

다각적 위험요인을 고려한 농업용저수지 수문학적 안전성 평가 방법 개발 및 적용

Development and Application of Hydrological Safety Evaluation Guidelines for Agricultural
Reservoir with Multilateral Risk Factor

Jong Seok Park*, Kyoung Hoon Rhee**, Choon Seok Shim***,

Chang Lim Oh****, Yang Shil Yoon*****

Department of Civil Engineering, Chonnam National University, 77 Youngbong-ro, Puk-gu, Gwangju,
Korea

Abstract

In this study, an alternative hydrological safety evaluation method for agricultural reservoirs was proposed by examining diverse factors for the hydrological safety of agricultural reservoirs and selecting the optimal evaluation items, and by developing a digitized model. For each evaluation item, this model had the scores, which were quantified within the probabilistic range, and the separate importance values, which were derived from the analytic hierarchy process. Below conclusion was acquired based on the study done. Firstly, the results of the study indicated that in the short term, improving the safety check condition evaluation grade will be useful to improve the hydrological safety of the agricultural reservoir because it can be performed immediately. The improvement effect is limited, however, and the overall remodeling of the agricultural reservoir, which secures the discharge capacity of the spillway and adjusted to the freeboard of the levee body, is the efficient method in the long run. Secondly, according to the evaluation purpose and evaluator's need, the index section could be

* Tel. +82-062-530-0431. E-mail. victorypjs@jnu.ac.kr

** Corresponding author. Tel. +82-062-530-1656. E-mail. water@jnu.ac.kr

*** Tel. +82-062-530-0431. E-mail. haejung0440@hanmail.net

**** Tel. +82-062-613-4270. E-mail. ocr@korea.kr

***** Tel. +82-062-376-0449. E-mail. yys9900@naver.com

Submission & Publication Process

Received: Mar. 6, 2015 / Revised: Mar. 27, 2015 / Accepted: Apr. 10, 2015

to allow the subject fall within the highest grade A and lowest grade E.

Key words: Multilateral Risk Factor, Agricultural Reservoir, Hydrological Safety

국문초록

본 연구에서는 농업용저수지의 수문학적 안전성에 영향을 미치는 다양한 인자를 파악하고 이를 토대로 최적의 평가항목을 선정하며, 확률적 범위를 통해 정량화된 각 평가항목별 배점과 계층적의사결정법을 통해 도출된 각 평가항목별 중요도가 적용되는 계수화 모델을 개발함으로써 농업용저수지의 수문학적 안전성 평가를 위한 대안을 제시하고자 하였다. 연구결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 농업용저수지의 수문학적 안전성 확보를 위해서는 단기적 방안으로 신속한 개선이 가능한 안전점검 상태평가 등급의 개선이 유용하며, 장기적으로 여수로 방류능력과 제체의 여유고를 확보하는 방안이 필요할 것으로 판단된다. 둘째, 다양한 간격의 지표 구간 설정과 평가 결과의 분석을 통해 계수화 모델의 현장 적용성을 높여가는 노력이 필요할 것으로 판단된다. 마지막으로, 안전점검 상태평가 현장조사에 철저를 기하고 사전 전문가 회의 등을 통해 상태평가 등급결정의 객관성을 충분히 확보해야 할 것으로 판단된다.

주제어: 다각적 위험요인, 농업용저수지, 수문학적 안전성

1. 서론

최근 기상이변 및 이상기후로 인해 예상치 못한 극치사상이 빈번하게 발생하고 있다. 세계 각 국에서 발생한 홍수로 인하여 댐의 방류능력 부족은 댐 파괴로 이어지며 하류의 급격한 유량 증가는 사회 간접자본의 손실, 경제적인 비용 지출 증가, 인명손실 등의 결과를 초래하고 있다. 이러한 관점에서 댐의 비상여수로나 홍수저류공간의 설계는 이론적인 홍수량을 처리할 수 있고, 댐의 안전도와 건설비용 등 합리적인 수준으로 이루어져야 한다. 그러나 위험도가 큰 댐에 대해서 적절하고 합리적인 안전설계 기준을 선택하는 것은 수자원설계에서 여전히 해결하기 어려운 문제로 인식되고 있다. 이러한 이유로 댐 안전진단에 있어서 이에 대한 검토는 필수적이며 지금까지는 수리·수문학적인 불확실성을 극복하기 위하여 결정론적 방법으로 홍수량을 산정하고 저수지 홍수추적을 수행하여 여유고를 감안한 댐체 높이를 결정하였다(문영일·권현한, 2004). 외국의 경우 댐의 건설 시기(신축과 증축)에 따라 적용하는 유입홍수량에 대한 설계기준을 구분하고 있는 기관도 있으나, 댐의 결함이나 붕괴는 인명과 재산에 대한 위협에 있어 동일한 결과를 초래하므로 기존 댐들도 신규 댐을 위해 설정된 설계기준에 부합되도록 검토하는 것이 바람직하다고 할 수 있다(신철식 등, 2007). 현재 운영 중인 국내 일부 댐들의 경우 유입홍수량으로 가능최대홍수량(Probable Maximum Flood, PMF)을 적용하여 수문학적 안전성을 검토할 경우 댐체를 월류하거나 여유고가 부족한 것으로 나타나 홍수방어능력 확보를 위한 장기적인 계획을 수립·시행하고 있다. 미연방재난관리청(Federal Emergency Management Agency, FEMA, 2004)에서는 저수지 용량이 작고 댐이 붕괴되더라도 유출 홍수량을 크게 증가시키지 않는다

면 댐 하류의 범람 정도는 댐 붕괴 여부와 관계없이 근본적으로 동일하다고 볼 수 있으므로 용납할 수 있는 성질의 것으로 간주하고 있다.

현재 우리나라는 총 저수용량 1백만 m^3 이상 댐들에 대해서는 재해 및 재난을 예방하고 시설물의 효율성을 증진시키기 위하여 「안전검점 및 정밀안전진단 세부지침(댐)」 기준에 따라 정밀안전진단을 수행하고 있다. 이 세부지침은 2009년 3단계에 걸쳐 댐의 형식과 월류 여부, 댐 자체의 구조적 안전성뿐만 아니라 댐 하류부의 피해정도를 평가하여 보다 합리적이고 객관적인 댐의 능력을 평가하도록 개정되었다. 하지만 여러 평가 기준 중에 수문학적 안전성 평가는 가능최대홍수량에 대한 기존 댐 안전성을 평가하는 것으로 대부분의 농업용저수지에 대해서는 적용성이 많이 떨어진다(이재주 등, 2014). 더불어 여수로는 홍수위 조절을 할 수 없는 구조로 이루어져 ‘비구조적 대책’을 적용할 수 없을 것이다.

이렇듯 농업용저수지의 수문학적 안전성에 대한 정확한 평가는 수자원 개발, 저수지 주변 환경 개선, 홍수예방 및 홍수발생시 피해 최소화 등 유용한 정보를 제공할 것이다. 따라서 농업용저수지에 대해서는 가능최대홍수량에 대한 여유고 부족 또는 월류 발생 등의 조건을 I 단계로 검토한 후 만족하지 못할 경우에만 단계적으로 검토가 이루어지는 기존 평가보다는 가능최대홍수량과 농업용저수지 설계 기준홍수량을 모두 고려하여 수문학적 안전성 평가에 영향을 미치는 평가 항목들을 바탕으로 평가 결과를 도출하는 대안이 제시되어야 할 것이다.

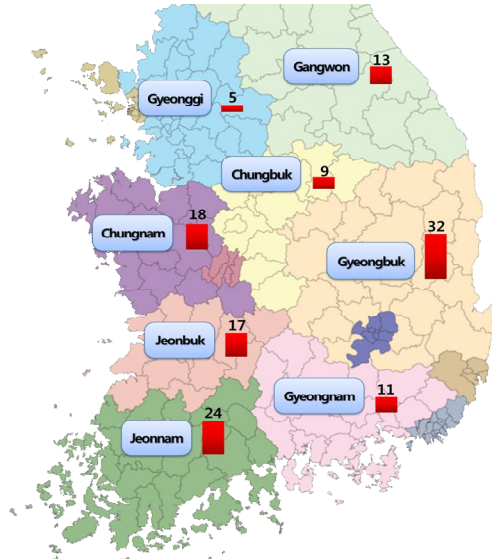
본 연구에서는 국내외 수리시설물의 안전진단 기준 및 설계 기준을 파악하고 댐의 상태, 구조 및 관리주체마다 상이하게 정립되어 있는 댐 설계기준과는 별도로 가능최대홍수량에 대한 홍수방어능을 평가하도록 되어 있는 현재의 수문학적 안전성 평가기준에 대한 새로운 평가 방법을 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 범위

현행 시설물 안전성 평가기준은 계측데이터 분석, 침투수의 안전성 평가, 사면활동의 안전성 평가, 응력-변형의 안전성 평가, 수문학적 안전성 평가 등 5개 분야의 평가를 통하여 최종적인 필댐의 안전성을 평가하고 있다. 본 연구에서는 5개 평가분야 중 농업용저수지 설계기준과 평가기준에 차이가 존재하여 현실적인 대안이 필요한 수문학적 안전성 평가에 대한 평가모델을 개발하는데 주안점을 두었다.

본 연구에서는 시간적 제약과 비용을 고려하여 95% 신뢰수준 $\pm 10\%$ 오차한계의 범위에서 표본의 크기를 결정하였다. 대상저수지는 전국 3,372개 농업용저수지 중 <표 1>의 범위 내에 있는 총 129개 저수지를 연구대상으로 하였으며, 연구대상 농업용저수지 위치는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구대상 농업용저수지 위치

<표 1> 연구대상 저수지 범위

제체 형식	물넘이 형식	규모	하류하천 등급
필댐	월류식 (측수로형)	총저수용량 100만㎡ 이상	지방하천 이상

<표 2> 안전성 평가 분야 및 평가 항목(필댐)

평가 분야	평가 항목
1. 계측데이터 분석(검토)	•허용한계 기준에 대해 계측치(간극수압, 토압, 수평변위 등)의 여유치
2. 침투수의 안전성 평가	•허용누수량(설계누수량) 기준에 대해 침투수량의 여유량
3. 사면활동의 안전성 평가	•최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율의 여유율
4. 응력-변형의 안전성 평가	•한계치 기준에 대해 산출된 응력-변형의 여유량
5. 수문학적 안전성 평가	<ul style="list-style-type: none"> •댐의 구조형식 •현장진단 결과에 의한 댐의 상태 •댐체의 여유고 또는 월류 발생 여부 •댐체의 구조적 안전성(활동, 전도, 지지력 및 구조물의 응력비) •붕괴 발생 시 하류에 미치는 인적, 경제적 손실

2. 계수화 모델 개발

본 연구는 이론적 근거를 바탕으로 농업용저수지의 수문학적 안전성에 영향을 미치는 다양한 인자를 파악하고, 전문가 설문을 실시하여 수문학적 안전성을 평가할 수 있는 최적의 평가항목을 선정하며, 이를 토대로 계층적의사결정법을 통해 도출된 각 평가항목별 중요도와 지표 구간 설정을 통해

정량화된 각 평가항목별 배점이 적용되는 계수화 모델을 개발하여 농업용저수지의 수문학적 안전성 평가를 위한 대안으로 제시하는 그 목적이 있다.

계수화 모델의 구성은 크게 세 가지로 첫째는 평가항목 선정이다. 평가항목 선정은 2차례의 반폐쇄형 설문을 통해 전문가 의견을 분석하고 정제하여 계층적으로 2단계로 구조화된 최종 평가항목을 선정하는 것이다. 두 번째는 평가항목별 중요도 도출이다. 전문가 의견을 통해 정제된 최종 평가항목을 바탕으로 계층적의사결정법에 의하여 각 항목 간 쌍대비교와 논리적 일관성 검증을 통해 평가항목별 중요도를 도출하는 것이다. 세 번째는 평가항목별 배점이다. 각 평가항목별 수치를 정량적으로 나타내기 위하여 통계분석에 근거한 평가항목별 지표 구간을 설정한 후 이를 점수화한 것이며, 최종적으로 모든 구성요소를 고려하여 농업용저수지의 수문학적 안전성을 평가하는 것이다.

3. 전문가 및 평가항목 선정

평가항목의 선정은 2차례의 반 폐쇄형 설문을 통해 전문가 의견을 분석하고 정제하여 선정하는 것으로 적절한 전문가의 선정이 우선되어야 한다. 연구주제와 관련된 전문가 선정에 있어서 가장 중요한 문제는 누가 전문가인지를 결정하는 것이다. 전문가 집단으로서 패널의 선정은 참여자의 대표성, 적절성, 전문적 지식, 참여의 성실성, 참가자의 수 등을 신중하게 고려해야 한다(윤미숙, 2003). 또한 전문가의 선정은 연구의 성공에 매우 중요한 요소이므로 전문가로서 패널을 선정하기 위해서는 다음의 조건이 필요하다. 첫째, 연구 분야에 대한 기본적인 지식과 그 지식의 적용 능력이 있어야 하며, 둘째, 합리적이고 객관적이어야 하며, 셋째, 해당 분야의 성과나 실적이 우수해야 하며, 넷째, 연구가 진행되는 동안 참여 할 수 있는 시간을 가질 수 있는 전문가를 패널로 선정해야 한다(Farmer & Richman, 1965; Tersine & Riggs, 1976).

따라서 본 연구에서는 농업용저수지의 수문학적 안전성을 평가할 수 있는 최적의 평가항목을 선정하기 위한 전문가 선정에서 두 가지 사항을 고려하였다. 첫 번째 고려사항은 연구목적에 맞는 전문가를 선정하여 대표성을 확보하는 것이다. 두 번째 고려사항은 전문가 패널의 수를 결정하는 것이다. 낮은 응답률은 연구수행에 있어 올바른 방향을 제시할 수 없는 상황을 초래할 수 있으며, 패널의 크기가 줄수록 신뢰도가 커진다는 사실에 비추어 볼 때 적정수의 패널을 유지하는 것이 중요하다. 전문가 패널의 수가 15명 정도이면 그룹 간의 중위수의 차이는 별로 생기지 않으며(Dalkel, Brown & Cochran, 1970), 전문가 패널의 수는 일반적으로 20명 가량이 일반적인 것으로 평가되어진다(안희정, 최은석, 2003).

이러한 상황을 고려하여 본 연구의 표본은 농업용저수지 설계분야에서 10년 이상의 경험을 가진 업계 전문가와 농업용저수지 설계분야에 근무한 경력이 있는 박사 학위 및 기술사 자격을 소지한 연구원으로 총 23명을 선정하였다.

평가항목 선정은 농업용저수지의 수문학적 안전성에 대한 종합적인 평가를 수행하기 위한 계수화

모델을 구성하는 과정에서 가장 기본이 되는 단계이다. 평가 항목이 갖추어야 할 조건은 정부에서 규정하고 있는 지침 등에서 국가 주요시설물 점검·진단의 실시방법 및 절차 내에 포함되어 있는 항목과 부합하여야 하며, 대상지에서 규칙적으로 측정하여 객관적인 자료로 자료 획득이 용이한 항목이어야 한다. 그리고 농업용저수지의 특징과 관련성이 큰 항목이어야 하며, 기후변화 등 수문학적 변화에 민감하게 반응하는 항목, 조건개선에 의해 수치가 조절될 수 있는 항목이어야 한다.

<표 3> 최초 평가 항목

평가 항목	
상위 항목	하위 항목
제체(비월류부)의 여유고	•200년빈도 확률홍수량에 대한 저수지 제체의 여유고
여수로의 방류 능력	•가능최대홍수량(PMF)에 대한 저수지 제체의 여유고
하류하천 제방의 여유고	•계획 홍수량에 대한 여수로의 방류능력
유지관리 상태	•200년빈도 확률홍수량 발생 시 저수지의 홍수방류량에 대한 하류하천 제방의 여유고
	•저수지 내용적 유지관리 상태
	•제체의 유지관리 상태
	•주 방류시설(여·방수로)의 유지관리 상태
	•기타 방류시설(취수탑, 통관 등)의 유지관리 상태
잠재 홍수피해	•기계·전기시설의 유지관리 상태
	•홍수 발생 시 저수지 상·하류부 침수면적
	•홍수 발생 시 저수지 상·하류부 재산피해
홍수량 산정 인자	•홍수 발생 시 저수지 상·하류부 인명피해
	•200년빈도 확률강우량
	•가능최대강우량(PMP)
	•유역면적
	•유출곡선지수(CNIII)
	•도달시간(T_c)

따라서 농업용저수지의 수문학적 안전성에 영향을 미치는 이론적 근거를 바탕으로 한 다양한 인자를 파악하고, 이를 토대로 전문가 설문을 실시하여 수문학적 안전성을 평가할 수 있는 최적의 평가항목을 선정하였다.

최초 평가항목을 도출함에 있어 내용타당성(Content Validity) 확보를 위해서 기존의 선행연구 및 문헌조사를 통해 설문문항을 추출했으며, 실무와의 연계성도 파악하기 위해서 실제 농업용저수지 수문학적 안전성 평가를 위해 사용되고 있는 평가항목을 파악함으로써 구조화된 27개의 예비 평가항목을 선정했다. 그리고 예비 평가항목을 바탕으로 업계 전문가의 심층면접을 통한 사전 조사를 실시해 3인 이상에서 언급된 20개 항목을 추출한 다음 유사한 항목을 통합하여 최종적으로 6개의 상위항목을 구성하였으며 이와 관련된 17개의 하위항목을 선정해 냈다. 윤미숙(2003)의 연구에서는 전문가들의 응답에 대하여 평균값, 중앙값 또는 최빈치와 같은 집중화 경향 값과 표준 편차 또는 사 분위 값 등을 구하여 전문가들 간의 합의 수준을 확인해 볼 수 있다고 판단하였다. 따라서 본 연구에서는 선행연구(김진, 2010)의 결과에 따라 5점 척도를 이용한 전문가 설문 결과 값의 평균이 3.0 이하이거나 표준편

차가 0.8이상인 평가항목은 제거하고 의미가 불확실한 평가항목 또한 제거를 하였다. 그리고 개방형 질문에 대한 전문가들의 의견을 취합해서 평가항목을 추가하였다. 분석과정에서 삭제 및 추가된 평가항목을 살펴보면 다음과 같다.

제거된 항목으로는 첫째, 유지관리 상태 상위항목에서 기타 방류시설(취수탑, 통관 등)의 유지관리 상태는 평균이 3.63으로 중간 값(3.0) 이상이지만 농업용저수지의 기타 방류시설(취수탑, 통관 등)은 치수가 아닌 이수목적의 시설이므로 홍수를 대비한 비구조적 대책으로 보기 어렵다는 전문가들의 지적이 있어 제거하였다. 둘째, 잠재 홍수피해 상위항목의 홍수 발생 시 저수지 상·하류부 재산피해는 표준편차가 0.816으로 0.8 이상일 뿐만 아니라 재산피해는 단어의 의미가 너무 광범위하고 재산피해 규모 및 피해액의 산정이 곤란하다는 전문가들의 지적에 따라 제거시켰다. 셋째, 홍수량 산정 인자 상위항목의 가능최대강우량은 표준편차가 0.983으로 상당히 크고 농업용저수지의 대부분이 소규모인 점을 고려할 때 과도한 평가기준이 될 수 있다는 전문가의 지적이 있어 제거하였다.

그 외에도 하류하천의 여유고 상위항목의 200년 빈도 확률홍수량 발생 시 저수지의 홍수방류량에 대한 하류하천 제방의 여유고는 소하천의 경우 200년 빈도 확률홍수량에 대한 검토는 너무 과도한 평가기준이 될 수 있다는 전문가들의 의견에 따라 연구범위를 지방하천 이상을 하류하천으로 두고 있는 농업용저수지로 한정하도록 하였다.

그 밖에 첫째, 근래의 농업용저수지 개보수사업 공정에 인양식, 전도식 등으로 다양하게 반영되어 있는 홍수위 조절용 수문은 농업용저수지의 비구조적 대책으로 홍수위 조절을 통하여 수문학적 안전성을 높일 수 있다는 전문가들의 의견을 반영하여 평가항목에 추가시켰다.

둘째, 지진 및 이상홍수와 같은 자연재해 발생 시 농업용저수지 붕괴에 따른 대규모 피해 예상지역 주민들의 신속한 대응으로 생명과 재산피해를 효과적으로 예방하거나 경감시키기 위해 기존 1백만 m³ 이상 농업용저수지에서 30만m³ 이상으로 확대(2012년)하여 수립하고 있는 비상대처계획(Emergency Action Plan: EAP)이 평가항목에 포함되어야 한다는 전문가들의 의견에 따라 평가항목에 추가시켰다. 1차 설문 결과 값의 정제 과정과 마찬가지로 5 점 척도를 이용한 전문가 설문 결과 값의 평균이 3.0 이하이거나 표준편차가 0.8이상인 평가항목은 제거하고 평가항목의 세분화를 위한 분리와 유사항목에 대한 통합 등을 거쳤다. 분석과정에서 삭제 및 추가된 평가항목을 살펴보면 다음과 같다.

제거된 항목으로는 첫째, 비구조적 대책 상위항목의 홍수위 조절용 수문은 표준편차가 0.889로 0.8 이상일 뿐만 아니라 현재 저수지에 설치되어 있는 수문의 형식 및 규모가 불규칙하여 평가항목의 지표 구간을 설정하기 곤란하다는 전문가들의 지적이 있어 제거하였다. 둘째, 비구조적 대책 상위항목의 비상대처계획 수립은 평균 3.9, 표준편차 0.768로 양호하지만 비상대처계획 수립의 결과값은 수립(1), 미수립(0)으로 이분화 되어 1~5점까지의 확률변수의 범위를 설정하는 본 논문에서는 확률변수로 활용하기에 무리가 있어 항목에서 제거하였다. 셋째, 잠재 홍수피해 상위항목의 홍수 발생 시 저수지 상·하류부 인명피해는 표준편차가 0.928로 가장 크고(0.8 이상), 농업용저수지 상·하류부에 거주하는

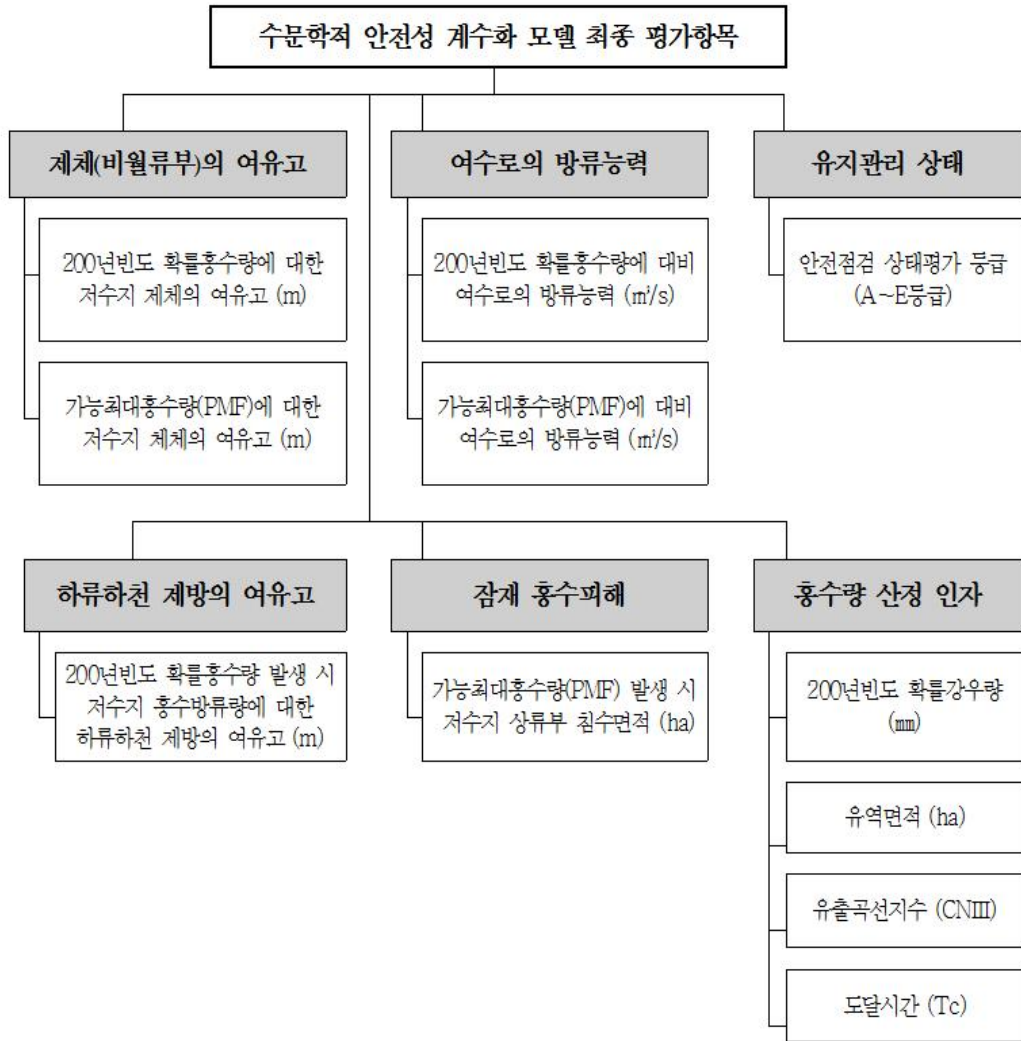
인구에 대한 정확한 조사 및 데이터가 부족하며 인명피해 산정을 위한 인자를 제시하기 곤란하다는 전문가들의 지적에 따라 제거시켰다.

그 밖에 제체(비월류부)의 여유고 상위항목의 가능최대홍수량에 대한 저수지 제체의 여유고에 대하여 일정규모 이상(유역면적 2,500ha 이상, 총저수량 500만^m 이상)의 저수지를 제외한 대부분의 농업용저수지는 200년빈도 이하의 확률홍수량에 의해 계획되어 있어 가능최대홍수량에 의한 저수지 제체의 여유고 확보여부 판단은 과도한 평가라는 의견이 제시되었으나, 월류에 가장 취약한 농업용저수지의 특성을 최대한 반영하고 농업용저수지 설계기준(200년빈도 확률홍수량)과 현 수문학적 안전성 평가기준(가능최대홍수량)의 불일치에 따른 평가의 괴리를 좁히고자 두 가지 홍수량에 의한 여유고를 평가항목에 포함시켜 평가의 현실성을 높이도록 하였다. 그리고 여수로의 방류능력 상위항목도 하위항목을 두 가지 홍수량에 대한 방류능력으로 세분화 하였다.

잠재 홍수피해 상위항목의 홍수 발생시 저수지 상·하류부 침수면적은 홍수의 규모를 확실히 적립해야하며 하류부 침수면적은 여러 가지 변수에 의해 결과값의 차이가 크게 발생한다는 전문가의 지적에 따라 가능최대홍수량 발생 시 저수지 상류부 침수면적으로 변경하였다.

그 외에도 상위 항목 중 유지관리 상태는 하위항목별 유지관리 상태를 개별적으로 평가에 반영하여 판단할 수도 있지만, 현재 농업생산기반시설관리규정에 의거 모든 농업용저수지에 대하여 정기적으로 안전점검을 실시하고 있으며 그 결과를 바탕으로 유지관리 상태에 대한 객관적인 자료획득이 용이하므로 하위항목을 안전점검 결과 값으로 통합해야 한다는 다수 전문가들의 의견이 있었다. 그리고 저수지 준공 이후 경과년수를 유지관리 상태의 하위항목으로 포함하자는 의견이 있었지만 하위항목 통합으로 하위항목으로 추가하지는 않았다.

2차 전문가 설문조사를 마치고 정제 과정을 거쳐 <그림 2>와 같이 총 6개 상위항목과 11개 하위항목으로 구성된 최종 평가항목을 선정하였다.



〈그림 2〉 도식화한 최종 평가 항목

4. 평가항목별 중요도 도출

최종 6개 상위 평가항목별 11개 하위 평가항목을 선정하였으나 추출된 항목의 동일한 배점만으로 평가 지표를 제안할 경우 수문학적 안전성에 대한 평가는 가능하겠지만 그 결과는 평가 지표의 목적과는 다르게 나타날 가능성이 크다. 이러한 문제는 평가 항목간의 수문학적 안전성에 대한 중요도, 즉 가중치를 부여하여 구체화 할 수 있다.

상·하위 평가항목은 사회적 요구, 환경적 요구 등에 따라 중요도의 위계가 구분될 수 있다. 물론 경우에 따라서는 동일한 수준이라고 판단되는 부분도 있겠으나 전체적으로 볼 때는 큰 위계속의 작은

부분으로 볼 수 있으므로 이러한 항목간의 위계가 조절되어야 농업용저수지의 수문학적 안전성에 대한 진정한 평가가 이루어질 수 있다.

Saaty(1980)의 연구에서는 계층적의사결정법의 유용성을 첫째, 의사결정과정에 대한 정보를 정성적인 기준과 정량적인 기준을 통하여 비율척도로 측정할 수 있고, 둘째, 비정형적이고 다기준의 복잡한 문제를 하위기준으로 세분하여 계층화함으로써 쌍대비교방식으로 해결 할 수 있으며, 셋째, 정성적인 정보를 정량화하여 수치로 표현할 수 있다는 점을 들었다. 따라서 본 연구에서는 평가 항목별 쌍대비교를 통한 상대적인 중요도를 효과적으로 획득할 수 있는 계층적의사결정법을 활용하여 평가항목별 중요도를 도출 하였다.

설문 조사에 통하여 계층적의사결정법을 적용하기 위해 필요한 문제에 대한 실무지식과 전문적 경험이 있는 집단의 규모는 집단의 특성이 동질적일 때 10명 이내에도 충분하다고 하였으나(권태일, 2009), 본 연구에서는 조사의 전문성과 동일성을 확보하기 위하여 최종 평가항목 도출을 위해 실시했던 2차례의 설문조사 대상자와 마찬가지로 동일한 전문가 총 23명을 대상으로 계층적의사결정법 설문을 실시하였다. 또한 쌍대비교를 통한 평가항목들의 판단결과를 활용하기 전에 각 의사결정 참여자의 판단에 대한 타당성의 검증이 필요하며, 타당성의 검증은 각 의사결정자의 판단의 논리적 일관성을 검증해 보는 것으로 해결될 수 있다고 하였다(saaty, 1995). 이에 일관성비율의 값이 0.1이내가 되도록 일관성 검증을 수행한 후 최종 중요도의 값을 재조정하였다.

5. 평가항목별 지표 구간

평가항목별 지표 구간 설정의 목적은 각 평가항목별 수치를 정량적으로 나타내기 위한 것으로, 통계분석에 근거하여 평가항목별 지표 구간을 설정한 후 이를 점수화하여 평가항목별 배점을 부여할 수 있게 된다.

평가대상의 속성을 명확히 분석·확인하기 위해선 각 평가대상 속성별로 고유한 계급수를 설정함으로써, 명쾌한 비교수단을 제공할 수는 있으나, 비교대상이 다수일 때는 자료량이 방대해질 뿐만 아니라 평가절차가 복잡해짐으로서 분석결과를 일목요연하게 정리하는데 어려움을 겪게 된다(한경수, 1999).

이에 따라 본 연구에서는 자료 관리의 편의성을 고려하면서 분석절차의 간소화를 위해 평가항목 중 유지관리 상태 즉 시설물의 상태평가 등급이 현행 지침에 의해 5구간으로 구분되어 있는 점을 고려하여 지표 구간 수를 5개로 제한하고, 평가대상의 속성에 대한 합리적인 가치평가를 위해 통계처리를 원칙으로 기본모형을 설정하였다.

지표 구간의 간격은 평가목적 및 평가자에 따라 달리 설정되기 때문에 공통적으로 인정할만한 등급 간격은 아직 설정되어 있지 않다.

지표 구간 설정 방법은 평가항목별 확률분포에서 백분위수를 사용하는 방식을 취하였으며 그 결과

를 비교하여 지표 구간 설정이 수문학적 안전성 평가 결과에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 이를 백분위로 표현하면 수문학적 안전성에 아주 긍정적인 영향을 미치는 5점 구간부터 15.85%, 21.10%, 26.10%, 21.10%, 15.85%로 나타낼 수 있다. 지표 구간별 배점은 5.0점을 만점으로 1.0점씩을 감하여 설정하였다.

단, 평가항목 중 유지관리 상태 즉 시설물의 안전점검 상태평가 등급은 최적 확률분포형의 검정이 곤란하므로 지표 구간 설정을 하지 않고 현행 배점의 기준을 따르기로 하였다.

III. 평가 항목 분석 결과 및 적용

1. 평가항목별 중요도 결과

계층적의사결정법을 통해 도출된 중요도는 글로벌(Global)과 로컬(local)로 구분되는데, 로컬은 소분류의 중요도이며 글로벌은 상위 평가항목과 하위 평가항목의 로컬을 종합한 중요도이다(권태일, 2009). 따라서 하위 평가항목의 글로벌 중요도를 모두 더하면 그 상위 평가항목의 로컬 중요도의 값이 되는 것이다. 반면에 로컬은 해당 항목이 지니고 있는 중요도로써 그 계층의 로컬 중요도를 모두 더하면 1의 값을 지니게 된다(권기준, 2010).

다각적 위험요인을 고려한 농업용저수지의 수문학적 안전성을 평가하기 위한 계수화 모델의 상위 평가항목 중요도에서는 <표 4>와 같이 유지관리 상태 27.6%, 제체(비월류부)의 여유고 26.8%, 여수로 방류능력 18.8%, 잠재 홍수피해 11.6%, 홍수량 산정 인자 10.3%, 하류하천 제방의 여유고 5.5% 순으로 나타났다.

수문학적 안전성 계수화 모델 개발에 있어서 제체(비월류부)의 여유고 부분 하위 평가항목의 중요도는 200년빈도 확률홍수량에 대한 저수지 제체의 여유고 78.7%, 가능최대홍수량에 대한 저수지 제체의 여유고 21.3% 순으로 나타났다. PMF에 대한 하위 평가항목이 상대적으로 중요도가 낮게 나타났다.

<표 4> 일관성 검증 후 평가항목별 중요도

상위 항목	중요도 (Local)	하위 항목	중요도	
			Local	Global
제체(비월류부)의 여유고	26.8%	200년빈도 확률홍수량에 대한 저수지 제체의 여유고	78.7%	21.1%
		가능최대홍수량(PMF)에 대한 저수지 제체의 여유고	21.3%	5.7%
여수로의 방류 능력	18.8%	200년빈도 확률홍수량에 대한 여수로의 방류능력	64.2%	12.08%
		가능최대홍수량(PMF)에 대한 여수로의 방류능력	35.8%	6.72%
하류하천 제방의 여유고	5.5%	-	100.0%	5.5%
유지관리 상태	27.0%	-	100.0%	27.0%
잠재 홍수피해	11.6%	-	100.0%	11.6%
홍수량 산정 인자	10.3%	200년빈도 확률강우량	40.4%	4.16%
		유역면적	36.7%	3.78%
		유출곡선지수(CNIII)	13.1%	1.35%
		도달시간(TC)	9.8%	1.01%

수문학적 안전성 계수화 모델 개발에 있어서 여수로의 방류능력 부분 하위 평가항목의 중요도는 200년빈도 확률홍수량에 대비 여수로 방류능력 64.2%, 가능최대홍수량에 대비 여수로 방류능력 33.6% 순으로 나타났다. 가능최대홍수량에 대한 하위 평가항목이 상대적으로 중요도가 낮게 나타났다.

수문학적 안전성 계수화 모델 개발에 있어서 홍수량 산정인자 부분 하위 평가항목의 중요도는 200년빈도 확률홍수량 40.4%, 유역면적 36.7%, 유출곡선지수 13.1%, 도달시간 9.8% 순으로 나타났다. 유출곡선지수와 도달시간이 상대적으로 중요도가 낮게 나타났다.

쌍대비교를 통한 평가항목들의 판단결과 즉 평가항목별 중요도를 활용하기 전에 각 의사결정 참여자의 판단에 대한 타당성의 검증이 필요하며, 타당성의 검증은 각 의사결정자의 판단의 논리적 일관성을 검증해 보는 것이 그 기초가 된다. 논리적 일관성 지수는 낮을수록 일관성을 가지고 있다는 것을 의미한다. 본 연구에서 의사결정 참여자의 쌍대비교를 통한 판단이 얼마나 논리적으로 일관성을 유지하는가를 측정된 결과, 몇 개 부분에서 논리적 일관성이 낮게 나타났다. 이에 따라, 판단결과를 Feedback하여 비논리적인 부분을 하나씩 재검토하여 판단을 수정 또는 보완하는 과정을 수행하였다.

논리의 일관성은 어느 기준에 대한 비교대상이 3개 이상일 경우 검증이 가능하므로, 제체(비월류부)의 여유고를 포함하여 6개의 비교대상으로 구성되어 있는 '상위 평가항목'과 하위 평가항목 중 유역면적을 포함하여 4개의 비교대상으로 구성되어 있는 '홍수량 산정인자'에 대하여 일관성 검증이 수행되었다.

중요도의 산정 시 주의해야할 사항은 평가한 전문가의 직업, 지위, 배경에 따라서 계산결과와의 차이가 발생할 수 있다는 것이다. 왜냐하면 본 설문에 참여한 전문가는 대부분 농업용저수지 유지관리와 직접적 연관이 있는 직업에 종사하는 사람이었기 때문에 '유지관리 상태'에 관심을 갖고 27.0%라는 상당한 중요도를 부여한 것으로 판단된다. 그리고 설문의 목적을 어디에 두는지에 따라서 결과의 차이

가 매우 클 것으로 판단된다. 만일 설문하는 목적을 이수에 기반을 두고 설문의 요지를 작성한다면 ‘홍수량 산정인자’의 중요도가 현재의 결과보다 높게 산정 될 것이고, 반대로 치수에 기반을 두고 설문을 작성한다면 ‘제체의 여유고’ 및 ‘여수로의 방류능력’의 중요도가 높게 나오기 때문이다.

2. 평가항목 지표 구간 결과

평가항목별 적합도 검정을 통하여 적정 확률분포형을 파악한 후 상기된 백분위에 따라 세 가지 안에 대한 평가항목별 지표 구간을 설정하였으며, 그 결과를 <표 5>에 자세히 나타내었다. 평가항목에서 ‘200년빈도 확률홍수량에 대한 저수지 제체의 여유고’ A, ‘가능최대홍수량에 대한 저수지 제체의 여유고’ B, ‘200년빈도 확률홍수량에 대한 여수로의 방류능력’ C, ‘가능최대홍수량에 대한 여수로의 방류능력’ D, ‘하류하천 제방의 여유고’ E, ‘유지관리 상태’ F, ‘잠재 홍수피해’ G, ‘200년빈도 확률강우량’ H, ‘유역면적’ I, ‘유출곡선지수’ J, ‘도달시간’ K로 표현하였다.

평가항목별 배점은 농업용저수지의 수문학적 안전성에 작용하는 정도에 따라 1점에서 5점까지 구분하였으며, 5점은 수문학적 안전성에 긍정적으로 작용하는 정도가 가장 큰 점수이다. 평가항목 중 저수지 상류부 침수면적과 홍수량을 증가시키는 인자로 작용하는 200년빈도 확률강우량, 유역면적, 유출곡선지수는 수치가 클수록 낮은 배점을 부여하였고, 나머지 평가항목은 수치가 클수록 저수지의 수문학적 안전성에 긍정적으로 작용하므로 높은 점수를 부여하였다.

평가항목 중 ‘200년 빈도 확률홍수량에 대한 저수지 제체의 여유고’를 살펴보면 그 수치가 ‘0.30m’일 경우 1안에 따라 배점 시 $0.10 \leq X < 0.47$ 에 속하므로 배점은 4점이며, 클수록 수문학적 안전성에 긍정적인 영향을 미치는 평가항목이므로 긍정적인 영향을 미치고 있다고 판단할 수 있다.

<표 5> 평가항목별 지표 구간 설정 결과

평가 항목	지표 구간				
	1	2	3	4	5
A	$X < -0.80$	$-0.80 \leq X < -0.37$	$-0.37 \leq X < 0.10$	$0.10 \leq X < 0.47$	$0.47 \leq X$
B	$X < -1.92$	$-1.92 \leq X < -1.53$	$-1.53 \leq X < -1.02$	$-1.02 \leq X < -0.55$	$-0.55 \leq X$
C	$X < -95.44$	$-95.4 \leq X < -29.72$	$-29.72 \leq X < 29.31$	$29.31 \leq X < 82.88$	$82.88 \leq X$
D	$X < -596.27$	$-596.2 \leq X < -422.4$	$-422.48 \leq X < -305.1$	$-305.13 \leq X < -219.88$	$-219.88 \leq X$
E	$X < -1.13$	$-1.13 \leq X < -0.52$	$-0.52 \leq X < 0.87$	$0.87 \leq X < 1.30$	$1.30 \leq X$
F	E	D	C	B	A
G	$11.61 < X$	$5.11 < X \leq 11.61$	$2.51 < X \leq 5.11$	$1.02 < X \leq 2.51$	$X \leq 1.02$
H	$402.20 < X$	$367.22 < X \leq 402.20$	$308.73 < X \leq 367.22$	$268.70 < X \leq 308.73$	$X \leq 268.70$
I	$2698.95 < X$	$1776.00 < X \leq 2698.9$	$1309.4 < X \leq 1776.0$	$1063.0 < X \leq 1309.4$	$X \leq 1063.0$
J	$90 < X$	$86 < X \leq 90$	$82 < X \leq 86$	$78 < X \leq 82$	$X \leq 78$
K	$X < 0.58$	$0.58 \leq X < 0.82$	$0.82 \leq X < 1.10$	$1.10 \leq X < 1.56$	$1.56 \leq X$

3. 수문학적 안전성 평가 적용

계수화 모델에 의해 계산된 농업용저수지의 수문학적 안전성 평가 점수와 현행 지침의 등급 구분 기준에 대입하여 부여한 수문학적 안전성 평가 등급을 <표 6>에 정리하였다.

기존 평가기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침)에 의해 부여된 농업용저수지의 수문학적 안전성 평가 등급을 살펴보면, 전체 129개 저수지 중 수문학적 안전성이 가장 양호하며 문제점이 없는 최상의 상태인 A등급은 대룡b저수지를 포함하여 7개 저수지, 가장 취약한 곳인 E등급은 감동저수지를 포함하여 11개 저수지였고 대부분의 저수지(99개)가 기능 발휘에는 지장이 없는 상태인 B등급에 속하는 것으로 나타났다.

계수화 모델에 의해 계산된 농업용저수지의 수문학적 안전성 평가 점수를 통해 부여된 수문학적 안전성 평가 등급을 살펴보면, 지표 구간의 설정 안에 따라 조금씩 차이는 존재하나 A등급 및 E등급 두 가지 등급에 속하는 저수지가 단 한 곳도 없는 것으로 나타났으며 C등급을 중심으로 B~D등급에 일정 개소씩 고르게 분포하는 것으로 나타났다.

상기된 결과에서 대표적인 특징을 살펴보면, 첫째, 기존 평가기준에 의해 부여된 수문학적 안전성 평가 등급이 A등급이었던 대룡b저수지를 포함한 7개 저수지가 계수화 모델의 적용 결과 모두 B등급으로 하향 조정되었고 나머지 대부분의 저수지 또한 B등급에서 C등급 혹은 D등급으로 하향 조정되었고 둘째, E등급이었던 감동저수지를 포함한 11개 저수지가 계수화 모델의 적용 결과 모두 B등급 혹은 C등급으로 상향 조정되었으며 셋째, 세 가지 지표 구간 설정 안에 의해서 전체 저수지의 등급별 해당 저수지의 숫자가 고르게 분포되는 변동이 발생하였다.

<표 6> 수문학적 안전성 평가 등급 결과

등급	기존 평가 기준 (안전점검 및 정밀안전진단 세부지침)	다각적 요인 고려
A	대룡b(5), 도원b(5), 봉산(5), 양촌(5), 오테(5), 옥계a(5), 웅양(5)	-
B	가산(4), 가혜(4), 감돈(4), 개심(4), 개천(4) 경천(4), 계룡(4), 고경(4), 고려(4), 광혜(4) 구림(4), 구만(4), 구시(4), 구이(4), 군곡(4) 공유(4), 공평(4), 금봉(4), 내장(4), 단산(4) 담양(4), 대곡(4), 대동(4), 대룡a(4), 대성(4) 덕곡(4), 도고(4), 도원a(4), 동부(4), 마북(4) 만운(4), 명계(4), 무곡(4), 문수(4), 박달(4) 반계(4), 방동(4), 백용(4), 백운(4), 백학(4) 보문(4), 보청(4), 봉학(4), 불갑(4), 비룡(4) 사산(4), 사천(4), 산정(4), 삼교(4), 삼기(4) 삼흥(4), 생곡(4), 서부(4), 성암(4), 수양(4) 수청(4), 순흥(4), 신림(4), 심곡(4), 오봉a(4) 오봉b(4), 오어(4), 옥계b(4), 옥성(4), 옥연(4) 왕신(4), 용당(4), 용산(4), 용암(4), 용연(4) 용화(4), 원남(4), 월남(4), 월운(4), 울치(4) 임고(4), 입암(4), 잠곡(4), 장곡(4), 장치(4) 조성(4), 종천(4), 죽전(4), 지소(4), 지천(4) 창림(4), 천은(4), 천장(4), 천천(4), 청상(4) 추평(4), 투교(4), 평암(4), 풍전(4), 하곡(4) 하이(4), 학사평(4), 화산(4), 효곡(4), 빈칸	개천(3.51), 경천(3.58), 광혜(3.72), 구림(3.55) 대곡(3.94), 대룡a(3.99), 도원a(3.56), 도원b(4.13) 마북(3.95), 반계(3.54), 방동(3.64), 보문(3.77) 봉학(3.92), 삼교(3.72), 삼기(3.74), 생곡(4.16) 수청(4.01), 양촌(4.19) , 오봉b(4.05), 오테(4.16) 옥계a(3.89) , 옥계b(3.64), 용산(4.01), 용화(3.56) 웅양(3.85) , 월운(3.58), 잠곡(3.94), 지소(3.78), 창림(3.53)
C	금봉(3), 금오(3), 덕용(3), 도천(3), 동송(3) 사천(3), 산수(3), 설악(3), 송선(3)	가혜(2.78), 감돈(3.12), 개심(3.23), 계룡(3.21) 광주(2.55), 구만(3.31), 구시(3.05), 구이(2.82) 공유(3.39), 공평(2.72), 금봉(3.38), 금오(3.46) 금풍(2.95), 내장(2.62), 단산(2.95), 담양(3.41) 대동(2.75), 대룡b(3.32) , 대성(3.44), 대화(2.60) 덕곡(2.73), 덕용(3.24), 도천(2.72), 만운(3.01) 무곡(3.08), 문수(3.31), 박달(3.33), 백운(2.64) 백학(2.78), 보청(2.68), 봉산(2.86) , 사산(2.64) 사천(2.55), 사천(3.00), 산수(3.21), 산정(2.76) 삼흥(3.41), 석남(2.60) , 설악(3.48), 성암(3.02) 송선(2.74), 수양(2.95), 순흥(2.60), 심곡(3.19) 오봉a(3.25), 오어(2.59), 옥성(3.35), 옥연(3.37) 용당(3.15), 용암(3.21), 용연(2.51), 월남(2.77) 월천(2.71) , 유천(2.52) , 울치(2.82), 입암(2.86) 장치(3.00), 조성(3.29), 죽전(2.75), 지천(3.32) 천은(2.86), 천장(2.83), 청상(3.39), 추평(2.52) 투교(3.18), 평암(2.75), 풍락(2.81) , 풍전(3.07) 하이(2.57), 학사평(3.13), 화산(3.46), 효곡(3.37)
D	광주(1.9), 마산(1.9), 백운(1.9),	동송(2.04), 고려(2.13), 가산(2.36), 감동(2.16) 목계(2.3) , 옥천(1.95) , 고경(2.40), 명계(2.49) 왕신(2.45), 임고(2.35), 하곡(1.94), 구성(1.69) 군곡(2.38), 백용(2.01), 백운(2.05), 불갑(2.43) 대정(2.31) , 신림(2.15), 도고(1.99), 동부(2.24) 마산(2.11), 서부(2.41), 옥산(1.99) , 장곡(2.22) 종천(2.47), 비룡(2.44), 원남(2.41)

IV. 결론

본 논문에서는 농업용저수지의 수문학적 안전성 평가를 위하여 가능최대홍수량과 농업용저수지 설계 기준홍수량을 모두 고려하며, 수문학적 안전성 평가에 영향을 미치는 평가항목들을 바탕으로 평가결과를 산정하는 계수화 모델을 개발하였다. 선행연구 및 심층면접 그리고 2차례의 반 폐쇄형 설문조사를 통해 최적의 평가항목을 선정하였으며, 이를 토대로 계층적의사결정법을 통해 도출된 각 평가항목별 중요도와 지표 구간 설정을 통해 정량화된 각 평가항목별 배점이 적용되는 계수화 모델에 의해 농업용저수지의 수문학적 안전성을 평가 하고 기존 평가방식을 통한 평가결과와 비교 분석함으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 평가항목의 계층구조는 2계층(상위, 하위)으로 구분하여 상위 평가항목은 6개(체체의 여유고, 여수로의 방류능력, 유지관리 상태, 하류하천 제방의 여유고, 잠재 홍수피해, 홍수량 산정 인자)를 선정하였고, 하위 평가항목 11개를 선정하였다.

2) 계층적의사결정법에 의하여 각 항목간 쌍대비교 설문과 일관성 검증을 통해 도출된 6개 상위 평가항목의 중요도는 ①유지관리 상태(상태평가 등급) 27.0%, ②체체(비월류부)의 여유고 26.8%, ③여수로의 방류능력 18.8%, ④잠재 홍수피해 11.6%, ⑤홍수량 산정 인자 10.3%, ⑥하류하천 제방의 여유고 5.5% 순으로 나타났다. 농업용저수지 유지관리와 직접적 연관이 있는 직업에 종사하는 전문가들의 편향된 특성에 의해 유지관리 상태의 중요도가 가장 높게 도출되었다.

3) 평가항목별 수치를 정량적으로 나타내기 위하여 통계확률이론을 참고하여 평가항목별 지표 구간을 설정한 후 평가항목별 수치를 대입하여 점수화 하였다. 비교 검토를 통해 적절한 지표 구간을 찾기 위하여 5개 구간으로 구분하였으며, 지표 구간을 백분위로 표현하면 수문학적 안전성에 아주 긍정적인 영향을 미치는 5점 구간부터 15.85%, 21.10%, 26.10%, 21.10%, 15.85%로 나타낼 수 있었다.

참고문헌

- 권기준. 2010. 소규모 레스토랑 물리적환경요인의 상대적중요도와 우선순위 도출: AHP분석을 이용하여. 한국관광학회 학술대회 발표논문집. 2010(7): 247-261.
- 권태일. 2009. 관광지 리모델링 사업의 영향요인 우선순위 도출에 관한 연구: 델파이 기법과 계층적 의사결정방법 적용. 세종대학교 박사학위논문.
- 김건. 2010. AHP를 활용한 호텔기업 직원의 핵심역량 평가 개발에 관한 연구. 세종대학교 박사학위논문.
- 문영일, 권현한. 2004. 수리·수문학적 댐 위험도 분석(I)-비매개변수적 LHS Monte Carlo Simulation 위험도 해석 기법 개발-. 대한토목학회논문집. 24(5B): 477-487.

- 신철식, 조경석, 배봉원, 권지혜, 성지연. 2007. 기존 댐의 수문학적 안전성 평가기준 수립에 관한 연구. 대한토목학회 2007 정기학술대회 논문집. 2007(10): 1357-1360.
- 안희정, 최은석. 2003. 역량모델의 개념과 구축방법론에 대한 개관. 사회과학연구 강원대학교 사회과학연구소. 42: 43-59.
- 이재주, 박종석, 이경훈. 2014. AHP를 이용한 농업용저수지 수문학적 안전성평가 방법 개발 및 적용. 한국습지학회지. 16(2): 235-243.
- 윤미숙. 2003. 비서의 현재 역량과 미래 역량에 대한 델파이 연구. 비서학논총. 12(2): 109-141.
- 한경수. 1999. 농촌마을 수준의 지역자원 평가시스템 개발. 전남대학교 박사학위논문.
- Dalkey, N. C., B. Brown, and S. W. Cochran. 1970. *The Delphi Method III: Use of self-ratings to improve group estimates*. The RAND Corporation. Santa Monica, CA, USA.
- Farmer, R. N. and B. M. Richman. 1965. *Comparative Management and Economic*. USA Richard D. Irwin.
- Federal Emergency Management Agency. 2004. *Federal Guidelines for Dam Safety-Hazard Potential Classification System for Dams*. USA : FEMA.
- Saaty, T. L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. New York. NY: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. 1995. *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. RWS Publications, Pittsburgh, PA, USA.
- Tersine, R. and W. Riggs. 1976. The Delphi technique: A long-range planning tool. *Business Horizon*. 19(2): 51-56.

박종석: 전남대학교에서 공학 박사학위를 받고(논문: 하천 수질개선 우선순위 결정을 위한 등급화 모델 개발. 2012년 8월), 현재 전남대학교 토목공학과 강사로 재직 중이다. 수자원 위기, 기후변화, 수처리, 수질 모델링이 주요 관심분야이다(victorypjs@jnu.ac.kr).

이경훈: 미국 미조라주 주립대학교에서 공학 박사학위를 받고 현재 전남대학교 토목공학과 교수로 재직 중이다. 하천에 대한 수문학적 해석, 유체 흐름에 대한 수리학적 해석, 환경영향평가 등이 주요 관심분야이며, 대표연구로 “다변량 분석기법을 이용한 영산강 유역의 수질변화 특성 연구(2012)”, “농업용저수지 수문학적 안전성 평가 항목 및 지표 개발(2014)” 등이 있다(water@jnu.ac.kr).

심춘석: 전남대학교 대학원에서 박사과정(수자원/수공학)을 수료하고, 현재 (주)해정건설 대표이사로 재직 중이다. 주요 관심 분야는 수자원, 상하수도, 기후변화, 수질 모델링, 방재수리학 등이다(haejung0404@hanmail.net).

오창림: 전남대학교 대학원에서 박사과정(수자원/수공학)을 수료하고, 현재 광주광역시청에 재직 중이다. 주요 관심 분야는 수자원, 상하수도, 기후변화, 수질 모델링, 방재수리학 등이다(ocr@korea.kr).

윤양실: 전남대학교 대학원에서 박사과정(수자원/수공학)을 수료하고, 현재 (주)미래건설안전 대표이사로 재직 중이다. 사면안정, 수질관리, 기후변화, GIS 등이 주요 관심분야이다(yvs9900@naver.com).