

Determining Emergency Levels According to Spillway Overflow Depth for Agricultural Reservoirs

Hyun Soo Choi^{1#}, Ju Ha Hwang², Seung Jin Maeng²⁺, Hyung San Kim³

¹ Korea Rural Community Corporation, 20 Green-ro, Naju-si, Jeollanam-do, Korea

² Department of Agricultural & Rural Engineering, Chungbuk National University, 1 Chungdae-ro, Seowon-gu, Cheongju, Korea

³ K-water Convergence Institute, 1689 Beon-gil 125, Yuseong-daero, Yuseong-gu, Daejeon, Korea

Abstract

Due to unusual precipitation or flood, the rivers located at the downstream of reservoir may influence the safety of the people living near the river. This study provides a guideline for the local government officials, managers and residents to prepare against disasters by analyzing the change in water level (rise) especially when PMF occurs. The study discovers the relationship between the overflowing water level from the reservoir and change in downstream water level and use it as an indicator for responding to disasters. The attention level("Blue"), the early emergency management stage, is determined as from the issuance of a special weather alert to the water level that comes at 10% of the planned overflowing water level due to flood in the reservoir spillway. This study also suggests that the caution level("Yellow") should be set as a water level that comes at 10 to 100% of the planned level in the reservoir spillway due to a massive flood. The results of this study are expected to contribute to implementing an effective disaster response system in Korea.

Key words: probable maximum flood, agricultural reservoir, emergency action plan

1. 서론

우리나라 저수지의 대부분은 농업용수 공급을 주된 목적으로 이용하고 있으며, 1945년 이전 9,005개소, 1946년에서 1963년까지 3,089개소, 1964년에서 1983년까지 4,482개소, 1984년에서 2013년까지 851개소 등 2013년 기준 총 17,427개소의 저수지를 설치하여 농업용수를 공급하고 있다(MAFRA, 2014). 저수지 시설관리담당 기관에서는 『자연재해대책법』, 『하천법』, 『농어

촌정비법』 등 관련법에 따라 총 저수용량 300천m³ 이상인 1,224개소 저수지에 대하여 설계홍수량 초과 및 지진 등 예측이 불가능한 원인으로 인해 발생할 수 있는 비상상황을 시나리오별로 작성하여 정리한 저수지 비상대처 계획(Emergency Action Plan, EAP)을 수립하고 운용 중이다. 비상대처계획 수립내용은 저수지 붕괴 등과 같은 비상상황이 발생할 때 발령하는 비상단계를 관심단계(Blue), 주의단계(Yellow), 경계단계(Orange), 심각단계(Red) 등 4단계로 나누어 각 상황별로 징후를 판단

[#] The 1st author: Hyun Soo Choi, Tel. +82-61-338-5631, Fax. +82-61-338-5589, e-mail. hskrc@ekr.or.kr

⁺ Corresponding author: Seung Jin Maeng, Tel. +82-43-261-2572, e-mail. maeng@cbnu.ac.kr

하고 대응하는 내용으로 구성되어 있다(Kim, *et. al.*, 2018).

우리나라의 농업용 저수지 대부분은 과거 농업지역 및 산간지역에 위치하였으며, 관개용수 공급을 목적으로 이수부분에 초점이 맞추어 운영되고 있었다. 따라서 홍수기에 따른 운영기준의 개념이 부족한 실정이며 최근 들어 기후변화에 따른 홍수발생 등 재해가 발생하고 저수지 인근에 도시지역이 증가하여 대규모 수재해에 대한 위험성이 증가함에 따라 홍수저감 방안에 대한 논의가 필요한 시점이다. 저수지의 안정성 분석에 대한 연구동향을 살펴보면 농업용 저수지 치수관리시스템을 이용하여 가능최대강수량에 의한 계획수문량을 재산정하고 수위변화에 따른 물넘이 방류량을 분석하여 대상 저수지의 홍수위를 추적함으로써 저수지의 수문학적 안정성을 검토하였다(Choo, *et. al.*, 2013). Maeng, *et. al.*(2014)은 기존 농업용 저수지 계획시 적용한 설계수문량 대신 최근의 강우사상을 적용하여 빈도별 확률홍수량 및 가능최대홍수량을 산정하고 홍수추적을 실시하여 저수지 설계시 고려해야할 사항에 대해 연구하였다. Lee, *et. al.*(2014)은 농업용 저수지의 수문학적 안전성의 평가를 위해 평가항목 및 지표를 설정하고 제시하였으며, 전문가를 대상으로 AHP 기법을 통해 항목의 계층화를 수립하고 중요도를 파악하였다. Park, *et. al.*(2015)은 계수화 모델과 AHP 기법을 이용하여 다각적인 위험요인을 고려한 저수지의 수문학적 안전성을 재평가하고, 다양한 농업용 저수지의 인자를 반영하기 위한 수문학적 안전성 평가항목을 선정 및 계수화 모델을 개발하였다. 연구결과 저수지의 수문학적 안전성을 확보하기 위한 단기적 방안과 장기적 방안의 필요성을 제시하였다.

재난관리에 대한 연구로 Shin(2004)은 한강유역 기존 댐의 극한홍수에 대한 수문학적 안전성 평가와 대처방안에 대한 연구를 통해 비상홍수터 관리 및 홍수 예·경보체계를 합리적이고 효율적으로 정비하고 비상대처계획을 준비·연습·갱신하여 대비함으로써 극대홍수 발생 시 재산 및 인명피해를 최소화하고 댐의 원활한 운영을 통해 수

리·수문학적 안정성이 확보될 수 있을 것으로 연구하였으며, Han(2006)은 EAP의 수립목적은 “댐 붕괴 등 비상상황이 발생하였을 때 하류부의 인명과 재산 손실을 최소화하기 위한 것”으로 설명하고, EAP 수립에 비상상황 확인, 비상연락체계 및 정보전달체계 수립, 평가 및 등급분류, 홍수범람 예측지도 작성, 주민대피계획 및 훈련방안, 비상시 응급행동요령 등이 포함되어야 한다고 제시하였다. Choi & Jung(2009)은 저수지 비상대처계획은 자연재해로 저수지 붕괴와 같은 대규모 비상상황이 발생할 경우 하류지역에 거주하고 있는 주민의 생명과 재산피해를 예방하거나 경감시킬 수 있는 사전준비와 행동요령을 마련하는 것이라 설명하고 저수지 비상대처계획의 필요성을 주장하였다. NEMA(2009)는 “댐 붕괴 등에 따른 비상대처계획(EAP) 수립지침” 작성방안 연구를 통해 댐 붕괴 발생원인 조사, 기준 설정방법, 안전성 평가 기법 및 재해발생 시 원인별 추적모의 방법 등을 제시하였으며, 비상대처계획(EAP)수립 지침을 변경하면서 비상단계를 ‘관심’, ‘주의’, ‘경계’, ‘심각’으로 설정하여 비상대처계획을 수립하는 것으로 지침을 마련하여 관련기관에 시달하였으며, 홍수, 지진 등에 의한 각 단계별 판단 징후를 제시하였다. 본 연구와 직접적인 관계가 있는 국외 사례를 살펴보면, 미국연방비상관리국(Federal Emergency Management Agency, FEMA)은 연방정부차원에서 댐에 홍수 등에 의한 비상상황이 발생하였을 때 상황 판단 및 등급을 구분하여 제시하고 있다(FEMA, 2013).

저수지 붕괴와 같은 비상상황이 발생하게 되면 막대한 피해가 발생할 우려가 있어 저수지 비상대처계획을 수립하여 운영하고 있으나 중소규모의 하천은 넓은 지역에 산재하고 있고, 연장 또한 매우 길기 때문에 이상강우에 대비하기 위한 비상대처계획을 수립하는 것은 현실적으로 매우 어려운 실정이다. 본 연구에서는 이러한 상황을 극복할 수 있는 방안의 하나로 하천의 상류지역에 위치한 저수지 물넘이 수위를 이용하여 하류하천에 나타날 수 있는 위험수준을 사전에 판단하고 하천을 관리하는 재난대응 기관에서 이상홍수와 같은 자연재난에 대응할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

II. 연구방법 및 대상지역 선정

1. 연구방법

본 연구의 목적은 돌발 홍수가 유입될 때에도 견딜 수 있도록 설계되고 설치된 저수지의 물넘이 월류수위를 이용하여 저수지보다 일반적으로 홍수대응능력이 낮게 계획된 하류하천에 대한 재난대응 지표로 활용할 수 있는지를 확인하고, 활용방안을 모색하는데 있다. 이를 위하여 연구목적에 맞는 대상저수지를 선정하고, 연구대상 저수지로 선정된 저수지의 하류지역 홍수분석을 위해 기상자료를 이용하여 저수지 상류부에 가능최대강수량(Probable Maximum Precipitation, PMP)의 발생으로 인해 가능최대홍수량(Probable Maximum Flood, PMF) 및 하류하천에 영향을 미치는 수문분석을 수행한다. 이들의 결과를 사용하여 저수지 물넘이 월류량이 하류하천에 미치는 영향을 분석하기 위하여 저수지 하류지역의 홍수량, 홍수위 및 도달시간 등의 산정 및 하류하천에 미치는 영향 분석하고 연구결과의 활용방안 모색하는 절차로 연구를 수행한다(〈Figure 1〉).

2. 대상유역 선정 및 특성

1) 대상저수지 선정

본 연구의 목적은 저수지 물넘이 월류수심을 이용한 하류지역의 비상상황을 예측하고 경고할 수 있는 지표를 만들고, 이를 통하여 저수지 하류지역 재난관리에 필

요한 방안의 마련에 있으며, 본 연구를 위해서 다음과 같은 조건을 고려하여 대상시설 및 지역을 선정하였다.

- ① 대상저수지는 이상홍수와 같은 자연재난 발생으로 위기상황이 발생하였을 때 하류지역에 인구 밀집지역이 있어 피해규모가 크게 예상되고, 어느 한 지역에 치우치지 않아 가급적 대표성을 가질 수 있는 지역에서 선정하는 것으로 고려한다. 또한, 연구의 목적을 달성하기 위해서는 저수지 물넘이에 홍수조절용 수문(사전 방류용 수문 제외)이 달려 있지 않은 자연월류식 물넘이로 설치된 저수지를 선정한다.
- ② 저수지의 하류부에 위치한 하천에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 대상하천이 하천정비기본계획 수립이 완료되어 하천에 관한 정보를 체계적으로 갖추고 있어 현 하천 상황자료를 구축할 때 연구자의 주관이 최소화 될 수 있는 하천이 유리하다. 규모가 작은 소하천과 규모가 큰 국가하천과 지방하천은 제외하고, 지방하천 중 80년에서 100년 빈도로 계획된 하천을 우선 고려한다.
- ③ 연구결과로 설정한 재난지표의 효과를 극대화하기 위해서는 저수지 하류지역에 읍·면소재지 등 인구밀집시설이 위치한 지역을 고려한다.

〈Table 1〉은 우리나라 저수지 규모별 현황이며, 총

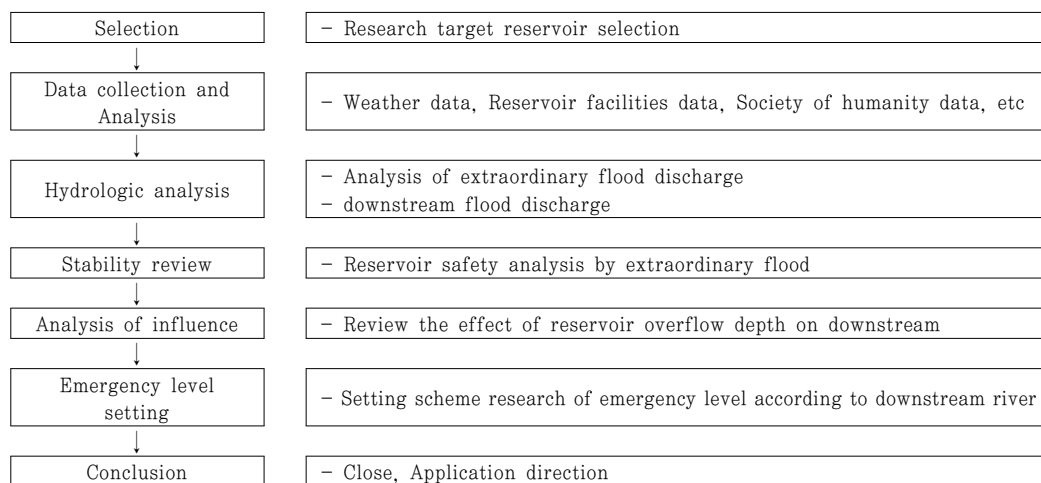


Figure 1. Flow chart for research

Table 1. Total storage condition by size

(Unit : Number)

Total	300,000m ³ <	300,000m ³ ~ 1,000,000m ³	1,000,000m ³ ~ 10,000,000m ³	10,000,000m ³ <
17,427	16,203	721	469	34

Table 2. Result of target reservoir selection

Reservoir				River		
Name	Location	Basin area (km ²)	Total storage (10 ³ m ³)	Name	Design frequency	Basin area (km ²)
Jangchan	Okcheon Iwon	5.13	5,389	Gunjincheon	80	15.43
Bocheong	Boeun Suhan	8.29	5,562	Hanggeoncheon	80~100	17.21
Sosu	Goesan Sosu	2.68	1,954	Dongjincheon	100	123.84

17,427개소 중 피해잠재성의 대표성을 가지는 1,000천m³ 이상 10,000천m³ 미만 저수지는 469개소이다(MAFRA, 2014).

위 사항을 기준으로 중부권에 위치하고, 저수용량이 비교적 커 피해 잠재성이 크고 대표성이 있을 것으로 예상되는 총저수량 1,000천m³이상에서 10,000천m³미만 저수지 469개소 중 물넘이 홍수조절용 수문이 설치되지 않고, 하류하천은 지방하천으로서 80년에서 100년 빈도로 계획된 저수지 3개소와 그 하류하천을 <Table 2>와 같이 연구대상지역으로 선정하였다.

2) 유역 및 하류지역 특성 분석

장찬저수지는 충청북도 옥천군 이원면에 위치하고 있으며, 4.74km²의 농경지에 용수공급을 위하여 1979년에 축조된 농업용 저수지로 총 5,389천m³의 용수를 저류하여 농업용수뿐만 아니라 갈수기에는 하천유지 용수를 공급하고 있으며, 저수지 상류유역 면적은 5.13km², 물넘이 연장은 60m이며 수문이 없는 자연월류식 형태를 가지고 있다(KRC, 2011c). 장찬저수지 하류부에는 지방하천인 건진천이 위치하고 있으며, 이원천을 통하여 금강으로 연결된다. 장찬저수지 하류부의 건진천 유역 내에 포함되는 행정구역은 옥천군 이원면이 해당되며, 이면면의 세대수와 인구는 2018년 9월 기준으로 각각 2,230세대 및 4,374명이 거주하고 있다. 주요 인구밀집 시설로는 이원면사무소, 초등학교, 중학교 등이 위치하고 있다(OCO, 2018).

보청저수지는 충청북도 보은군 수한면에 위치하고

있으며, 8.29km²의 농경지에 용수공급을 위하여 1981년에 축조된 농업용 저수지로 총 5,562천m³의 용수를 저류하여 농업용수뿐만 아니라 갈수기에는 하천유지 용수를 공급하고 있다(KRC, 2011a). 저수지 상류유역 면적은 22.71km²이며, 물넘이 연장은 130m이며 고무댐(연장 128.54m, 높이 1.3m) 형식으로 설치되어 있어 홍수기 이전에 사전방류가 가능하도록 되어 있다. 보청저수지 하류부에는 지방하천인 향건천이 위치하고 있으며, 보청천을 통하여 금강으로 연결된다. 보청저수지 하류부의 향건천 유역 내에 포함되는 행정구역은 보은군 수한면, 보은읍이 위치하고 있으며, 수한면과 보은읍의 세대수와 인구는 2018년 9월 기준으로 각각 7,763세대 및 17,115명이 거주하고 있다. 주요 인구밀집 시설로는 면사무소, 초등학교, 고등학교 등이 위치하고 있다(BCO, 2018).

소수저수지는 충청북도 괴산군 소수면에 위치하고 있으며, 2.68km²의 농경지에 용수공급을 위하여 1962년에 축조된 농업용 저수지로 총 1,950천m³의 용수를 저류하여 농업용수뿐만 아니라 갈수기에는 하천유지용수를 공급하고 있으며, 저수지 상류유역 면적은 6.52km², 물넘이 연장은 59m이며 자연월류식 형태를 가지고 있으나, 본체의 일부에 전도수문을 설치하여 홍수기 이전에 사전방류가 가능하도록 되어 있다(KRC, 2011b). 소수저수지 하류부에는 지방하천인 동진천이 위치하고 있으며, 달천을 통하여 한강으로 흘러들어 간다. 소수저수지 하류부의 동진천 유역 내에 포함되는 행정구역은 괴산군 소수면, 괴산읍이 위치하고 있으며, 소수면

과 과산읍의 세대수와 인구는 2018년 9월 기준으로 각각 6,436세대 및 12,974명이 거주하고 있다. 주요 인구 밀집 시설로는 면사무소, 초등학교 등이 위치하고 있다 (GCO, 2018).

위와 같이 연구대상으로 선정한 3개 저수지 하류에는 인구 밀집시설이 위치하고 있어 재난에 대응할 수 있는 체계적인 준비가 필요한 것으로 분석되었다.

III. 결과 및 고찰

1. 수문분석

저수지 상류 유역에서 유입되는 PMF를 산정하기 위하여 PMP를 추정하였으며, 하류하천에 유입되는 홍수량을 산정하기 위하여 각 하천의 설계빈도에 맞추어 빈도별 강수량을 산정하였다. 각 저수지에 대한 하류하천 소유역별 홍수량 산정에 이용하기 위한 지배관측소는 Thiessen망에 따른 지배면적 및 공간분포를 고려하여 선정하였으며, 각 기상관측소에 대한 연 최대치 강우자료의 구축(관측소별 1973년~2010년 자료 이용), 강우자료 시간간격 보정(임의시간)을 통해 확률강우량을 산정하였다. 장찬, 보청, 소수저수지의 하류하천에 대한

지배관측소는 금산, 보은 및 청주관측소로 선정되었으며, 확률강우량 산정 결과중 소수저수지의 결과는 <Table 3>과 같다.

저수지별 유역에 대한 유역중심을 결정하고 PMP도에서 유역중심을 기준으로 지속시간별 및 유역면적별 PMP를 추출하였다. 추출한 PMP를 강우깊이-유역면적과 강우깊이-지속시간에 대한 포락 및 균일화를 통해 장찬, 보청, 소수저수지 유역에 대한 PMP 추정 하였다. 추출한 PMP를 이용하여 포락 및 균일화 과정을 수행하고 저수지 상류유역의 PMP를 추정하였으며, 대상 면적 및 지속시간별 PMP 보간을 위한 최적 회귀식으로 장찬, 보청, 소수저수지 유역의 지속시간별 PMP를 <Table 4>와 같이 추정하였다.

2. 홍수량 산정

저수지 지점과 연구대상 저수지 하류부에 위치한 하천의 홍수량 산정을 위하여 저수지 상류유역과 하류지역의 지형특성을 고려하여 구분하였다. 연구대상 저수지인 장찬, 보청, 소수저수지와 하류하천에 대한 유역도는 <Figure 2>와 같다.

홍수량 산정 대상유역의 홍수도달시간 분석은 유역특

Table 3. Rainfall frequency of Sosu reservoir (Dongjincheon) in Chungju weather station

Return period (year)	Duration (hrs)									
	1	2	3	4	6	9	12	15	18	24
20	66.0	97.5	115.4	121.9	140.5	171.5	194.4	210.2	221.2	236.2
30	70.6	104.7	124.1	130.7	150.1	183.3	208.3	225.2	237.0	253.3
50	76.3	113.6	134.9	141.6	162.0	198.1	225.5	244.0	256.8	274.6
80	81.6	121.8	144.8	151.5	173.0	211.7	241.3	261.1	275.0	294.2
100	84.0	125.6	149.5	156.3	178.2	218.1	248.8	269.3	283.6	303.5
200	91.7	137.6	164.0	170.9	194.2	238.0	272.0	294.5	310.2	332.2
500	101.8	153.4	183.2	190.2	215.4	264.3	302.7	327.7	345.4	370.1

Table 4. PMP according to duration of watershed

(Unit : mm)

PMP	Duration (hrs)											
	1	2	3	4	6	9	12	15	18	24	48	72
Jangchan	132	222	272	321	410	492	537	619	665	759	870	938
Bocheong	132	226	276	326	414	497	542	623	669	764	878	954
Sosu	146	247	306	365	468	577	641	733	788	900	987	1,069

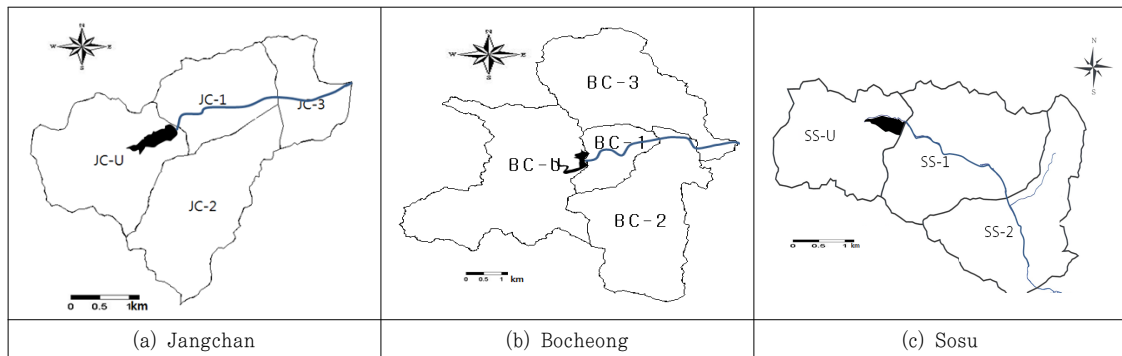


Figure 2. Reservoir and downstream watershed

성을 검토한 후 산간지역의 소유역에 적합한 California Culverts Practice 공식을 이용하여 산정하였다(KRC, 2011d). 이를 위해 1대 25,000 지형도에서 구간별 유로 연장 및 표고차를 분석하여 평균경사와 평균고저차를 산정하여 <Table 5>와 같이 정리하였다.

유출수문곡선지수를 산정하기 위해 유역의 특성분석 및 하천네트워크 작성시 적용한 1대 25,000 수치지도 (2005)를 기반으로 추출한 경계파일을 적용하였으며, 이를 통해 소유역별 유출곡선지수를 산정하였다. 강우의 시간분포는 Huff 분포를 채택하였으며, 지배관측소인 금산, 보은 및 청주관측소에 대한 실측호우사상별 구간분할 결과를 활용하였다. 홍수량 산정을 위한 강우모형을 구성할 경우에는 전체자료에 대한 결과보다는 평균 강우강도보다 큰 강우강도를 이용한 결과가 중요하므로 각 관측소별 무차원누가곡선의 결정은 평균 강우

강도보다 큰 중호우로 결정하였다(Choi, *et. al.*, 2011).

1) 저수지 상류유역의 PMF 산정

홍수량 산정은 미계측 유역에 적용되고 있는 SCS (Soil Conservation Service)합성단위도법과 Clark 유역추적법이 있으며 본 연구에서는 SCS 무차원단위도법을 이용하여 홍수량을 산정하고, Huff 분포를 적용하여 강우의 시간분포를 수행하였다. SCS 모형은 미국 농무성 토양보존국에서 개발하여 소유역의 홍수유출계산에 사용되고 있는 SCS 합성수문곡선법(SCS Synthetic Unit Hydrograph Method, SCS SUH)으로 배수구역의 침투홍수량과 더불어 홍수유출 수문곡선을 작성하는데 적용되고 있다. 이상의 방법에 의해 저수지 물넘이를 월류하는 홍수위를 산정하기 위한 상류부에서 유입되는 PMF의 산정결과는 <Table 6>과 같으며, 장찬

Table 5. Geometrical characteristics and concentration time according to sub-basins

Reservoir	Subbasin	Geometrical characteristics				Concentration time (hrs)
		Area (km ²)	Length (km)	Height difference (m)	Slope (m/km)	
Jangchan	JC-U	5.13	1.69	308.92	182.79	0.19
	JC-1	3.26	1.32	117.35	88.90	0.21
	JC-2	5.42	4.73	211.71	44.76	0.73
	JC-3	2.23	1.52	124.43	81.86	0.24
Bocheong	BC-U	22.71	9.03	138.1	15.3	1.80
	BC-1	5.03	2.80	110.9	39.6	0.51
	BC-2	18.51	9.60	86.8	9.0	2.32
	BC-3	17.27	7.57	83.7	11.1	1.78
Sosu	SS-U	6.52	3.20	97.4	30.4	0.62
	SS-1	8.72	4.89	77.0	15.8	1.11
	SS-2	7.47	5.19	94.8	18.3	1.10

Table 6. Estimation of PMF

(Unit : m³/s)

Reservoir	Duration (hrs)									
	1	2	3	4	6	9	12	15	18	24
Jangchan	234	275*	241	219	193	156	129	119	107	92
Bocheong	348	617	669	693	694*	617	528	499	453	394
Sosu	204	289*	277	270	247	211	179	165	149	128

* : PMF

저수지는 2시간 강우 지속조건에서 275m³/s, 보청저수지는 6시간 강우지속조건에서 694m³/s, 소수저수지는 2시간 강우 지속조건에서 289m³/s로 나타났다.

2) 하류하천 재현기간별 홍수량 산정

저수지 하류하천에 대한 홍수위 추적에 이용되는 하류하천 소유역별 빈도별 홍수량은 SCS 무차원단위도법, Clark 유역추적법으로 산정하고, 기왕의 하천정비 기본계획 홍수량과 비교하여 적용 홍수량을 결정하였으며, 결과는 <Table 7>과 같다.

3. 저수지 안정성 및 하류하천 영향분석

1) 저수지 안정성 분석

저수지별 PMF에 대한 수문학적 안정도 검토를 수행

하였다. 수위에 따른 저수지별 방류량을 산정 하였으며, 수위별 저수량은 저수지의 내용적 자료를 활용하였다. 산정된 PMF를 적용하여 장찬, 보청, 소수저수지에 대한 홍수추적을 실시하였으며 저수지별 최고홍수위 산정 결과는 <Table 8>과 같다.

이상과 같은 저수지 수문학적 안정도를 검토한 결과 <Figure 3>과 같이 장찬저수지는 강우지속시간 4시간의 PMF 219m³/s 유입시에 최대방류량 177m³/s, 첨두홍수위가 El.167.2m로 제체 비월류부 El.169.0m를 초과하지 않는 것으로 분석되었다. 보청저수지는 강우지속시간 6시간의 PMF 694m³/s 유입시는 최대방류량 685m³/s, 첨두홍수위가 El.212.1m로 제체 비월류부 El.214.1m를 초과하지 않는 것으로 나타났으며, 소수저수지는 강우지속시간 4시간의 PMF 270m³/s 유입시는 최대방류량

Table 7. Design floods for sub-basins at downstream of reservoir

(Unit : m³/s)

Reservoir (Downstream)	Sub-basin	Return period (yrs)	
		80	100
Jangchan (Gunjincheon)	JC-1	74	-
	JC-2	94	-
	JC-3	53	-
Bocheong (Hanggeoncheon)	BC-1	-	109
	BC-2	233	-
	BC-3	242	-
Sosu (Dongjincheon)	SS-1	-	82
	SS-2	-	72

Table 8. Hydrologic stability review result of Jangchan reservoir

Sort	Duration (hr)	Initial water level (El,m)	Peak flood discharge (m ³ /s)	Max discharge (m ³ /s)	Max water level (El,m)
Jangchan	4	166.0	219.0*	177.0*	167.2*
Bocheong	6	210.3	694.0*	685.0*	212.1*
Sosu	4	191.0	270.0*	249.0*	192.5*

* : Flood water level during PMF inflow and max discharge

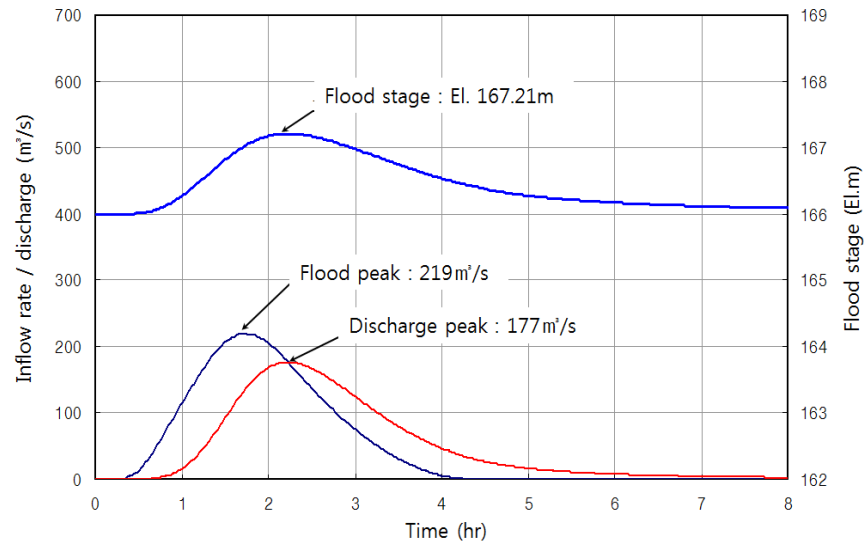


Figure 3. Flood routing result of Jangchan reservoir about PMF

249m³/s, 첨두홍수위가 El.192.5m로 제체 비월류부 El.194.7m를 초과하지 않는 것으로 분석되었다.

2) 하류하천 영향분석

장찬저수지는 건진천의 최상류부에 위치하고 있으며, 장찬저수지와 주변 유역에서 유입된 홍수는 건진천과 이원천을 통하여 금강으로 흘러들어 가게 된다. 본 연구에서는 장찬저수지 상류유역의 홍수가 많은 영향을 미칠 것으로 판단되는 건진천 전체 연장 3.68km 구간을 대상으로 저수지 월류 수심에 대한 영향을 분석하였다. 장찬저수지의 물넘이 월류수심은 만수위(El.166.0m)로부터 앞서 산정한 PMF 수위(El.167.3m)를 참고하여 0.0m에서 1.3m까지 매 0.1m로 늘려가면서 하류 건진천에 미치는 영향을 분석하였다. 장찬저수지의 계획홍수위는 El.167.0m이며, 이때의 월류수심은 1.0m이다. 하류하천 건진천을 주요 교량 지점 등 총 46지점으로 나누어 횡단자료를 입력하였고, HEC-RAS 모형을 이용하여 건진천에 미치는 영향분석을 통하여 하류하천 홍수위 변화를 도출하였다. 분석결과 장찬저수지 하류하천인 건진천은 장찬저수지 물넘이에서 월류가 시작되기 전에 하류 유역에서 유입된 홍수만으로 하천 계획홍수위의 100분의 50을 초과하고 있으며, 물넘이 평균 월류수심 0.57m일 때 하천 계획홍수위의 100분의 80 초과,

물넘이 평균 월류수심 0.95m일 때 하천 계획 홍수위 초과, 하천제방의 월류는 물넘이 평균수심 1.16m일 때 나타나는 것으로 산정되었다.

장찬저수지와 동일한 방법을 적용하여 보청저수지와 소수저수지를 분석하였으며, 분석결과 보청저수지 하류하천인 항건천은 보청저수지 물넘이 평균 월류수심 0.25m일 때 하천 계획홍수위의 100분의 50 초과, 물넘이 평균 월류수심 0.86m일 때 하천 계획홍수위의 100분의 80 초과, 물넘이 평균 월류수심 1.23m일 때 하천 계획 홍수위 초과, 하천제방의 월류는 물넘이 평균수심 1.69m일 때 나타나는 것으로 산정되었다.

소수저수지 하류하천인 동진천은 소수저수지 물넘이 평균 월류수심 0.19m일 때 하천 계획홍수위의 100분의 50 초과, 물넘이 평균 월류수심 0.55m일 때 하천 계획홍수위의 100분의 80 초과, 물넘이 평균 월류수심 1.05m일 때 하천 계획 홍수위 초과, 하천제방의 월류는 물넘이 평균수심 1.47m일 때 나타나는 것으로 산정되었다.

4. 고찰 및 활용방안

위의 산정 결과를 토대로 분석해 본 결과는 <Table 9>와 같다. 장찬(건진천), 보청(항건천), 소수(동진천) 저수지의 월류 수심으로 인해 하류하천에 미치는 영향

은 하천 계획홍수위의 100분의 50 초과는 저수지 평균 월류수심의 12%일 때, 100분의 80 초과는 저수지 평균 월류수심의 56%일 때, 하천 계획홍수위 초과는 저수지 평균 월류수심의 92%일 때, 하천제방 월류는 저수지 평균 월류수심의 122.8%일 때로 나타났다.

현재의 비상대처계획과 관련된 법령과 규정은 댐 및 저수지의 붕괴 가능성으로 인해 하류지역에 미치는 주민의 인명과 재산피해를 최소화하기 위한 목적으로 수립되고 있다. 비상대처계획의 주안점이 댐 및 저수지의 붕괴에 맞춰져 있기 때문에 저수지 하류에 위치한 하류 하천의 위험성에 대해서 제공하는 정보는 매우 제한적이다. 이는 저수지 설계홍수 빈도와 하천홍수 빈도가 서로 다르게 때문에 통수능력 상이에 따른 대비책이 필요한 이유이다. 즉, 홍수방어 능력이 큰 저수지를 이용

하여 하류하천의 영향을 분석하고 이를 이용할 필요가 있다는 반증이기도 하다. 따라서 본 연구 결과에서 분석된 자료를 바탕으로 저수지 물넘이 월류수심에 해당하는 홍수 방류량을 이용하여 하류하천에 대한 경보체계로 활용하게 되면 하천 인근 주민의 생명과 재산피해를 최소화 하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

5. 하류하천을 고려한 재난지표 활용방안

1) 재난지표 제안 및 활용방안

이상홍수와 같은 비상상황발생시 초기 대응은 매우 중요하다. 댐 및 저수지의 비상대처계획을 수립할 경우에는 비상상황발령 최초 시기인 관심단계의 설정 및 징후 판단은 시설관리자, 지방자치단체 등 재난대응 기관들의 초기 대응이 용이하도록 설정할 필요가 있

Table 9. Relation between spillway overflow depth of each reservoir and water level change of downstream river

Sort		Reservoir			Mean	
		Jangchan	Bocheong	Sosu		
1	Spillway initial overflow level (El.m)	166.0	210.3	191.0		
	Design spillway flood stage	Overflow depth (m)	1.0	1.3	1.2	1.17
		Flood stage (El.m)	167.0	210.6	192.2	
	Spillway PMF overflow level (El.m)	167.21	212.1	192.53		
Reservoir dam altitude (El.m)	169.0	214.1	194.7			
2	Subject of study river extension (km)	3.68	5.35	5.60		
	Total cross-section input point number	46	115	63		
	Design flood stage 50/100 excess	Point number	46	115	63	
		Overflow depth (m)	0.0	0.0~0.7 (avg 0.25)	0.0~0.4 (avg 0.19)	
		Ratio (%)	-	19.2	15.8	12.0
	Design flood stage 80/100 excess	Point number	37	115	63	
		Overflow depth (m)	0.1~1.3 (avg 0.57)	0.1~1.1 (avg 0.86)	0~1.2 (avg 0.55)	
		Ratio (%)	57.0	66.2	45.8	56.0
	Design flood stage excess	Point number	33	115	62	
		Overflow depth (m)	0.6~1.3 (avg 0.95)	1.0~1.3 (avg 1.23)	0.8~1.6 (avg 1.05)	
		Ratio (%)	95.0	94.5	87.5	92.0
	Bank of river overflow	Point number	5	49	21	
Overflow depth (m)		1.1~1.3 (avg 1.16)	1.3~1.8 (avg 1.69)	1.1~1.6 (avg 1.47)		
Ratio (%)		116.0	130	122.5	122.8	

1: Reservoir, 2: Downstream river

Ratio (%): Between spillway average overflow water level (m) and spillway design flood stage

다. 따라서 연구결과를 바탕으로 비상단계의 초기단계인 ‘관심단계’를 “기상특보 발령부터 저수지 물넘이 계획 홍수 월류수심의 10%에 해당하는 수위까지”로 설정한다면 댐·저수지 방류상황과 하류하천 수위변화를 활용하여 초기 재난대응이 유리할 것으로 판단된다. 또한 ‘주의단계’는 “대규모 홍수로 댐 수위가 계획홍수위의 10%에서 100%에 해당하는 수위”로 설정하게 되면 하류하천의 계획홍수위를 초과하여 하천 제방을 월류하기 전에 필요한 재난대응을 하는데 도움을 줄 수 있다.

댐·저수지 월류수심을 기준으로 하류하천에 대한 홍수에·경보를 위한 재난지표로 활용하고자 한다면 <Table 9>의 분석결과를 참조하고, 하천·지역특성을 고려하여 비상단계를 적절하게 설정할 수 있을 것이다. 예를 들어 ‘관심단계’는 “기상특보 발령부터 댐·저수지 물넘이 계획 홍수 월류수심의 10%에 해당하는 수위까지”, ‘주의단계’는 “대규모 홍수로 댐 수위가 계획홍수위의 10%에서 50%에 해당하는 수위”, ‘경계단계’는 “대규모 홍수로 댐·저수지 수위가 계획홍수위의 50%에서 90%에 해당하는 수위”, ‘심각단계’는 “대규모 홍수로 댐 수위가 계획홍수위의 90%를 초과예상 또는 초과할 때”로 설정할 수 있을 것이다.

본 연구결과는 댐·저수지 설계기준에 따라 설치되어 물넘이와 댐의 여유고가 확보되어 있고, 저수지 하류하천 설계기준빈도가 80에서 100년으로 계획되어 있

으며, 물넘이에 홍수조절을 위한 별도의 수문을 설치하지 않은 저수지를 대상으로 수문검토를 통해 비상단계의 검토 및 설정 등 재난지표로 활용 가능할 것으로 판단되지만 본 연구결과는 일부 지역에 위치한 3개 저수지와 그 하류하천을 대상으로 분석하였기 때문에 전국의 많은 저수지와 해당 하류하천에 일률적으로 적용하기에는 무리가 있을 수 있다. 이는 각 하천이 위치한 지역의 수리·수문학적 조건과 다양한 지역적 특성이 존재하기 때문에 각 저수지와 하천을 대상으로 별도의 조사·분석을 실시하거나 좀 더 많은 연구를 실시한다면 좀더 많은 저수지에 적용이 가능할 수 있을 것으로 사료된다.

연구결과에 따른 비상단계 판단조건 활용(안)은 <Table 10>과 같다.

2) 가상시나리오에 의한 개선된 재난지표 적용

개선된 비상단계(안)의 타당성을 검증하기 위하여 가상의 시나리오를 <Table 11>과 같이 만들어 비교하였다. 시나리오를 통해 비교 분석한 결과는 기존 방법으로 하류하천 전구간을 지속적으로 관찰하여 09:10분에 대피 유도를 시작할 수 있을 것으로 추정되지만, 연구를 통하여 하천의 위험 지역을 미리 알고 있게 되면 이보다 20여분 이상이 빠른 08:50 이전에 하류하천 위험지역에 경보를 발령하고, 09:00에는 대피명령을 내릴 수 있어 긴박한 위기상황에서 지역주민의 생명과 재

Table 10. Decision condition of emergency level (sign) change (idea)

Emergency level	Study result decision condition (idea)		
	Jangchan (El,m)	Bocheong (El,m)	Sosu (El,m)
Attention (Blue)	From appointment of weather special report to 10% of reservoir spillway design flood overflow water level		
	~ 166.1	~ 210.4	~ 191.1
Caution (Yellow)	From 10% to 100% of reservoir spillway design flood overflow water level		
	166.1 ~ 167.0	210.4 ~ 211.6	191.1 ~ 192.2
Alert (Orange)	Excess of 100% reservoir spillway design flood overflow water level or overflow of dam expectation by PMF		
	167.0 ~	211.6 ~	192.2 ~
Danger (Red)	Overflow of dam occurrence or approaching of overflow by PMF		

산을 보호할 수 있는 대처 시간을 20여분 정도를 추가로 확보할 수 있을 것으로 나타났다. 그리고 저수지 물 넘이에서 최초 하천 제방 월류가 예상되는 저수지 하류 부 1.50km 지점까지의 홍수도달시간은 8분 정도로 이 시간 또한 재난상황에서 추가로 확보할 수 있는 시간으로 나타나 총 28분 정도의 재난 대응시간을 확보할 수

Table 11. Imaginary scenario of emergency situation

Time	Disastrous situation	Disaster countermeasures agency corrective measure	
		Existing (Emphasis on reservoir)	Research result (Connection with downstream river)
am, 05:00	<ul style="list-style-type: none"> Appointment of heavy rain advisory because of typhoon Concern about large-scale damage because of abnormal heavy rain 	<ul style="list-style-type: none"> Observe weather situation closely Surveillance activity of sign and monitoring Patrol scene and inspection 	<ul style="list-style-type: none"> Observe weather situation closely Surveillance activity of sign and monitoring Patrol scene and inspection
08:30 (0.0m)	<ul style="list-style-type: none"> Beginning of spillway overflow 	<ul style="list-style-type: none"> Observation and gaze of rainfall condition Observation of river's water level and gaze Observation of river situation and provision of situation information to related organization Expand human and material resources for correspondence(restoration) Observe closely direct downstream's situation and comprehend 	<ul style="list-style-type: none"> Rainfall condition, observation and gaze of reservoir Observation of river situation and provision of situation information to related organization Expand human and material resources for correspondence(restoration) Concentrate upon observation of downstream's danger area Resident evacuation and warning in expectation area of river bank's overflow collapse(preparation of evacuation)
08:40 (0.2m)	<ul style="list-style-type: none"> 10% of flood water level overflow (Overflow depth 0.13m) 		
08:50 (0.4m)			
09:00 (0.6m)			
09:10 (0.8m)	<ul style="list-style-type: none"> 50% of flood water level overflow (Overflow depth 0.65m) 	<ul style="list-style-type: none"> 09:10 Evacuation orders to part of overflow area following acquisition information 	<ul style="list-style-type: none"> Resident evacuation order in expected overflow collapse of river bank (When overflow depth is 0.65m) Additional evacuation order following increase of overflow water level ※ All of downstream river is dangerous when overflow depth reach 1.5m
09:20 (1.0m)	<ul style="list-style-type: none"> Part of river bank's overflow begin (When overflow depth is 0.8m) 		
09:30 (1.1m)			
09:40 (1.3m)	<ul style="list-style-type: none"> Spillway flood stage excess (Overflow depth 1.3m) 		
09:50 (1.5m)	<ul style="list-style-type: none"> 110% of flood stage excess (Overflow depth 1.43m) 	<ul style="list-style-type: none"> 09: 50 Early warning to downstream area with EAP applied Provision of flood and discharge flow data to related organization 	
10:00 (1.6m)	<ul style="list-style-type: none"> Occurrence of max flood stage because of inflow of PMF Reservoir institution is all right but dangerous situation is predicted. 	<ul style="list-style-type: none"> Dangerous situation of reservoir and coping activities Emergency situation notice using loudspeaker, siren, radio and TV to resident in the expected inundated area because of reservoir collapse 	<ul style="list-style-type: none"> Continuous situation monitoring and propagation Dangerous situation of reservoir and coping activities Resident relief efforts in downstream flooded area Emergency situation notice using loudspeaker, siren, radio and TV to resident in the expected inundated area because of reservoir collapse
10:15 (1.7m)			
10:30 (1.8m)			
10:45 (1.8m)			
11:00 (1.7m)			
12:00 (1.6m)			
13:00 (1.2m)	<ul style="list-style-type: none"> Decrease of reservoir overflow water level because of precipitation reduction 	<ul style="list-style-type: none"> Continuous disaster response activities Provision of flood and discharge flow data to related organization 	<ul style="list-style-type: none"> Continuous disaster response activities Provision of flood and discharge flow data to related organization
14:00 (0.7)			
15:00 (0.2)	<ul style="list-style-type: none"> Decrease of reservoir overflow water level because of precipitation reduction sustainedly 	<ul style="list-style-type: none"> Continuous disaster response activities Surveillance activity of sign and monitoring 	<ul style="list-style-type: none"> Continuous disaster response activities Surveillance activity of sign and monitoring
16:00 (0.0)			

있을 것으로 추정되었다.

이상의 결과는 가상적인 상황을 가정하여 추정된 연구결과로 실제상황과는 다르게 발생할 수 있으나, 각 저수지에 대한 하류하천에 대한 영향분석을 미리 검토하고 재난지표로 활용한다면 실제 재난상황이 발생하였을 때 도움을 줄 수 있을 것이다.

IV. 결론

본 연구에서는 저수지 상류에서 유입되는 PMF로 인한 저수지에 미치는 영향과 안정도를 검토하였고, 저수지를 통해 방류되는 물넘이 월류수심과 하류하천 수위 변화의 관계를 분석하여 자연재난 대응에 필요한 초기 비상단계의 효율적인 설정 방안을 강구하기 위한 연구를 실시하였으며 결과는 다음과 같다.

1. 대상 저수지 상류에서 유입되는 PMF를 적용하여 제체 월류 여부와 여유고를 검토한 결과 장찬저수지는 1.79m, 보청저수지는 2.0m, 소수저수지는 2.17m의 여유가 있어 월류하지 않는 것으로 분석되었으며, 저수지 이상홍수에 의한 비상홍수에 대응하고자 할 때 저수지 물넘이 월류수심 변화를 이용할 수 있는 것으로 확인되었다.

2. 하천의 상류부에 위치한 저수지의 물넘이 월류수심(방류량)과 하류하천 수위 변화 관계를 이용하여 저수지 하류하천에 미칠 수 있는 영향을 물넘이 월류수심을 기준으로 판단하고 재난에 대응할 수 있는 지표로 활용이 가능할 것으로 예측되었다.

3. 비상관리단계 중 초기단계인 ‘관심단계’를 “기상 특보 발령부터 저수지 물넘이 계획 홍수 월류수심의 10%에 해당하는 수위까지”로 설정한다면 저수지에 비상상황이 발생하기 전이라도 하류지역 주민에게 사전경보가 가능할 것으로 판단하였다.

4. 강우가 지속되어 물넘이 월류수심이 지속적으로 증가될 것으로 예상되는 ‘주의단계’는 “대규모 홍수로 저수지 물넘이 계획홍수위의 10%에서 100%에 해당하

는 수위”로 구체적으로 설정하면 하류하천의 계획홍수위에 도달하여 하천 제방을 월류하기 전에 지자체와 등 재난대응기관에서 하류하천 취약지역에 주민대피 경고, 또는 대피명령을 내리는 등 필요한 재난대응을 하는데 도움을 줄 것으로 나타났다.

5. ‘관심’과 ‘주의’ 단계는 저수지 월류수위를 기준으로 저수지 하류지역에 대한 재난대응 지표로 활용하고, ‘경계’와 ‘심각’ 단계는 기존의 저수지 시설관리기관에서 저수지 중심의 재난대응 지표로 동시에 활용함으로써 재난대응에 유리해질 것이다.

이상의 결과는 저수지 중심의 재난대응에서 저수지 물넘이 월류수심을 이용하여 하류하천과 저수지를 동시에 고려할 수 있는 재난대응 체계를 구축하는데 유용하게 이용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 최근 우리나라 저수지에는 저수량 관리를 목적으로 자동수위계 측기가 설치되고 있으며, 측정된 저수지 수위 값은 스마트폰과 같은 모바일기로 실시간 확인이 가능하기 때문에 급격한 수위 상승에 의한 위험성 파악이 용이하여 취득된 저수지 물넘이 월류 수위변화 정보는 재난대응에 즉시 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 국토교통부 국토교통기술 지역특성화사업의 연구비지원에 의해 수행된 연구입니다(18RDRP-B134213-06).

References

- Choi, Hyun Soo, Seung Jin Maeng, and Byong Joon Kim. 2011. Flood Analysis of the Downstream Area of Dam by DAMBRK Model. *Crisisonomy*. 7(1): 159-174.
- Choi, Hyun Soo and Sung Gyu Jung. 2009. Emergency Action Plan(EPA) for Reservoir. *Rural and Environmental Engineering Journal*. 105: 82-91.
- Choo, Tai Ho, Seung Jin Maeng, Sang Woo Kim, Hyung San

- Kim, and Ji Hye Jeong. 2013. Analysis on Hydrologic Stability of Miho Reservoir Using Probable Maximum Flood. *Crisisonomy*. 9(2): 23-32.
- Federal Emergency Management Agency(FEMA). 2013. Federal Guidelines for Emergency Action Planning for Dams, FEMA Publication No. P-64
- Han, Kun Yeon. 2006. Emergency Action Plan for Dam and Reservoir Collapse: Effective Handling of Scenarios. *KRC*. 249: 61-69.
- Kim, Dong Joo, Hyung San Kim, Seung Jin Maeng, and Ju Ha Hwang. 2018. Developing an Index for Emergency Action Plan Using Flood Characteristics: The Case of Saemangeum Lake. *Crisisonomy*. 14(7): 101-116.
- Korea Rural Community Corporation(KRC). 2011a. Emergency Action Plan of Bocheong Reservoir.
- Korea Rural Community Corporation(KRC). 2011b. Emergency Action Plan of Sosu Reservoir.
- Korea Rural Community Corporation(KRC). 2011c. Emergency Action Plan of Jangchan Reservoir.
- Korea Rural Community Corporation(KRC). 2011d. Guidelines for Research and Design.
- Lee, Jae Ju, Kyoung Hoon Rhee, Jong Seok Park, Chang Wha Han, and Wan Gyu Jin. 2014. Development of Evaluation Items and Indicators for Hydrological Safety on Agricultural Reservoir. *Journal of Wetlands Research*. 16(4): 403-411.
- Maeng, Seung Jin, Hyung San Kim, Ji Hye Jeong, and Sang Woo Kim. 2014. Analysis on Hydrologic Stability of Agricultural Reservoir According to Estimation and Application of Probable Maximum Flood. *Crisisonomy*. 10(2): 105-115.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA). 2014. Statistical Yearbook of Agricultural Production Infrastructure Maintenance Project.
- National Emergency Management Agency(NEMA). 2009. Emergency Action Plan(EAP) Guidelines for Dams and Reservoir Collapse.
- Park, Jong Seok, Kyoung Hoon Rhee, Jae Ju Lee, Choon Soek Shim, Wan Gyu Jin, and Young Hu Shin. 2015. Development of Hydrological Safety Evaluation Model for Agricultural Reservoir. *Journal of Wetlands Research*. 17(2): 130-138.
- Shin, Eun Woo. 2004. The Evaluation of Dam Safety and Measures for Extreme Floods in Han River Basins. Ph. D. Dissertation. University of Seoul.
- Boeun Country Office(BCO). 2018. URL: <http://www.boeun.go.kr>
- Goesan Country Office(GCO). 2018. URL: <http://www.goesan.go.kr>
- Okcheon Country Office(OCO). 2018. URL: <http://www.oc.go.kr>
- Korean References Translated from the English*
- 김동주, 김형산, 맹승진, 황주하. 2018. 홍수특성을 이용한 새만금호 비상대처계획 지표 개발. *Crisisonomy*. 14(7): 101-116.
- 농림축산식품부 · 한국농촌공사. 2014. 농업생산기반정비사업통계연보.
- 맹승진, 김형산, 정지혜, 김상우. 2014. 가능최대홍수량 산정과 농업용저수지의 수문학적 안정성. *한국위기관리논집*. 10(2): 105-115.
- 박종석, 이경훈, 이재주, 심춘석, 진완규, 허신영. 2015. 농업용저수지의 수문학적 안전성 평가를 위한 계수화 모델 산정. *한국습지학회지*. 17(2): 130-138.
- 소방방재청. 2009. 댐 · 저수지 붕괴 등에 따른 비상대처계획(EAP)수립지침.
- 신은우. 2004. 극대홍수에 대한 한강유역 기존 댐의 수문학적 안전성 평가 및 대처방안 연구. 서울시립대학교 박사학위논문.
- 이재주, 이경훈, 박종석, 한창화, 진완규. 2014. 농업용 저수지 수문학적 안전성 평가 항목 및 지표 개발. *한국습지학회지*. 16(4): 403-411.
- 최현수, 맹승진, 김병준. 2011. DAMBRK 모형에 의한 댐 하류 지역의 홍수분석. *한국위기관리논집*. 7(1): 159-174.
- 최현수, 정성규. 2009. 저수지 비상대처계획(EAP)의 이해. *농어촌과 환경*. 105: 82-91.
- 추태호, 맹승진, 김상우, 김형산, 정지혜. 2013. 가능최대홍수량을 적용한 미호저수지의 수문학적 안전성 평가. *한국위기관리논집*. 9(2): 23-32.
- 한건연. 2006. 댐 · 저수지 붕괴에 대비한 EAP(비상대처계획): 시나리오에 따른 효율적 대처 필요. *휴사랑 물사랑*. 249: 61-69.
- 한국농어촌공사. 2011a. 보청저수지 비상대처계획수립보고서.
- 한국농어촌공사. 2011b. 소수저수지 비상대처계획수립보고서.
- 한국농어촌공사. 2011c. 장찬저수지 비상대처계획수립보고서.

한국농어촌공사. 2011d. 조사설계실무요령.

괴산군. 2018. <http://www.goesan.go.kr>

보은군. 2018. <http://www.boeun.go.kr>

옥천군. 2018. <http://www.oc.go.kr>

Received: Oct. 2, 2018 / Revised: Oct. 22, 2018 / Accepted: Oct. 29, 2018

물넘이 월류수심을 고려한 농업용 저수지 비상단계 설정

국문초록 이상기후로 인한 강우발생 및 홍수는 저수지 하류에 위치한 하천과 하천 주변에 거주하는 사람들의 안전에 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서는 PMF발생에 따른 하천의 상류지역에 위치한 저수지 물넘이 수위를 이용하여 하류하천에 나타날 수 있는 위험수준을 사전에 판단하고 하천을 관리하는 재난대응 기관 및 주민들에게 자연재난에 대응할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다. 연구결과 비상관리단계 중 초기단계인 ‘관심단계’를 “기상특보 발령부터 저수지 물넘이 계획 홍수 월류수심의 10%에 해당하는 수위까지”로 설정하고, ‘주의단계’를 “대규모 홍수로 저수지 물넘이 계획홍수위의 10%에서 100%에 해당하는 수위”로 구체적으로 설정한다면 하류하천의 계획홍수위에 도달하여 하천 제방을 월류하기 전에 지자체와 등 재난대응기관에서 하류하천 취약지역에 주민대피 경고, 또는 대피명령을 내리는 등 필요한 재난대응을 하는데 도움을 줄 것으로 분석되었다. 이상의 결과는 저수지 중심의 재난대응에서 저수지 물넘이 월류수심을 이용하여 하류하천과 저수지를 동시에 고려할 수 있는 재난대응 체계를 구축하는데 유용하게 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

주제어 : 가능최대홍수량, 농업용저수지, EAP

Profiles **Hyun Soo Choi** : Obtained a doctor of engineering degree in “Establishing Emergency Levels According to Spillway Overflow Depth for Agricultural Reservoirs” (August, 2016) from Chungbuk National University, currently he is working at the Korea Rural Community Corporation(hskrc@ekr.or.kr).

Ju Ha Hwang : He obtained a master degree in Environmental and Agricultural Water Engineering with the thesis title of “Comparison of Probable Maximum Flood by Variation of Curve Number in HEC-HMS Model”(February, 2010), from Chungbuk National University, currently he is candidate of doctor degree in Chungbuk National University(ultras3@naver.com).

Seung Jin Maeng : Obtained a doctor of agriculture degree in “Estimation of design flood by the determination of best fitting order of LH-Moments” (February, 2002) from Chungbuk National University, currently he is working as professor in Chungbuk National University. The main areas of research are statistical hydrology, development of rainfall-runoff model, and area of hydrological data measurement, current activities include director society of agricultural engineering, the editorial board member in Journal Korea Water Resources Association(maeng@chungbuk.ac.kr).

Hyung San Kim : Obtained a doctor of engineering degree in “Estimating probable annual maximum daily streamflow on climate change” (February, 2015) from Chungbuk National University, currently he is working as a researcher at the Korea Water Resources Corporation(kamakim486@hanmail.net).

