되는 것이 바람직 할 것으로 특히, 저수지 상류에 조성되어 있는 황새복원센터 등은 독자적인 관광객 유입요인으로 작용함으로써 예당저수지에 적절한 관광프로그램이 개발된다면 연계하여 지역발전 효과를 극대화 할 것으로 판단된다.

농업용저수지 최적정비모델을 검토하는 과정에서 기존모델이 이치수수혜인원의 한계를 고려하지 않았음을 발견하여 본 연구에서는 이를 고려하여 이·치수수혜인원을 시설물이 이·치수에서 차지하는 비중치와 잠재이·치수수혜인원, 안전진단등급에 따른 이·치수 잔여를 곱하고, 상부경계에 해당하는 총 물량에서 시설별 정비 물량을 곱해 산정하는 것으로 모델을 수정하였다. 단, 예당저수지 기능특성별 수혜인원 추정-이수, 치수기능에서 인구수보다 관계면적, 피해면적으로 산출하는 것이 타당하나 본 연구에서 제시조건을 수혜 받는 사람을 기준으로 검토하였으며, 관계수로 및 취수탑 등 제당구조요소에서 유지보수 등 공사기간에 대하여는 비 영농기 공사시행으로 영농기 관계급수에 지장이 없는 현장여건으로 자문(시설관리자-한국농어촌공사 예산지사) 받아 검토 반영

하였으며 본 연구에서는 저수의 구조부재만을 대상으로 하여 지선수로까지 고려하지 못한 한계가 있으므로 향후 추가적인 고찰이 필요할 것이다. 이렇게 수정된 모델과 보다 세밀한 통계정보와 지형정보를 이용하여 이수, 치수, 친수 기능별 수혜인원을 재산정하여 2007년도를 기준으로 모델을 재운용한 결과는 제당내제사면, 제당외제사면, 여수토언제 일부, 방수로, 정수지, 취수운영체계, 취수탑, 연결수로 공사와 친수공간조성 등으로 총수혜인원 972,376인일로 나타났으며 기존모델은 영결과는 총수혜인원이 1,330,553이었던 것과 비교해 보면 보다 현실적인 모델운영으로 판단된다.

2017년도를 기준으로 모델을 운용한 결과는 제당내제사면, 제당외제사면, 방수로, 정수지, 취수운영체계, 취수탑, 연결수로 공사와 도로정비, 친수공간조성 등으로 총수혜는 926,541인일로 나타났으며 2007년도와 비교해 보면 보다 이수, 치수에 의한 수혜인원은 증가하였으나 주변주민수가 줄면서 친수 수혜인원이 줄어들어 전체적으로는 소폭 감소한 것으로 나타났다.

예당저수지는 예산군 주요관광지의 하나이므로 친수기능에서 관광객을 고려하여 모델을 운영한 결과 친수공간조성을 늘리는 쪽으로 나타났으며 동일한 공사비에서 총수혜인원이 증가하는 결과를 나타냈다. 이러한 효과는 예당저수지의 친수시설을 개량하여 현재친수수혜인원을 재산정하면 더욱 커질 것으로 예상된다.

예당저수지는 내포문화숲길 중 백제부흥스토리로드에 속하는 지역으로 상류의 소하천정비, 경관작물식재 등과 연계한다면 사업효과를 더욱 극대화 할 수 있을 것이다. 다만, 이러한 개발이 소비로 연결되기 위해서는 안정적 수량의 확보와 수질관리가 병행되어야 하며, 이를 위해 기존의 이수기능 보다는 친수와 치수기능을 강조할 필요가 있으며, 상류부 오염원 유입 차단이 선행되어야 할 것이며 하상의 오니준설토를 활용한 경관개선을 연계할 수 있는 방안을 강구해야 할 것으로 판단된다.

REFERENCES

1. Bongsoosan natural forest, 2018. Available at: <http://www.bongsoosan.com/>.
2. Commissioner of Statistics Korea (KOSTAT), 2018. Census of agriculture, forestry and fisheries, Available at: <http://kosis.kr/index/index.do>.
3. Daehung Slowcity, 2018. Available at: <http://www.slowcitydh.com/>.
4. Jee, H. K., 2011. Direction of balanced development of regions for application of agricultural reservoirs. *Water for Future* 44(9): 27-32 (in Korean).
5. 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). doi:10.5389/KSAE.2009.51.6.063.
6. Kim, S. W., et al., 2008. Development an optimum equipment model for agricultural reservoir considering beneficiary. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 50(6): 75-81 (in Korean). doi:10.5389/KSAE.2008.50.6.075.
7. Ko, S. H., 2011. Water resources management and waterfront application. *Water for Future* 44(9): 33-36 (in Korean).
8. Korea Rural Community Corporation (KRCC), 2011. Design Competition: New Paradigm of Reservoir Landscape Architecture, Landscape Architecture Korea.
9. Lee, J. K., 2004. Development of an advanced life cycle cost method by segregation of safety and function for agricultural facilities. PhD dissertation in Seoul National University (in Korean).
10. Ministry of Culture, Sports and Tourism (MCST), 2011. Third tourism development master plan, Available at: http://www.mcst.go.kr/web/s_notice/press/pressView.jsp?Seq=11856.
11. Tourism knowledge & information system, 2018. Available at: <https://www.tour.go.kr>.
12. Yesangun, 2017. 2017 Yesangun statistical year book.
13. Yesangun, 2018. Available at: http://www.yesan.go.kr/tour/sub01_01_02_01.do.