

가능최대홍수량 산정과 적용에 의한 농업용저수지의 수문학적 안정성*

Analysis on Hydrologic Stability of Agricultural Reservoir According to Estimation and Application of Probable Maximum Flood

Seung Jin Maeng, Hyung San Kim**, Ji Hye Jeong***, Sang Woo Kim****

Department of Public Administration, Chungbuk National University, 52 Naesudong-ro, Heungduk-gu, Cheongju, Korea

Abstract

The probable maximum precipitation(PMP) at Biryong reservoir and Wonnam reservoir, both selected as the target reservoirs, was recalculated using the flood control system for the reservoir. The hydrological stability of the reservoirs was investigated by tracking the flood water level of the target reservoirs using the spillway discharge based on water level changed by the calculated PMP. Results of the investigation on the hydrological stability of the Biryong reservoir and Wonnam reservoir showed that the maximum water level did not overflow the full reservoir level in both reservoirs. However, hydrological stability could not be secured because the allowable height fell short by 1.2m and 1.5m, respectively. The analysis also found that structural measures such as spillway expansion or non-structural measures, like reservoir operating rules for the flood season, are needed to ensure the hydrological stability of the two reservoirs. The probable maximum flood(PMF) at the Biryong reservoir and Wonnam reservoir calculated by applying the change in reservoir design criteria exhibited a higher peak flood of about 150~285%, compared to the 200-year frequency probability flood calculated using the reservoir design standards of the past.

Key words: flood control system for reservoir, probable maximum precipitation, hydrologic stability, probable maximum flood

* 본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(12기술혁신C01)에 의해 수행되었습니다.

** Corresponding author. Tel. +82-70-8227-2762. Fax. +82-43-271-5922

E-mail. kimhs@chungbuk.ac.kr

*** Tel. +82-70-8227-2762. E-mail. jeongjihye@cbnu.ac.kr

**** Tel. +82-42-479-8401. E-mail. mrkim97@ekr.or.kr

Submission & Publication Process

Received: Jan. 11, 2014 / Revised: Jan. 22, 2014 / Accepted: Feb. 10, 2013

국문초록

대상저수지로 선정된 충청북도 보은군 속리산면에 위치한 비룡저수지 및 충청북도 진천군 초평면에 위치한 원남저수지의 가능최대홍수량을 농업용저수지치수관리시스템을 사용하여 재산정하고, 산정된 가능최대홍수량에 의해 변화되는 수위별 여수로 방류량을 계산하여 대상저수지의 홍수위를 추적함으로써 저수지의 수문학적 안정성을 검토하였다. 비룡저수지와 원남저수지의 수문학적 안정성을 검토한 결과, 두 저수지 모두에서 최고수위가 저수지를 월류하지는 않으나 여유고가 각각 1.2m와 1.5m부족하여 수문학적 안정성을 확보하지 못하는 것으로 분석되었다. 두개 저수지의 수문학적 안정성 확보를 위해 여수로 확장 등과 같은 구조적 대책이나 홍수기 저수지 운영률과 같은 비구조적 대책이 필요한 것으로 분석되었다. 저수지의 설계기준 변경을 적용하여 산정된 비룡저수지 및 원남저수지의 가능최대홍수량은 과거의 저수지 설계기준에 의해 산정된 200년 빈도 확률홍수량에 비해 약 150~285% 정도의 높은 첨두홍수량을 나타내었다.

주제어: 농업용저수지치수관리시스템, 가능최대홍수량, 수문학적 안정성, 가능최대홍수량

1. 서론

1970년대 이후 급속한 산업화로 인해 일제강점기 및 1960년대에 시공된 농업용저수지의 인근은 도시화로 인한 인구가 밀집되어 농업용저수지의 안전성이 확보되지 않아 저수지 붕괴로 이어질 경우 재산과 인명의 피해가 클 것으로 사료된다. 그러나 농업용 저수지의 경우 홍수기의 치수능력 보다는 이수기의 관개용수 공급에 중점적으로 운영되고 있어 집중호우에 의한 저수지 하류지역의 침수 및 피해에는 취약한 실정이다. 실제로 2002년 태풍 「루사」의 집중호우로 인하여 강원도 강릉시 장현동에 위치한 장현저수지, 강원도 강릉시 구정면에 위치한 칠성저수지와 등막저수지가 붕괴 되었다.

이에 따라 농림부에서는 농업용 저수지에서도 이상홍수로 인한 저수지 파괴에 대한 홍수피해 정도를 고려하기 위하여 하류지역 피해 예상정도와 일정규모(유역면적 25만km², 총저수량 500만 m³) 이상의 저수지에 가능최대홍수량(Probable Maximum Flood, PMF)을 적용하도록 변경하였다[1].

가능최대홍수량에 대한 연구로 고석구와 신용노(1995)는 소양강댐에 가능최대홍수량(Probable Maximum Precipitation, PMP)과 가능최대홍수량을 적용하여 댐의 수문학적 안정성을 검토하였다[2]. 이상진 외(2004)은 수문학적 안정성 확보를 위해 강우로 인한 최대유출과 총홍수량이 최대가 되는 임계지속시간을 산정하고 적용하는 방법을 검토하였다[3]. 박세훈 등(2004)은 가능최대홍수량 및 확률홍수량의 변화양상을 대상유역의 지역적 특수성, 대상수문자료, 해석기법에 대하여 차이점을 분석하였고[4], 권지혜 외(2004)과 김남원 외(2005)은 단위도, 시간분포 등의 가능최대홍수량 산정방법에 따른 가능최대홍수량 변화를 분석하였다[5][6]. 어대수 외(2005)는 농업소유역 홍수량산정시스템(River Modeling System for small agriculture watershed, RMS)모형을 이용하여 고흥저수지와 기흥저수지의 가능최대홍수량을 산정하여 수문이 설치된 저수지의 운영방법에 따른 수문학적 안정성을 제시하였다[7]. 신철식 외(2007)은 기존댐의 가능최대홍수량에 대한 수문학적 안전성 평가기준을 3단계로 나누어 적용성 검토를 통한 안전성을 평가하였다[8].

본 연구에서는 기존에 설치되어 운영 중에 있는 저수지를 선정 한 후 개정된 농업용 저수지 설계기준인 가능최대홍수량을 적용하여 기존 농업용 저수지의 수문학적 안정성을 검토하였다. 향후 농업용 저수지 설계 및 기존 저수지 보강시에 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 대상저수지 및 모형의 선정

1. 대상저수지

수문학적 안정성을 분석하기 위한 대상저수지는 가능최대홍수량 설계 대상 규모의 저수지인 유역면적 25km² 이상, 저수량 500만 m³ 이상의 저수지를 분석한 후 최종적으로 비룡저수지 및 원남저수지를 선정 하였다. 비룡저수지는 충청북도 보은군 속리산면에 위치하며, 동남부 내륙의 삼가천 유역의 중류부로 유역면적은 38.5km², 유로연장은 7.6km로 폭이 4.8km, 길이 8.5km이며, 둘레가 대략 30.4km이다. 원남저수지는 충청북도 진천군 초평면 신통리에 위치하며, 미호천 제1지류인 초평천 유역의 중류부로 유역면적은 75.6km², 유로연장은 저수지 수면 5.0km을 포함하여 19.2km로서 유역형상은 장방형이며 하천의 형태는 수지상과 우지상의 복합형 유역이다. 대상저수지의 기초적인 제원은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Specification of Reservoir

Item	Biryong Reservoir	Wonnam Reservoir
Catchment area(104m ²)	3,852	7,560
Gross reservoir capacity(104m ³)	548.1	980.3
F.W.L1)(EL.m)	257.6	117.4
H.W.L2)(EL.m)	255.4	115.7
D.W.L3)(EL.m)	237.7	97.0

※ 1) F.W.L: Flood Water Level, 2) H.W.L: High Water Level, 3) D.W.L: Depth Water Level.

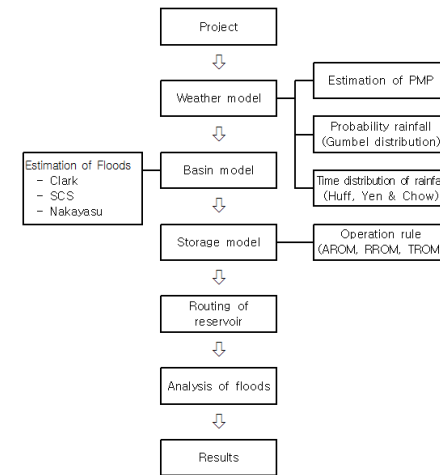
2. 모형의 선정

본 연구를 수행을 위해 사용된 모형은 한국농어촌공사에서 사용빈도가 높고 우리나라 실무에 많은 적용사례가 있는 농업용 저수지 치수관리시스템(Flood Control System for Reservoir, FCSR)모형을 사용하였다[9][10]. FCSR은 강우의 지속기간에 따라 많은 차이를 나타내게 되는 유역내의 첨두홍수량과 총유입량에도 영향을 미치게 되는 저수지의 방류량을 모의하기 위하여 첨두홍수량 기준과 총유입량 기준에 임계지속시간의 개념을 도입하였으며, 저수지추적을 연속적으로 시행, 수문분석결과를 제공하는 수문분석 프로그램이다.

FCSR은 크게 저수지정보 관리모형, 기상모형, 유역모형, 저수지 저류모형, 하류하천 홍수위 분석모형의 5개로 구성되어 있다. 저수지정보 관리모형은 저수지의 이력, 저수지 검색, 저수지 세부제원 등의 자료를 관리·검색하기 위한 기본적인 모델이다. 기상모형은 홍수량 산정에 필

요한 유역내 기상학적 인자를 목적에 맞도록 재구성하는 모델로써 설계강우량, 가능최대강수량, 강우분포율의 산정을 통하여 설계우량주상도를 작성하는 목적을 가지고 있는 모델이다. 강우의 시간적분포 방법으로 Huff분포와 Yen & Chow 방법을 적용할 수 있다. 유역모형은 유역내 홍수유출량을 산정하기 위한 모델로써 기상모델에서 작성된 자료를 바탕으로 저수지 유역에서 저수지로의 홍수유입량을 산정한다. 실무에 주로 적용되는 Clark 유역추적법, SCS 무차원단위도, Nakayasu 종합단위도를 이용하여 유역의 유출량을 산정할 수 있다. 저류모형은 유역모형과 연계되어 산정한 홍수량을 저수지 유입량으로 적용하여 저수지 운영 시나리오에 따라 저수지의 저류분석을 수행할 수 있도록 되어 있다.

FCSR 모형의 흐름도는 <Fig 1>과 같다.



<Fig 1> Program Flowchart

III. 결과

1. 확률강우량 산정

본 연구에서는 우리나라의 하천기본계획 수립시 널리 사용되었던 강우빈도 해석절차에 따라 빈도분석을 실시하였다[11]. 대상저수지에 Thiessen망을 구축한 결과 원남저수지는 유역내에 종합기상을 관측하는 관측소가 없어 유역 인근에 위치한 청주관측소의 1967년부터 2004년까지 총 38개년의 기상자료를 이용하여 기상상황을 분석하였다. 비룡저수지 역시 유역내에 종합기상을 관측하는 관측소가 없어 유역 인근에 위치한 보은관측소의 최근 1973년부터 2004년까지 총 33개년의 기상자료를 이용하여 기상상황을 분석하였으며, 각 저수지별 확률강우량은

FARD2006을 사용하여 빈도분석과 적합도 검정에 의해 최적분포형을 선정하였다. 적정확률분포형은 「한국 확률강우량의 작성(건설교통부, 2000)」에서 전국적으로 가장 적합한 분포형으로 알려진 Gumbel 분포형을 채택하였다. 산정된 재현기간별 확률강우량은 <Table 2>와 같다[12].

<Table 2> One-day Frequency-based Precipitation in Return Period

Observatory	Duration	Precipitation in return period(mm)			
		50yr	80yr	100yr	200yr
Cheongju	1 day	261.2	281.7	291.4	321.5
Boeun	1 day	348.3	379.0	393.5	438.5

2. 가능최대강수량(PMP) 산정

대규모 수공구조물의 파괴는 막대한 경제손실은 물론 대규모 인명피해 등 극심한 사회, 경제적 피해를 유발시킬 수 있다. 그러므로 많은 나라에서 사실상 초과위험이 없는 가능최대홍수량을 적용하여 구조물을 설계하고 있다[13][14].

가능최대홍수량을 추정하기 위해서는 먼저 가능최대강수량을 추정하여야 한다[15]. 가능최대강수량의 추정은 「한국가능최대강수량도(건설교통부, 2004)」를 이용하였다[16]. 가능최대강수량도를 이용한 일반화 추정은 실제 호우 전이에 의해 가능최대강수량을 추정하는 것에 비해 대상 지역 전체의 모든 자료를 최대한 사용할 수 있는 점, 지역별, 지속기간별 그리고 면적별로 일관성 유지가 가능한 점 등의 장점을 지니며 우리나라의 공인된 가능최대강수량 추정 기준이다. 대상저수지의 강우지속시간별 PMP는 <Table 3>과 같다.

<Table 3> PMP by Duration of Precipitation

Reservoir	Duration(hrs)									
	1	2	3	4	6	9	12	15	18	24
Biryong	118	209	285	340	418	505	562	612	652	712
Wonnam	145	223	270	327	434	565	659	748	806	892

3. 강우의 시간적 분포 산정

본 연구에서 홍수량 산정을 위한 강우의 시간별 분포는 실측강우량을 토대로 Huff 4분위법을 적용하였다[17]. 청주 및 보은관측소의 호우사상에 대한 강우지속시간 및 총강우량에 무차원 누가곡선으로부터 다항회귀분석을 통하여 6차식의 무차원누가곡선식을 유도하여 산정하였다. 유도된 무차원누가곡선식은 <Table 4>와 같다.

$$Y = ax^6 + bx^5 + cx^4 + dx^3 + ex^2 + fx + g \quad (1)$$

여기서 Y: 무차원 강우량(%)
 x: 무차원 강우지속시간(%)
 a, b, ..., g: 회귀계수

<Table 4> Regression Coefficient of Dimensionless Cumulative Curve

Item	Cheongju	Boeun
a	-3.50571895043833×10 ⁻⁹	-3.26960783955234×10 ⁻⁹
b	1.10892722354907×10 ⁻⁶	1.03152337747672×10 ⁻⁶
c	-1.27657773866465×10 ⁻⁴	-1.18471342250459×10 ⁻⁴
d	6.15595390304863×10 ⁻³	5.71374090815548×10 ⁻³
e	-9.71216868047042×10 ⁻²	-9.15563274554030×10 ⁻²
f	0.974825210589497	1.03206880041985
g	-0.021740146219674	3.21060085540790×10 ⁻²

기왕의 강우자료에 대한 통계해석을 통해 4개의 첨두위치에 따라 강우의 시간적 분포에 대한 발생빈도를 해석한 결과 청주 및 보은관측소에서 기록된 중호우의 발생빈도가 가장 큰 2구간 호우의 적용성이 가장 큰 것으로 나타나 2개 관측소 모두 2분위의 강우분포를 적용하였다.

4. 홍수량 산정

홍수량은 FCSR 모형을 사용하여 50% 무차원누가곡선을 실무에 주로 적용되는 Clark 유역추적법, SCS 무차원단위도 및 Nakayasu 종합단위도를 이용하여 재현기간별, 강우지속시간별 홍수유출량을 산정하였다. 지속시간별 홍수량을 산정하여 그 중 첨두홍수량이 가장 크게 나타나는 지속시간을 비룡 및 원남저수지유역의 임계지속시간으로 선택하여 설계홍수량으로 결정하였다. <Table 5>는 홍수량 산정 방법에 따른 대상저수지의 홍수량 산정결과이다.

<Table 5> Comparison of Flood Results

(Unit: m³/s)

Reservoir	Method	Distribution	PMF by duration									
			1hr	2hr	3hr	4hr	6hr	9hr	12hr	15hr	18hr	24hr
Biryong	SCS	H-2 ¹	577	1,056	1,266	1,310 ¹	1,235	1,088	943	838	752	624
		YC ²	575	1,021	1,199	1,218	1,138	1,002	874	782	706	590
	Clark	H-2 ¹	396	769	981	1,054	1,056	982	880	797	725	609
		YC ²	397	755	946	1,001	984	904	808	735	671	568
	Naka-yasu	H-2 ¹	314	575	725	786	804	778	721	673	628	547
		YC ²	311	564	700	749	753	718	662	616	574	501
Wonnam	SCS	H-2 ¹	677	1,159	1,398	1,638	1,933	2,060	1,998	1,926	1,797	1,553
		YC ²	678	1,157	1,389	1,616	1,867	1,939	1,849	1,763	1,635	1,407
	Clark	H-2 ¹	412	714	882	1,065	1,339	1,538	1,576	1,585	1,527	1,383
		YC ²	412	713	877	1,056	1,322	1,500	1,512	1,500	1,430	1,276
	Naka-yasu	H-2 ¹	579	920	1,062	1,216	1,425	1,553	1,552	1,541	1,476	1,331
		YC ²	580	926	1,064	1,211	1,400	1,501	1,482	1,458	1,386	1,239

※ 1) H-2: Huff distribution(2st Quartile), 2) YC: Yen & Chow, 3) Bold character: Design floods

5. 수문학적 안정성 분석

대상저수지의 치수능력은 현재의 상태에서 대표 재현기간별 홍수량과 가능최대홍수량을 대상으로 검토하였다. 저수지별 초기수위는 만수위로 하고 Auto ROM(Automatic Reservoir Operation Method)을 적용하여 수문학적 안정성을 검토하였다.

대상저수지의 수문학적 안정성 분석은 현 시설상태에서 분석한 홍수조절능력 검토 결과 나타난 첨두홍수위를 기준으로 판단하였다. 가능최대홍수량에 의한 최고수위가 제체를 월류하지 않고 충분한 여유고를 가질 경우 수문학적으로 안정성이 있는 것으로 판단할 수 있으며, 그렇지 못할 경우에는 수문학적으로 문제점이 있는 것으로 판단할 수 있다.

1) 비룡저수지

비룡저수지의 검토제원은 설계홍수위와 제정고를 각각 EL.257.6m, EL.259.7m로 두고 초기수위는 만수위인 EL.255.4m를 적용하였다. 최근의 수문자료를 적용하여 계획당시와 같은 방법으로 홍수위를 분석한 결과 200년 빈도 홍수유입시 최고수위는 EL.258.3으로 나타나 현재의 계획홍수위를 초과하는 것으로 나타났다. 가능최대홍수량 유입시에도 최고수위가 EL.259.3으로 제체를 월류하지는 않지만 설계홍수위를 1.69m 초과하는 것으로 분석되었다. 비룡저수지의 여유고산정 결과는 <Table 6>과 같고, 수문학적 안정성 검토 결과는 <Table 7>과 같다.

<Table 6> Calculation of Freeboard Using PMF at Biryong Reservoir

Item	Stage (El.m)	① R ¹⁾	② h _e ²⁾	③=②/2 h _e /2	④ h _a ³⁾	⑤ h _i ⁴⁾	①+③+④+⑤ Freeboard (m)	Review crest (El.m)
Design flood level	257.6	0.56	0.42	0.21	-	1.0	1.77	259.37 ≒259.4
Peak level	259.3	0.56	-	-	-	1.0	1.56	260.86 ≒260.9

- ※ 1) R: Wave height from reservoir surface by wind
- 2) h_e: Wave height from reservoir surface by earthquake
- 3) h_a: Freeboard of in case of have keeping a gate
- 4) h_i: Freeboard that consider dam type and importance

<Table 7> Result of Analysis on Hydrologic Stability at Biryong Reservoir

Item	Peak-stage (EL.m)	Freeboard (m)	(1) Current crest (EL.m)	(2) Review crest (EL.m)	(1) - (2)	Stability test
PMF	259.29	1.56	259.7	260.9	-1.2m	Insufficiency

2) 원남저수지

원남저수지는 200년 빈도 홍수유입시 최고수위는 EL.117.37m로 산정되어 현재 원남저수지의 계획홍수위보다 0.03m 낮으므로 저수지의 수문학적 안정성은 확보할 수 있는 것으로 분석되었

다. 그러나 가능최대홍수량 유입시에는 제정까지의 여유고가 약 0.1m에 불과한 것으로 분석되었다. 또한 개정된 댐설계기준[13]에 따라 본 저수지의 여유고를 산정한 결과 <Table 8>에서 나타난 바와 같이 가능최대홍수량에 의한 최고수위는 EL.118.9m로 산정되어 필요 제정고는 EL.120.5m로 나타나 현 시설 상태에서 여유고가 부족한 것으로 검토되었다. 원남저수지의 수문학적 안정성 검토 결과는 <Table 9>와 같다. 가능최대홍수량 유입시 제체는 월류하지 않으나 여유고가 부족한 것으로 분석되었다.

<Table 8> Calculation of Freeboard using PMF at Wonnam Reservoir

Item	Stage (El.m)	① R ¹⁾	② h _e ²⁾	③=②/2 h _e /2	④ h _a ³⁾	⑤ h _i ⁴⁾	①+③+④+⑤ Freeboard (m)	Review crest (El.m)
Design flood level	117.4	0.56	0.43	0.22	-	1.0	1.78	119.18 ≒119.2
Peak level	118.9	0.56	-	-	-	1.0	1.56	120.46 ≒120.5

- ※ 1) R: Wave height from reservoir surface by wind
- 2) h_e: Wave height from reservoir surface by earthquake
- 3) h_a: Freeboard of in case of have keeping a gate
- 4) h_i: Freeboard that consider dam type and importance

<Table 9> Result of Analysis on Hydrologic Stability at Wonnam Reservoir

Item	Peak-stage (EL.m)	Freeboard (m)	(1) Current crest (EL.m)	(2) Review crest (EL.m)	(1) - (2)	Stability test
PMF	118.9	1.56	119.0	120.5	-1.5m	Insufficiency

3) 저수지별 분석 결과

대상저수지로 선정된 비룡저수지와 원남저수지는 각각 재산정된 가능최대홍수량을 적용시 최고수위가 저수지를 월류하지 않고 충분한 여유고를 가질 경우 수문학적으로 안정성이 있는 것으로 판단할 수 있다. 반면에 최고수위가 저수지를 월류하거나, 또는 최고수위가 저수지를 월류하지는 않으나 충분한 여유고를 가질 수 없는 경우에는 수문학적인 안정성에 문제가 있는 것으로 판단할 수 있다.

비룡 및 원남저수지의 수문학적 안정성 평가 결과 대상저수지 모두가 수문학적 안정성을 확보하지 못하는 것으로 분석되어 안정성 확보를 위하여 여수로 확장 등 구조적 대책이나 비구조적 대책이 필요한 것으로 분석되었다.

IV. 결론

비룡저수지와 원남저수지의 수문학적 안정성을 검토한 결과, 변경된 저수지의 설계기준을 적용하여 분석된 두개 저수지의 가능최대홍수량은 1,309.8m³/s 및 2,060m³/s로 과거의 저수지 설계 기준에 의해 산정된 200년 빈도 확률홍수량 880m³/s 및 726.6m³/s에 비해 약 150~285% 정도의 높은 첨두홍수량을 나타내었다.

비룡저수지와 원남저수지는 재산정된 가능최대홍수량을 적용한 결과, 두 저수지 모두에서 최고수위가 저수지를 월류하지는 않으나 여유고가 각각 1.2m와 1.5m부족하여 수문학적 안정성을 확보하지 못하는 것으로 분석되었다. 이러한 분석 결과를 바탕으로 향후 농업용 저수지의 설계 및 기존 저수지 보강 시 기초자료로 활용 될 것으로 기대된다.

References

- [1] Ministry of Agriculture and Forestry. 2003. *Revision of Design Criteria for Irrigation Facilities against Disasters*. Ministry of Agriculture and Forestry.
- [2] Ko, Seok Ku and Yong Lo Shin. 1995. Hydrological Stability Analysis of the Existing Soyanggang. *Magazine of Korea Water Resources Association*. 28(3): 187-195.
- [3] Lee, Sang Jin, Hyun Choi, Hee beom Shin, and Sang Kil Park. 2004. An Analysis of PMF and Critical Duration for Design of Hydraulic Structure. *Journal of Korea Water Resources Association*. 37(9): 707-718.
- [4] Park, Se Hoon, Kyung Duk Kim, Eun Woo Shin, and Young Il Moon. 2003. A Study on the Development of Discharge Capacities of the Existing Dam. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*. 23(3): 157-164.
- [5] Kwon, Ji Hye, Nam Won Kim, Jun Haeng Heo, and Eun Woo Shin. 2004. Comparative Study on PMF Estimation Process. *Proceedings of Korea Water Resources Association*. 599-603.
- [6] Kim, Nam Won, Jeong Eun Lee, and Hong Sup Shin. 2005. Comparison of the Estimation Methods for PMF. *Proceedings of Korea Water Resources Association*. 710-714
- [7] Eo, Dae Su, Kwang Ya Lee, and Hae Do Kim. 2005. *A Practical Input for Hydraulic Design for Agricultural Dam Spillway Providing the Function of Flood Control*. Korea Rural Community Corporation.
- [8] Shin, Cheol Shik, Keun Jun Ryu, Kyung Seok Cho, and Bong Wean Bae. 2007. Improvement of Hydrological Safety Evaluation Guideline for Existing Dams. *Magazine of Korea Water Resources Association*. 40(10): 44-52.
- [9] Kim, Sang Woo. 2010. *Analysis on Hydrologic Stability of Agricultural Reservoir Using*

Probable Maximum Flood. Master Degree Thesis. Chungbuk National University.

- [10] Kim, Sang Woo, Seung Jin Maeng. 2010. Analysis on Hydrologic Stability of Agricultural Reservoir Using Probable Maximum Flood. *KCID Journal*. 17(2): 28-34.
- [11] Natural Environment Research Center. 1975. *Flood Studied Report, Vol II, Meteorological Studies*, London: 38-41.
- [12] Ministry of Construction & Transportation. 2000. *Distribution on Time Scale of the Local Design Storms*. Ministry of Construction & Transportation.
- [13] Ministry of Construction & Transportation. 2005. *Design Criteria of Dam*. Ministry of Construction & Transportation.
- [14] Hershfield, D. M. 1961. Estimating the Probable Maximum Precipitation. *Journal of Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers*. 87: 99-106.
- [15] Institute of Hydrology. 1999. *Flood Estimation Handbook*. Institute of Hydrology.
- [16] Ministry of Construction & Transportation. 2004. *Renewable Report of PMP Map in Korea*. Ministry of Construction & Transportation.
- [17] Ministry of Construction & Transportation. 1999. *Estimation of Probable Maximum Precipitation in Korea*. Ministry of Construction & Transportation.

참고문헌 (References in Non-roman Script)

- [1] 농림부. 2003. 재해대비 수리시설 설계기준 개정.
- [2] 고석구, 신용노. 1995. 소양강 다목적댐의 수문학적 안정성 검토. *한국수자원학회지*. 28(3): 187-195.
- [3] 이상진, 최현, 신희범, 박상길. 2004. 수공구조물 설계를 위한 PMF 및 임계지속시간 분석. *한국수자원학회논문집*. 37(9): 707-718.
- [4] 박세훈, 김경덕, 신은우, 문영일. 2003. 기존댐의 방류능력 증대방안에 대한 고찰. *대한토목학회 논문집*. 23(3): 157-164.
- [5] 권지혜, 김남원, 허준행, 신은우. 2004. 가능최대홍수량 산정 절차 변경에 따른 결과 분석. *한국수자원 학술발표회논문집*. 599-603.
- [6] 김남원, 이정은, 신홍섭. 2005. PMF 산정방법에 따른 비교. *한국수자원학회 학술발표회논문집*. 710-714.
- [7] 어대수, 이광야, 김해도. 2005. 홍수조절기능을 가진 농업용저수지 여수토방수로 수리설계 방안 연구. *농업기반공사*.
- [8] 신철식, 류근준, 조정석, 배봉원. 2007. 기존댐의 수문학적 안전성 평가기준 개선방안. *한국수자원학회지*. 40(10): 44-52.

[9] 김상우. 2010. 가능최대홍수량 적용에 따른 농업용저수지의 수문학적 안정성 분석, 충북대학교 석사학위 논문.

[10] 김상우, 맹승진. 2010. 최대가능홍수량 적용에 따른 농업용저수지의 수문학적 안정성 분석, 한국관개배수논문집. 17(2): 28-34.

[12] 건설교통부. 2000. 지역적 설계강우의 시간적 분포.

[13] 건설교통부. 2005. 댐설계기준.

[16] 건설교통부. 2004. 전국 PMP도 제작성 보고서.

[17] 건설교통부. 2000. 한국 가능최대강수량 추정.

맹승진: 충북대학교에서 “LH-모멘트의 적정 차수 결정에 의한 설계홍수량 추정”으로 농학박사 학위를 취득하였으며(2002. 2), 현재는 충북대학교 지역건설공학과 부교수로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 수문통계, 강우-유출 모형 개발, 수문자료 측정 분야이며, 현재 한국농공학회 이사, 한국수자원학회 편집위원 등으로 활동 중이다 (maeng@cbnu.ac.kr).

김형산: 충북대학교 지역건설공학과를 졸업하고, 동 대학원에서 공학석사 학위를 취득하였다(2011. 2). 현재 충북대학교 지역건설공학과에서 박사과정 중이다(kimhs@cbnu.ac.kr).

정지혜: 충북대학교 지역건설공학과에서 공학사를 학위를 취득하였으며(2012. 2), 현재는 충북대학교 지역건설공학과에서 석사과정 중이다(jeongjihye@cbnu.ac.kr).

김상우: 충북대학교 지역건설공학과를 졸업하고, 동 대학원에서 공학석사 학위를 취득하였다(2010. 8). 현재 한국농어촌공사 기술본부에서 근무 중이다(mrkim97@ekr.or.kr).