

# PMF적용에 따른 농업용저수지의 수문학적 안정성 검토



김 상 우  
한국농어촌공사 새만금경제자유구역사업단  
mrkim97@ekr.or.kr

## 1. 서론

농업용 저수지는 다목적댐 및 생·공업용수 전용댐에 비하여 규모는 작지만 개소수가 많고 전국에 산재되어 있다. 과거 농업용 저수지가 대부분 도시나 인구밀집 지역과는 거리가 먼 산간지역 등에 분포되어 있었으나 전국적으로 산업화·도시화가 진행되면서 지금은 태풍 ‘루사’ 시 붕괴 직전 수위까지 도달한 강릉의 오봉저수지처럼 저수지 인근에 도시구역이 증가하여 대규모 수해를 발생시킬 수 있는 잠재적인 위험성이 높아지고 있다.

최근 이상홍수 등으로 인하여 재해가 빈번히 발생하고 있으므로 이상홍수에 대한 변화요인 및 홍수저감 방안을 종합적으로 검토할 필요성이 대두되고 있다. 태풍 ‘루사’ 시 강릉관측소의 관측 최대 일 강우량은 870.5mm로 기왕최대 기록 일 강우량 305.5mm의 2.9배에 달하였으며 장현, 동막저수지의 붕괴 및 오봉저수지 붕괴 위험으로 11만 2천명이 대피하는 등 막대한 수

해가 발생하였다.

태풍 ‘루사’에 의한 강릉지역의 피해 원인은 설계빈도 이상의 강우 발생 및 시설 노후화, 방수로 단면부족 및 홍수대비 사전 방류시설이 전무하였기 때문으로 분석되었다.

농업용 저수지로 인한 수해도 빈번히 발생하고 있어서 농업용 저수지에 대한 설계기준도 상향 조정되었다. 과거 1969년 이전에는 여수로 규모를 100년 빈도홍수량으로 설계하였으며, 1982년도 개정에서는 200년 빈도홍수량을 대상으로 여수로를 설계하도록 설계기준이 변경되었다. 피해정도에 따라 최대가능홍수량을 반영하여 설계하도록 개정(농림부, 2003) 되었으나 거의 모든 저수지가 현재의 설계기준에 미달되게 설계되어 있다. 또한 재해대비수리시설설계기준이 개정되었음에도 불구하고 설계홍수량 산정 방법이 정립되어 있지 않아 과거의 개략계산 방법을 답습하는 것이 현 실정이다. 따라서 현재 설계기준에 맞는 수문량을 재검토할 필요성이 있다.

## 2. 대상저수지 선정

대상저수지는 충북에 위치한 농업용저수지 중 PMF 설계 대상 저수지인 유역면적 2500만㎡이상, 저수량 500만㎡이상의 4개 저수지에 대한 수문량을 재산정하였으며, 그에 따른 수문학적 안정성을 분석하였다.

표 1. 대상저수지 제원

구분	백곡지	미호지	비룡지	원남지
유역면적(만㎡)	8,479	13,300	3,852	7,560
총저수량(만㎡)	2,175	1,385	548.1	980.3
홍수위(EL.m)	100.1	63.3	257.6	117.4
만수위(EL.m)	100.1	61.0	255.4	115.7
사수위(EL.m)	83.0	48.0	237.7	97.0

## 3. 설계홍수량 산정

### 가. 확률강우량 산정

강우현상은 기상 및 지형적인 요소에 의하여 시시각각 변화하기 때문에 이를 정확하게 예측하거나 파악하기는 매우 어렵다. 따라서 수문학적인 강우해석이란 과거 해당지점의 관측자료를 근거로 통계학적인 기법을 이용하고 있는 실정이다.

본고에서는 일반적으로 사용되고 있는 강우빈도 해석 절차에 의해 빈도분석을 실시하고 적합도 검정기법에 의하여 최적분포형을 선정된 결과인「한국 확률강우량도의 작성(2000, 건교부)」에서 전국적으로 가장 적합한 분포형으로 알려진 Gumbel 분포형을 본 저수지 유역의 적정확률분포형으로 채택하였다.

표 2. 재현기간별 1일 확률강우량

관측소	지속시간	재현기간별 확률강우량(mm)				비고
		50yr	80yr	100yr	200yr	
청주	1일	261.2	281.7	291.4	321.5	
보은	1일	348.3	379.0	393.5	438.5	

산정된 재현기간별 확률강우량은 <표 2>와 같다.

### 나. 가능최대강수량(PMP) 산정

대규모 수공구조물의 파괴는 소규모 수공구조물과는 달리 막대한 경제손실, 대규모 인명피해 등 극심한 사회, 경제적 피해를 유발시킬 수 있기 때문에 많은 나라에서는 사실상 초과위험이 없는 홍수량을 기본으로 구조물을 설계하고 있으며, 이때 사용되는 홍수량을 가능최대홍수량(Probable Maximum Flood, PMF)이라 한다. 이 PMF는 가능최대강수량(Probable Maximum Precipitation, PMP)과 강우-유출 관계에 의하여 추정된다.

가능최대강수량(PMP, Probable Maximum Precipitation) 추정은 수공구조물의 치수적 안정성 측면을 고려하여 최근 발생한 태풍「루사」등을 반영시켜 재작성한 「한국가능최대강수량도(2005, 건설교통부)」를 이용하여 본 저수지 지점의 PMP를 추정하였다.

### 다. 강우의 시간적 분포 산정

특정지속시간에 대한 총강우량을 지속시간에 따라 배분하는 것을 강우의 시간적 분포라 하며 확률강우량 같은 설계강우의 경우에는 시간적인 분포를 알 수 없으므로 인위적으로 분포시키는 방법을 적용하게 된다. 이러한 시간분포는 설계 홍수량의 수문곡선 모양과 첨두홍수량에 많은 영향을 미치므로 신중하게 적용해야 한다.

홍수량 산정을 위한 강우의 시간별 분포는 실측강우량을 토대로 「지역적 설계강우의 시간별 분포(2000. 6, 건설교통부)」에서 분석한 Huff 4분위법을 적용하여 호우사상에 대한 강우지속시간 및 총강우량에 무차원 누가곡선으로부터 다항회귀분석을 통하여 6차식의 무차

표 3. 강우지속시간별 PMP

구분	1	2	3	4	6	9	12	15	18	24
백곡지	115.0	199.0			425.0		594.0			756.0
미호지	132.0	189.0	243.0	295.0	397.0	511.0	597.0	680.0	737.0	820.0
비룡지	118	209	285	340	418	505	562	612	652	712
원남지	145	223	270	327	434	565	659	748	806	892

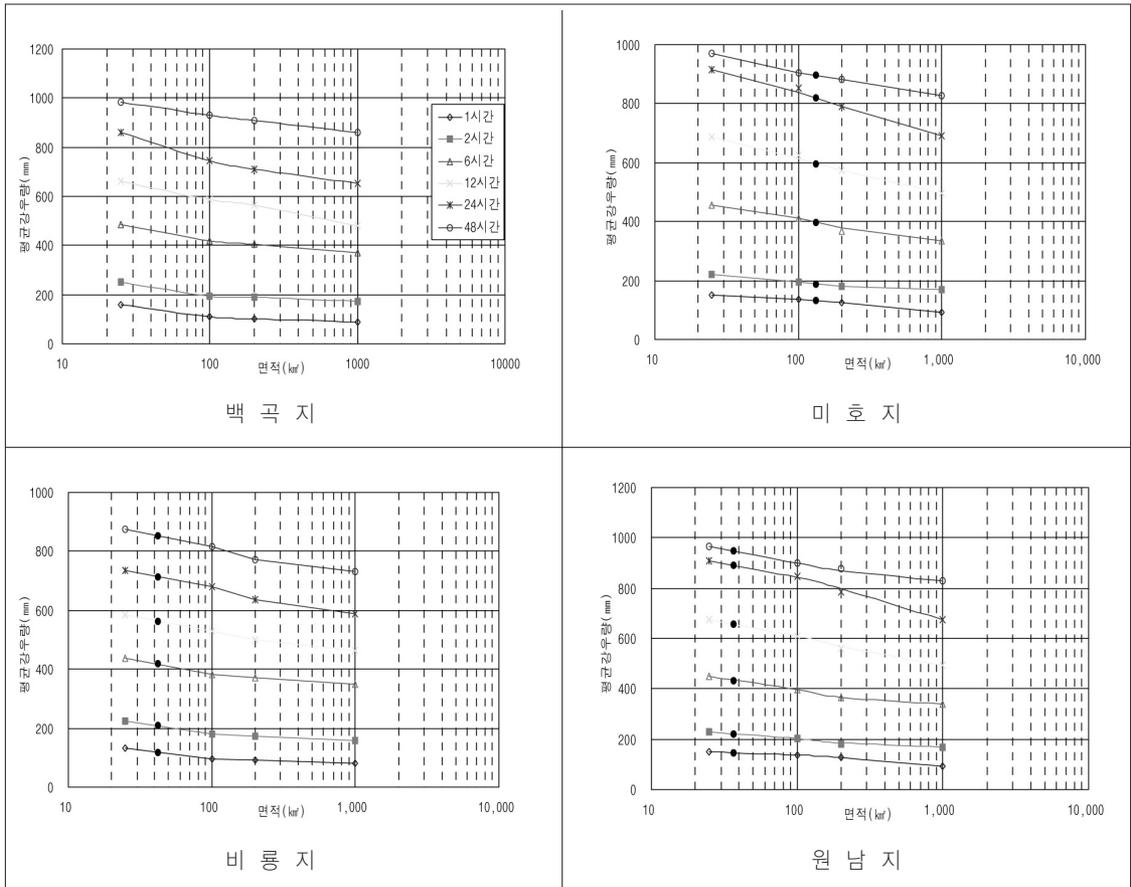


그림 1. 강우깊이-유역면적 포락 및 균일화

표 4. 무차원누가곡선의 회귀계수

구분	a	b	c	d	e	f	g
청주	-3,50571895 043833E-09	1,108927223 54907E-06	-1,27657773 866465E-04	6,155953903 04863E-03	-9,71216868 047042E-02	0,974825210 589497	-0,02174014 6219674
보은	-3,26960783 955234E-09	1,031523377 47672E-06	-1,18471342 250459E-04	5,713740908 15548E-03	-9,15563274 554030E-02	1,032068800 41985E+00	3,210600855 40790E-02

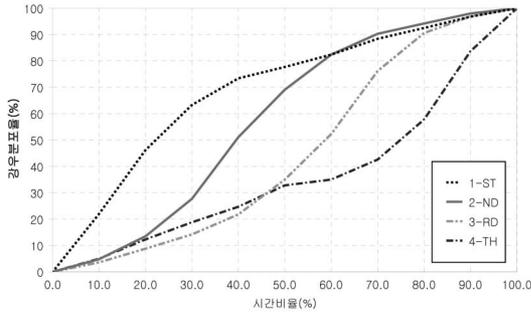


그림 2. 청주관측소의 무차원누가곡선

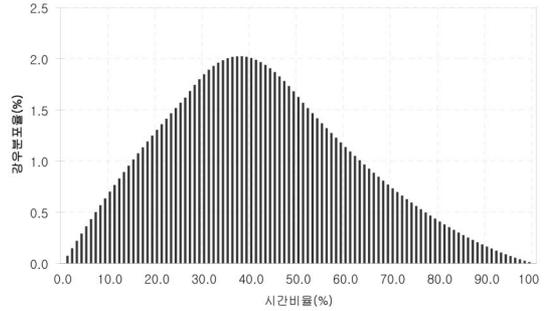


그림 5. 보은관측소의 시간별 강우분포율

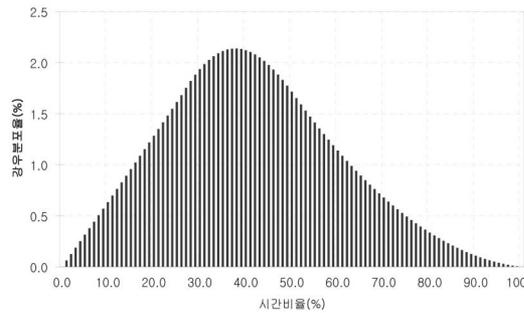


그림 3. 청주관측소의 시간별 강우분포율

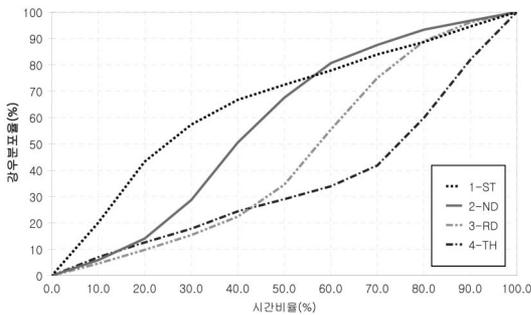


그림 4. 보은관측소의 무차원누가곡선

원누가곡선식을 유도하여 산정하였다.

호우사상에 대한 강우지속시간 및 총강우량에 무차원 누가곡선으로부터 다항회귀분석을 통하여 유도된 6차식의 무차원누가곡선식은 <표 4>와 같으며, 지속 시간

표 5. 지속시간별, 구간별 호우발생수(청주관측소)

지속시간	1-ST	2-ND	3-RD	4-TH	합 계
0hr ~ 6hr	88	76	72	56	292
7hr ~ 12hr	70	64	65	65	264
13hr ~ 18hr	39	44	44	27	154
19hr ~ 24hr	24	30	24	14	92
25hr ~	23	32	31	17	103
Total	244	246	236	179	905
X > Mean	53	111	97	46	307
X ≤ Mean	191	135	139	133	598

표 7. 지속시간별, 구간별 호우발생수(보은관측소)

지속시간	1-ST	2-ND	3-RD	4-TH	합 계
0hr ~ 6hr	91	70	39	43	243
7hr ~ 12hr	71	51	51	42	222
13hr ~ 18hr	40	24	31	17	125
19hr ~ 24hr	15	18	19	11	82
25hr ~	21	27	22	9	104
Total	238	190	162	122	712
X > Mean	65	81	69	34	249
X ≤ Mean	173	109	93	88	463

에 대한 시간비율 및 누가 강우비율을 나타내면 <그림 2> 및 <그림 4>와 같다.

$$Y = ax^6 + bx^5 + cx^4 + dx^3 + ex^2 + fx + g$$

여기서, Y: 무차원 강우량(%)

x: 무차원 강우지속시간(%)

a, b, …, g: 회귀계수

기왕의 강우자료에 대한 통계해석을 통해 4개의 첨두

표 6. Huff 분포의 분위별 누가우량곡선의 증거(50%구간, 청주)

누가백분율(%) 분위	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
제1분위	0.0	22.0	46.2	63.3	73.4	77.7	82.4	88.4	92.5	96.8	100.0
제2분위	0.0	4.8	13.5	27.7	51.1	69.1	82.4	90.3	94.2	98.0	100.0
제3분위	0.0	3.6	8.8	14.2	21.8	35.0	52.3	76.2	90.6	96.9	100.0
제4분위	0.0	5.0	12.3	18.8	24.7	32.8	35.0	42.6	57.8	83.7	100.0

표 8. Huff 분포의 분위별 누가우량곡선의 증거(50%구간, 보은)

누가백분율(%) 분위	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
제1분위	0.0	20.1	43.3	57.3	66.7	72.4	82.4	77.8	88.6	94.5	100.0
제2분위	0.0	5.9	13.1	28.7	50.5	67.5	82.4	80.6	93.3	96.7	100.0
제3분위	0.0	4.6	9.8	15.4	22.4	34.5	52.3	55.4	88.9	96.1	100.0
제4분위	0.0	7.0	12.6	17.8	24.4	32.8	29.0	33.9	59.8	81.9	100.0

위치에 따라 강우의 시간적 분포에 대한 발생빈도를 해석한 결과를 살펴보면 청주관측소에서는 중호우의 발생 빈도가 가장 큰 2구간 호우의 적용성이 가장 큰 것으로 판단되어 금회 분석시 Huff 2분위의 강우분포를 적용하였다.

누가우량 백분율에 대한 다항식은 회귀분석을 실시하여 편차가 가장 적게 발생하는 차수의 식을 채택하였으며, 분석지구의 강우관측 기록에 대한 분위별 누가우량곡선의 증거 및 누가우량곡선은 다음과 같다.

라. 홍수량 산정

홍수량은 지속시간별 홍수량을 산정하여 그 중 첨두 홍수량이 가장 크게 나타나는 지속시간을 저수지유역의 임계지속시간으로 선택하여 설계 홍수량으로 결정하였으며 이 홍수량은 시설물의 보강계획 수립 등의 기초 홍수량으로 적용 할 수 있다.

4. 결 언

본고에서는 저수지치수관리시스템(FCSR)을 사용 수

표 9. 계획홍수량 산정결과와의 비교 (단위 m³/s)

구 분	100년 빈도	200년 빈도	PMF	비 고	
백곡지	설계당시	-	736	883	PMF=200년 빈도홍수량×1.2
	금 회	734.0	825.8	2,132.5	
미호지	설계당시	820	-	-	
	금 회	841.7	948.5	2737.3	
비룡지	설계당시	-	-	-	
	금 회	769.3	880.0	1309.8	
원남지	설계당시	726	-	-	
	금 회	645.1	726.6	2060.0	

위변화에 따른 방류량을 계산하여 백곡저수지의 홍수위를 추적함으로써 저수지의 수문학적 안정성을 검토하였다.

PMF에 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.

또한 수문의 조작에 대하여는 설계홍수 및 PMF의 홍수유입량이 저수지의 극한 상황임을 고려하여 저수위 변화에 따른 여수토의 배제능력 한도내에서 방류할 경우의 첨두홍수위를 검토함으로써 저수지의 수문학적 안정성을 판단하였다.

표 10. 수문학적 안정성평가 결과

구 분	최고홍수위 (EL,m)	현 제정고 (EL,m)	검토 제정고 (EL,m)	안정성 평 가
백곡지	102.3	103.2	104.3	여유고부족
미호지	65.2	65.0	66.2	여유고부족
비룡지	205.3	205.4	206.8	여유고부족
원남지	118.9	119.0	120.5	여유고부족

대상 저수지들의 일부 여유고 부족구간은 지속적인 하천정비기본계획의 시행 및 근본적으로 하류 하천연안 지역의 홍수피해를 방지하기 위해서는 치수빈도를 높이는 등 별도의 제방보강이 필요한 것으로 판단된다.

기획 : 맹승진 편집부위원(maeng@chungbuk.ac.kr)

### 쉬어가는 자리 - 속담(俗談)풀이

· 가자니 태산이요, 돌아서자니 송산이라.

풀이; 앞으로 가지도 못하고 뒤로 돌아갈 수도 없는 난처한 지경에 빠졌다는 뜻

· 치산치수는 농사의 대본이다.

풀이; 산에 나무를 심고 수리시설을 하는 것은 농사를 짓는 근본이라는 뜻

· 한상국(韓相國)의 농사짓기다.

풀이; 옛날 한상국이라는 사람이 농사일을 엉망으로 하였기 때문에 농사를 잘 모르는 사람을 비유해서 하는 말

· 가문 눈에 물대기다.

풀이; 가문 눈에 물을 대는 것처럼 노동량에 비해 성과가 적다는 뜻  
또 일하기가 매우 힘들다는 뜻

· 논이 좋으면 물이 헤프고 사람이 좋으면 돈이 헤프다.

풀이; 좋은 논은 물이 넉넉한 논이므로 물 귀한 줄 모르듯이  
사람이 좋아 인정이 많으면 돈의 씹씀이가 많아져서  
돈을 모을 수가 없다는 뜻

