

이상강우에 대비한 성주댐의 홍수조절 능력 분석

Evaluation of Flood Control Capacity for Seongju Dam against Extreme Floods

권순국* · 한건연**a · 서승덕*** · 최혁준****

Kwun, Soon Kuk · Han, Kun Yeun · Suh, Seung Duk · Choi, Hyuk Joon

Abstract

As a fundamental research to establish a safety operation plan for irrigation dams, this study presents hydrologic analysis conducted in Sungju Dam watershed based on various rainfall data. Especially those reservoirs without flood control feature are widely exposed to the risk of flooding, a safe and optimized operation program need to be improved against arbitrary flooding. In this study, reservoir routing program was developed and simulated for reservoir runoff estimation using WMS hydrology model. The model simulated the variations of reservoir elevation under the condition of open or closed emergency gate. In case of closed emergency gate, water surface elevation was given as 193.15 m, and this value exceeds the dam crest height by 1.65 m. When the emergency gate is open, the increment of water surface elevation is given as 192.07 m, and this value exceeds dam crest height by 0.57 m. As an alternative plan, dam height increase can be considered for flood control under the PMP (Probable Maximum Precipitation) condition. Since the dam size is relatively small compare to the watershed area, sound protection can be expected from the latter option rather than emergency gate installation.

Keywords : Irrigation dam, Reservoir routing model, Flood control, PMP

I. 서 론

경제의 발전과 국토이용 및 인구 증가에 따른 물 수요의 증대로 인하여 수자원을 더욱 효율적으로 이용하기 위한 저수지와 같은 수공구조물의 중요성은 더욱 높아지고 있다. 더욱이 최근 이상강우로 인한 홍수에 따른 피해를 줄이기 위해서는 수공구조물의 안전관리의 신뢰도와 적합한 관리 운영이 절실히 요구된다. 특히 2002년은 태풍에 의하여 유난히 큰 홍수가 8월 중 두 번(간무리, 루사)이나

* 서울대학교 농업생명과학대학 교수
** 경북대학교 공과대학 교수
*** 경북대학교 농업생명과학대학 교수
**** 경북대학교 공과대학 박사과정
** a Corresponding author. Tel.: +82-53-950-5612
fax: +82-53-950-6564
E-mail address: kshanj@knu.ac.kr

발생하면서 다른 해에 비하여 우리나라 전역에 큰 피해가 발생하였고, 전국적으로 호우경보를 발령하는 등 커다란 사회·경제적 파장을 일으켰다. 더구나 2002년 8월 31일에서 9월 4일까지 우리나라 전역을 휩쓸고 지나간 태풍 루사는 경북 김천, 강원도 강릉지역에 가능최대강수량(PMP)에 버금가는 강우량을 가져와, 전국에 걸쳐 사상 최대의 피해를 안겼다. 이와 같은 피해는 엘니뇨와 지구온난화 등으로 인하여 앞으로도 되풀이하여 발생할 것으로 생각되므로 이상강우에 의한 홍수피해에 대한 충분한 대비가 필요하다. 지금까지 홍수조절 기능이 부여되지 않았던 농업용 댐의 경우, 태풍 루사에 동반한 이상홍수에서 보듯이 재해 발생의 가능성이 큼을 감안할 때 이에 대한 적절한 저수지 안전관리 대책이 마련되어야 하겠으며, 댐의 홍수조절 및 재해측면에서의 안전도가 확보되어야 한다.

본 연구에서는 이수 및 치수에 따른 수자원의 효율적인 이용과 하류 주민의 홍수재해에 대한 불안감에 따른 민원해소는 물론 막대한 인명과 재산피해를 미리 방지하기 위해서 이상강우에 대비한 성주댐의 홍수조절 능력을 분석하였다.

실제로 국내에서는 2002년 태풍 루사에 의해서 24시간 최대강우량 880 mm에 달하는 강우를 기록하여 탐진댐과 감포댐의 경우 PMP에 대응한 설계를 실시한 바 있고, 미국의 경우 Folsom댐의 치수안전도 확보를 위해서 댐 승상이나 물넘이의 확장 등 개량 방안을 실시하였다. 농림부에서는 2002년 집중호우와 태풍 루사로 인한 대규모 수해발생과 관련하여 저수지 붕괴 등 비상상황에 대비한 비상대처계획 시안마련과 2004년 신규예산을 확보하여 과학적이고 체계적인 비상대처계획을 수립할 수 있도록 추진 중에 있다.

II. 연구방법 및 검토사항

본 연구에서는 성주댐 유역을 대상으로 성주댐 설계당시의 강우량, 태풍 루사시 강우량, PMP 자

료로부터 설계홍수량, 태풍 루사에 의한 홍수량과 가능최대홍수량(PMF)을 수문분석 기법을 사용하여 분석하였다. 설계홍수량은 대가천 하천정비기본계획의 자료를 이용하였고, 태풍 루사에 의한 홍수량은 관측된 수위자료로부터 강우량을 역산하는 방법을 동원하여 홍수조절 기능을 분석하였다. 또한 이상강우 조건의 빈번한 발생을 고려하기 위해서 한국가능최대강수량도를 이용하여 PMP를 추정하여 홍수조절 능력을 부여하는 방안을 분석하였다.

성주댐의 홍수조절 기능을 분석하기 위해서, 저수지의 유출량을 산정하기 위한 방법으로 level-pool 방법과 3차 및 4차 Runge-Kutta 방법을 모두 이용할 수 있는 저수지 추적 프로그램을 개발하였다. 본 프로그램에서는 유출량 계산에서 게이트 유량뿐만 아니라, 자유물넘이 유량, 취수구 유량 모두를 고려할 수 있도록 구성하여 향후 추가적인 물넘이 건설이 있을 경우, 이들의 효율적인 계산에 대비하였다.

1. 저수지 홍수추적

가. Level-pool 방법

Level-pool 방법은 저수지의 수위가 저수지 상·하류 구간 모두 일정하다는 가정을 바탕으로 저수지로부터 유출수문곡선을 유도하기 위한 방법이다.³⁾ 이는 식 (1)과 같은 저수지 질량보존법칙에 근거를 두고 문제를 해결한다.

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - Q(t) \dots \dots \dots (1)$$

여기서, S는 저류량, I(t)와 Q(t)는 각각 시간에 따른 유입량과 유출량이다. 저수지의 유출수문곡선을 유도하기 위해서는 저류량-유출량 관계가 필요하며, 이러한 저류량-유출량 관계는 수위-저류량 관계와 수위-유출량 관계를 이용하여 유도할 수 있다.

식 (1)은 아래의 식 (2)와 같이 변형될 수 있으

며, 식 (2)에 의하여 댐 하류로 방류되는 유출수문곡선을 구하기 위해서는 유입수문곡선, 저류량-유량관계, 저류량 S 와 Q 의 초기치, 추적기간 Δt 가 필요하다. Level-pool 방법에 의한 저수지 유출유량 산출에서 각 시간단계에서의 미지의 값은 Q_{j+1} 와 S_{j+1} 이다.

$$S_{j+1} - S_j = \frac{I_j + I_{j+1}}{2} \Delta t - \frac{Q_j + Q_{j+1}}{2} \Delta t \dots (2)$$

나. Runge-Kutta 방법

Level-pool 방법과 더불어 저수지 추적에 많이 이용되는 방법중의 하나로 Runge-Kutta 방법이 있다. 이 방법은 저수지 및 수질 모형화에서 광범위하게 사용되는 수치기법이다. Runge-Kutta 방법은 일반적인 level-pool 방법보다 복잡하지만, 저수지의 저류량-유출량의 관계가 필요하지 않으며, 저수지를 통한 방류량의 수리학적 특성을 정확히 반영할 수 있다는 점에서 널리 적용되고 있다.³⁾

Runge-Kutta 방법은 각 시간단계를 해당 소구간으로 구분하고, 각 구간에서 개선된 평균 기울기 값을 얻기 위하여 다수의 기울기 추정치를 이용한다. 지금까지 여러 차수의 Runge-Kutta 방법이 개발되었으나 적용성과 실용성 측면에서 3차 혹은 4차 Runge-Kutta 방법이 많이 이용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 3차 및 4차 Runge-Kutta 방법을 이용하여 성주댐의 저수지 유출량을 산출하였다.

2. 댐-물넘이 조건

댐의 수두 H_e 에 대한 물넘이 정부의 유효길이 L 은 식 (3)에 의해 계산된다.¹⁵⁾

$$L = L' - 2(NK_b + K_a)H_e \dots \dots \dots (3)$$

여기서, L' 는 물넘이 정부의 순길이, N 은 수문주의 수, K_b 는 수문주의 수축계수이고 K_a 는 교대

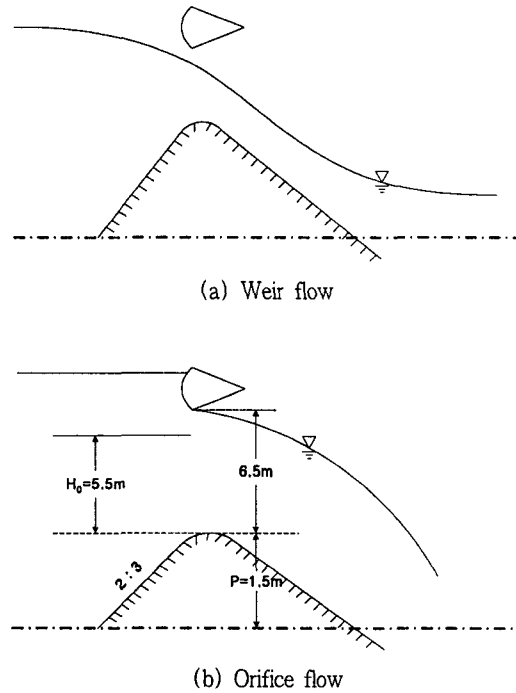


Fig. 1 Type of flow occurred in the Sungju Dam

벽의 수축계수이다. 성주댐 물넘이의 경우 L' 는 32 m, N 은 3, K_b 는 0.02, K_a 는 0.12를 사용하였다.

성주댐 물넘이의 설계수두 H_0 는 5.5 m이고, 물넘이 정부의 높이 P 는 1.5 m이며, 물넘이 상류부 경사는 2:3이다. 수문을 완전히 개방했을 때의 높이는 6.5 m이다. 댐의 수두 H_e 가 6.5 m보다 낮으면 위어 흐름이 되고, 6.5 m보다 높으면 오리피스 흐름이 된다. Fig. 1은 성주댐 물넘이의 형태를 나타낸 것이다.

성주댐의 물넘이는 수문이 완전히 개방되었을 경우 수위에 따라 위어 흐름과 오리피스 흐름을 나타낼 수 있으므로, 본 연구에서는 위어 흐름과 오리피스 흐름 각각의 경우에 대해서 유량계수를 산정하여 계산하였다.^{7),15)} Table 1은 댐의 수두에 대한 유량계수를 나타내고 있다.

Table 1 Discharge coefficients computation

H_e (m)	H_e/H_0	C/C_0	C (ft ^{0.5} /s)	C (m ^{0.5} /s)	Weir flow
0.25	0.046	0.8	3.010	1.662	$Q = CLH_e^{2/3}$
0.5	0.091	0.817	3.072	1.696	
1	0.182	0.847	3.186	1.759	
2	0.364	0.891	3.352	1.851	
3	0.545	0.931	3.501	1.933	
4	0.727	0.960	3.612	1.994	
5	0.909	0.990	3.726	2.057	
5.5	1.0	1.0	3.763	2.077	
6	1.091	1.016	3.821	2.110	
6.5	1.182	1.028	3.869	2.136	
H_e (m)	H (m)	D (m)	C (dimensionless)	C (dimensionless)	
7	3.75	6.5	0.725	0.725	$Q = CDL\sqrt{2gH}$
8	4.75	6.5	0.725	0.725	

3. WMS 모형에 의한 강우량 분석(태풍 루사)

태풍 루사 내습시 성주댐 강우계측기의 고장으로 인해 저수지 유입량 자료를 이용하여 당시 강우량을 추정하기 위해서 WMS(Watershed Modeling System) 모형을 사용하였다. 성주댐 유역에 대한 WMS 모형에 의한 수문분석은 다음과 같은 과정에 의해서 실시되었다.¹⁾ 성주댐 유역의 수치지도를 입력한 다음, WMS 모형의 내부에 있는 TOPAZ(TOpographic PArameterIZation) 프로그램을 실행하여 기본적인 유역의 특성을 분석한다. 다음으로 유출구를 지정하고 관심 소유역을 추출하여 유역면적, 유역경사, 하도경사 등의 소유역 특성을 분석한다. 이렇게 생성된 자료를 사용하여 HEC-1 프로그램을 실행한다.

태풍 루사 내습시 저수지 유입량을 기초로 하여 역산한 결과, 성주댐 인근의 대구, 추풍령, 거창 강우관측소에서 관측된 값으로 계산된 380.1 mm보다 많은 416.6 mm로 추정되었는데 이는 성주댐

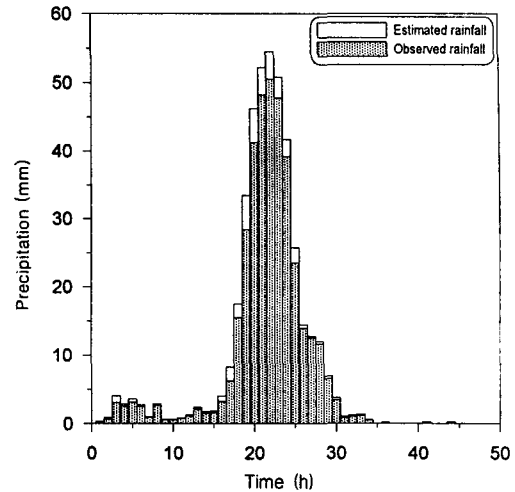


Fig. 2 Comparison of observed and estimated rainfall when the Typhoon Rusa occurred

건설당시에 분석한 200년 빈도 강우량인 239.2 mm를 훨씬 상회하는 양이었다. Fig. 2는 태풍 루사 내습시 관측된 강우량과 WMS 모형에 의해 추정된 강우량을 나타내고 있다.

4. 가능최대강수량 및 가능최대홍수량 분석

수공구조물의 붕괴는 막대한 경제손실, 대규모 인명피해 등 사회, 경제적인 피해를 낳기 때문에 국가적으로 큰 혼란에 빠질 우려가 있는 경우에는 사실상 초과 위험이 없는 가능최대강수량(PMP, Probable Maximum Precipitation)을 설계에 응용하고 있는 경우가 있다. 일반적으로 PMP의 적용은 대규모 수공구조물, 원자력 발전소 부지 결정, 주요 호우의 평가 등 홍수량의 미치는 영향이 매우 큰 경우에만 적용된다. 그러나, PMP의 경우 사용되는 자료년수, 분석방법, 분석조건 등에 따라서 많은 차이가 나타날 수 있음을 주지할 필요가 있다.

본 연구에서의 PMP는 수문기상학적으로 분석하여 작성한 한국가능최대강수량도를 이용하였으며 추정절차는 아래와 같다.¹¹⁾

- ① 대상유역의 위치와 유역면적 및 유역중심 결정

- ② PMP추정 위치를 중심으로 PMP도를 이용하여 면적별 지속시간별 PMP 추출
- ③ 대표면적별 강우깊이-지속시간의 포락
- ④ 대표 지속시간별 강우깊이-면적의 포락
- ⑤ 대상면적에 부합하는 PMP의 내삽 및 지속기간에 부합하는 PMP의 면적별 내삽

PMP의 지속시간은 대규모 유역을 가진 다목적 댐과는 달리 중·소규모 농업용 댐에서 주로 적용하는 24시간으로 채택하였으며 설계강우의 시간적 분포는 Huff 방법에 의해서 분석하였다.³⁾ Huff 분포는 강우의 누가곡선을 이용하여 전체지속기간을 4등분하였을 때 각 분류된 우량의 최대부위가 어느 부분에서 나타나는가를 분석하고 4개 그룹별로 강우를 시간적으로 무차원화시켜 강우의 누가지속기간별 강우량을 백분율로 나타낸 것이다. 즉, 전체 강우지속기간을 1이라는 수치를 설정하고 첨두우량이 발생한 위치가 0-25%, 25-50%, 50-75%, 75-100%에 해당하는 별개의 강우사상군을 분류한 것으로 실제 이용에서는 전체지속기간에 대한 누가우량 배분율을 회귀분석을 통하여 적정분포곡선을 산정하여 설계우량을 분포시키는 방법이다.

성주댐 유역의 PMP는 616.5 mm로 분석되었고 시간적 분포를 Huff법으로 채택한 경우의 가능최대 홍수량(PMF, Probable Maximum Flood)은 2,077.1 m^3/s 로 추정되었다. 성주댐의 홍수소통능력 검토와 시설개선 방안도 이 값을 기초로 하여 검토하였다.

Ⅲ. 성주댐 유역에 대한 적용

성주댐은 농업용수 공급을 주목적으로 계획된 사업으로서 부수적으로 생활용수의 공급과 하천 유지용수의 확보 및 홍수조절을 목적으로 건설되었다.^{6),13)} 홍수시 하천의 홍수 능력(홍수량 800 m^3/s)으로 조절 배제시킴으로써 댐 하류부 및 낙동강 저지대의 침수피해 감소와 홍수배제 규모를 줄일 수 있는 이점이 있다.

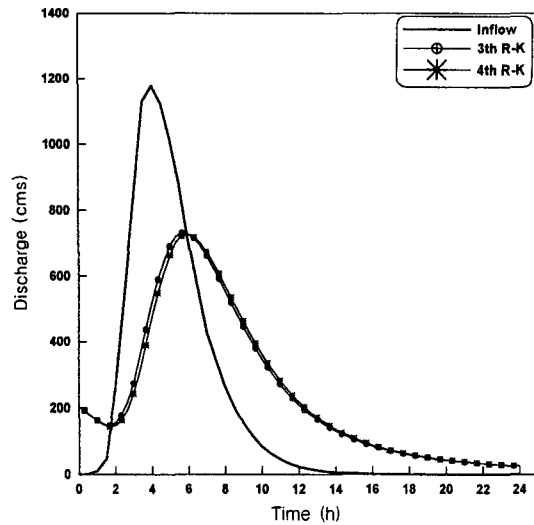


Fig. 3 Inflow and outflow hydrograph used for design

1. 성주댐 설계당시 홍수조절 능력 검토

성주댐의 설계당시 홍수조절계획의 대상홍수량으로 채택된 200년빈도 홍수량의 1.2배인 1,177.9 m^3/s 를 적용하여 저수지 추적 프로그램으로 모의해 본 결과, 3차 Runge-Kutta 방법에 의하면 최고수위 EL. 187.5 m에서 유출량은 731.2 m^3/s 로 분석되었고 4차 Runge-Kutta 방법에 의하면 최고수위 EL. 187.5 m에서 유출량은 725.6 m^3/s 로 분석되었다. Fig. 3은 성주댐 설계당시 저수지의 유입량 및 방류량을 나타내고 있다.

2. 태풍 루사 내습시 홍수조절 능력 분석

태풍 루사 내습시 성주댐에서 이용 가능한 자료는 Fig. 4와 같은 저수지의 시간별 수위변화 자료이다. 따라서, 본 연구에서는 저수지의 수위변화로부터 방류량을 계산하였으며, 다시 방류량으로부터 유입량을 Runge-Kutta 방법의 시행착오적 수행과정을 통해서 결정하였다. 모의결과 태풍 루사에 의한 성주댐의 첨두유입량은 1,620 m^3/s 였으며, 첨두 방류량은 1,285 m^3/s 였다. 성주댐의 홍수조절용량

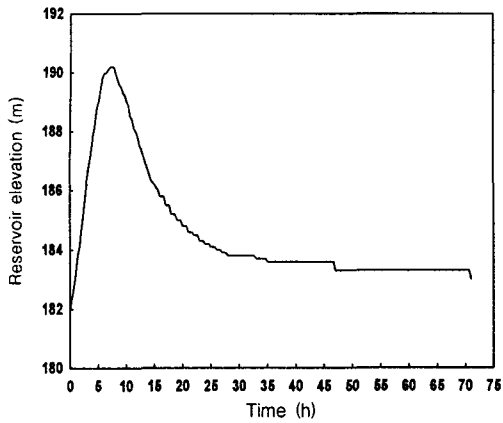


Fig. 4 Time variation of reservoir elevation when the Typhoon Rusa occurred

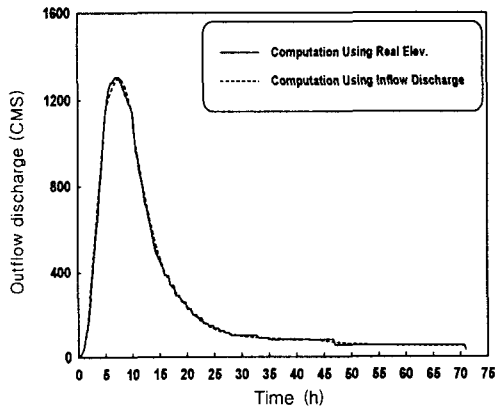


Fig. 5 Comparison of observed and simulated outflow

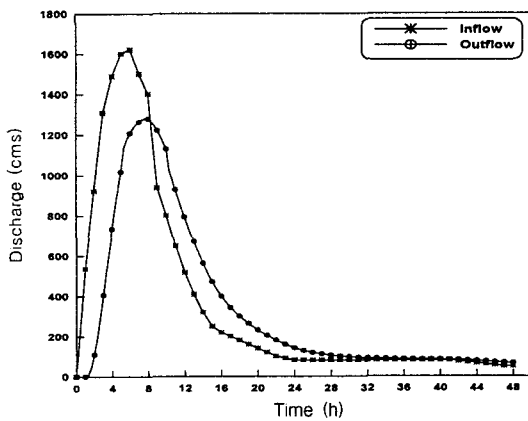


Fig. 6 Inflow and outflow hydrograph when the Typhoon Rusa occurred

은 $335 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 나타났고, 홍수조절률은 20.7%로 분석되었다. 댐의 최고수위는 190.1 m로 1.4 m만의 여유고를 나타내었다. Fig. 5에서 실선은 저수지의 방류량 변화의 실측치를 나타내고 있으며, 점선은 역산한 유입량으로부터 다시 저수지 추적을 통하여 산정한 방류량 변동의 모의치를 나타내고 있다. Fig. 6은 태풍 루사시 본 연구에서 모의된 댐 유입량 및 방류량의 수문곡선을 나타내고 있다.

3. PMP에 대한 홍수조절 능력 분석

성주댐의 홍수조절 시설인 게이트의 구조는 폭 8 m, 높이 6.5 m의 4개의 수문으로 구성되어 있다. 댐의 안전을 위해 추가되는 비상게이트는 댐의 수위가 하계관리수위인 EL. 184.7 m로 관리될 때, 강우시작 48시간 전에 유효저수량의 60%에 해당하는 수위(EL. 177.8 m)까지 하강시킬 수 있도록 폭 4 m, 높이 4 m이고 비상게이트 바닥의 표고는 EL. 75.9 m(유효저수량의 50%)로 가정하여 설계하였다.

Fig. 7은 개선된 성주댐의 측면도(비상게이트 바닥표고 EL. 175.9 m)를 나타낸 것이고, Fig. 8은 사전방류시 댐의 수위 및 방류량(비상게이트 바닥 표고 EL. 175.9 m)의 변화양상을 도시한 것이다. 사전방류시설을 통하여 초기수위를 EL. 177.8 m(유효저수량의 60%)까지 하강시킨 다음, 비상게이트를 개방하지 않는 경우와 댐의 수위가 동계관리수위인 EL. 187.9 m에 도달하면 비상게이트를 개방하는 경우에 대하여 저수지의 수위와 방류량을 모의하였다. Table 2는 PMF 조건하에서 비상게이트를 개방하지 않는 경우와 개방하는 경우에 대한 모의결과를 나타내고 있고, Fig. 9는 이에 대한 유입량 및 방류량을 나타내고 있으며, Fig. 10은 저수지에서의 수위변화를 나타내고 있다.

초기수위의 변화에 따른 저수지의 수위변화를 고려하기 위해서 초기수위별 저수지의 수위와 방류량을 모의하였다. Fig. 11은 비상게이트의 바닥표고

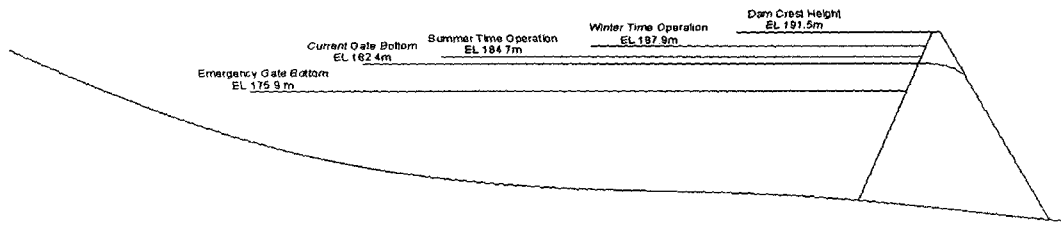


Fig. 7 Water levels and elevations of reservoir predetermined in the Sungju Dam

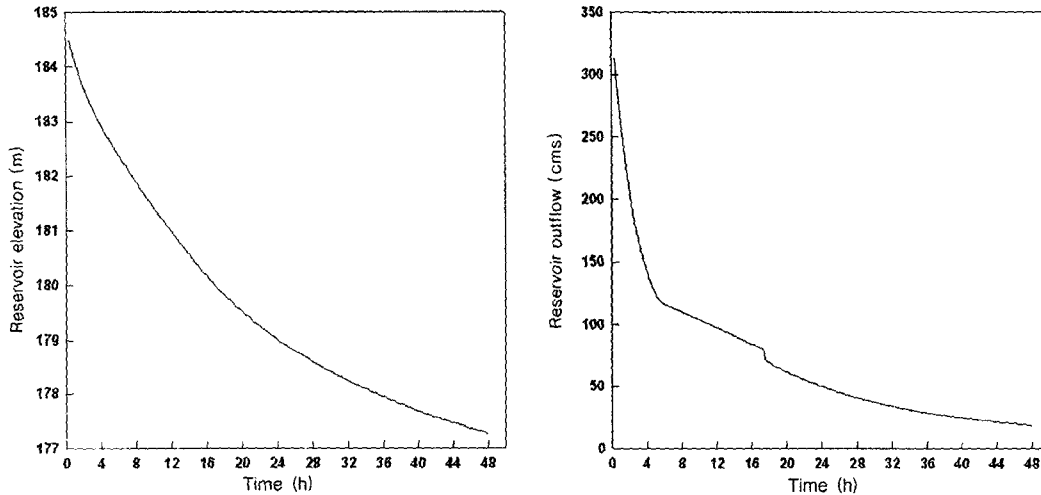


Fig. 8 Reservoir elevation and outflow discharge after pre-discharge

Table 2 Simulation result for emergency gate construction

Gate status	Peak inflow (CMS)	Peak outflow (CMS)	Flood capacity (CMS)	Max. WSE (m)	Excessive depth (m)
Closed	2,077.1	1,615.7	461.4	193.15	1.65
Opened	2,077.1	1,709.3	367.8	192.07	0.57

가 EL. 175.9 m(유효저수량 50%인 경우)일 때, 비상게이트를 개방한 경우 각 초기수위에 대한 저수지의 수위변동을 나타내고 있다. 이 경우 초기수위 조건에 따라 저수지의 홍수조절 효과는 356~498 m³/s로 나타났고, 저수지 최고수위는 EL. 190.92~192.19 m로 나타나 댐을 월류하는 수위는 0.0~0.69 m로 나타났다.

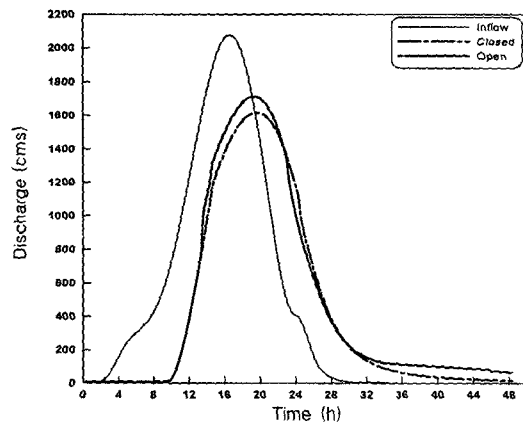


Fig. 9 Inflow and outflow when the emergency gate is open or closed

Fig. 11에서 보는 바와 같이 초기수위의 변화폭에 비하여 최고수위의 변화폭은 매우 작은 것으로

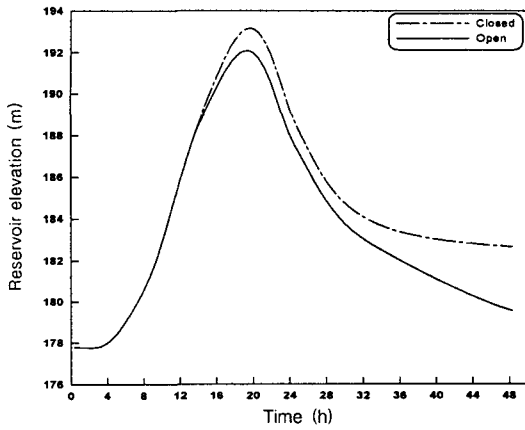


Fig. 10 Reservoir elevation when the emergency gate is open or closed

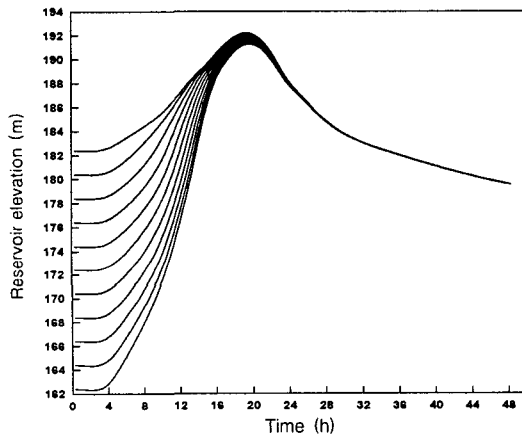


Fig. 11 Variations of the reservoir elevation due to different initial water surface elevation

나타났다. 이는 유역면적에 비하여 댐의 규모가 적어 사전 수위조절의 효과는 시설규모에 비하여 적게 나타나고 있음을 알 수 있다.

4. 홍수조절 능력 부여

현재 성주댐은 200년 빈도의 1.2배에 해당하는 홍수량에 대하여 이수기에 필요한 이수 용량을 충분히 확보하면서 치수를 안전하게 할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 그 이상 규모가 큰 홍수에 대해서는 위험을 내포하고 있다. 따라서 치수에 안전

Table 3 Comparison of simulation results

Status	Peak inflow (CMS)	Peak outflow (CMS)	Max. WSE (m)	Excessive depth (m)	
Design condition	1,177.9	731.2	187.5	-	
Typhoon rusa	1,620.0	1,285.0	190.1	-	
PMP	Closed	2,077.1	1,615.7	193.15	1.65
	Opened	2,077.1	1,709.3	192.07	0.57

을 기하기 위해서는 현재 댐 설계 기준인 PMF가 유입하는 경우에 대비하여야 한다. Table 3은 설계당시, 태풍 루사 내습시와 PMP가 도래할 경우 모의결과를 나타내고 있다.

성주댐에 대한 홍수조절 능력 부여 방안으로서는 사전수위조절용 비상게이트의 신설과 댐의 승상이 고려될 수 있겠다. 비상 게이트의 신설은 유역면적에 비하여 댐의 규모가 적어 사전 수위조절의 효과는 시설규모에 비하여 적게 나타나고 있었으며, 댐의 높이를 승상함으로써 이상강우에 대비함이 적당한 조치로 판단되며, 이 시설 설치에 의해 PMP에 대해서 안전할 것으로 판단되었다. 따라서, 하계에 치수목적으로 저수지를 운영하는 경우에는 홍수시의 초기수위를 현재의 EL. 182.4 m(연체표고)에서 48시간 이내에 EL. 177.8 m(유효저수량의 60% 수위)로 낮출 수 있는 사전방류시설인 폭 4 m, 높이 4 m의 비상게이트(바닥표고: EL. 175.9 m, 유효저수량의 50% 수위)의 신설이 타당한 것으로 판단된다. 이는 실제적으로 초기수위를 현재보다 4.6 m 낮추는 효과가 있는 것이다.

신설 비상게이트를 개방하지 않는 경우, 저수지의 최고수위는 EL. 193.15 m로서 이는 현재의 댐 마루부 표고를 1.65 m 초과하는 것이다. 또한, 신설 비상게이트를 개방하는 경우, 저수지의 최고수위는 EL. 192.07 m로서 이는 현재의 댐 마루부 표고를 0.57 m 초과하는 것이다. 따라서 댐 승상 후의 댐 마루부 표고는 예상되는 저수지 최고수위에 충분한 여유고를 더하여 결정함이 요망된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 이상강우에 의한 농업용 저수지의 홍수조절 능력을 분석하기 위하여 저수지로 임의의 홍수량이 유입되는 경우, 저수지에서의 유출량을 산정하기 위한 저수지 추적 프로그램을 개발하였다. 또한 성주댐의 수문변화에 따른 댐의 치수역할과 이상홍수에 대비하여 PMP가 도래할 경우의 시설변경 방안을 검토하였다. 이러한 연구결과는 홍수시의 저수지 운영방법, 홍수예방을 위한 시설물의 규모, 홍수배제 시설의 규모를 결정하는데 사용할 수 있다.

1. 태풍 루사시의 총 강우량은 WMS 모형에 의한 유역 분석 결과 416.6 mm로 추정되었다. 성주댐의 침투유입량은 $1,620 \text{ m}^3/\text{s}$, 침투방류량은 $1,285 \text{ m}^3/\text{s}$, 홍수조절용량은 $335 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 나타나 홍수조절률은 20.7%에 달하였고, 성주댐 저수지의 최고수위는 190.1 m까지 상승하여, 제당고 1.4 m의 여유만으로 월류 위험에 직면하였던 것으로 분석되었다.

2. 성주댐 유역에 대한 가능최대강수량(PMP)의 값은 616.5 mm로 분석되었고, 강우의 시간적 분포로서 Huff 방법을 적용한 결과 가능최대홍수량(PMF)의 값은 $2,077 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 분석되었으며, 성주댐의 극한홍수에 대한 기능보강도 이 값을 기준으로 분석하였다.

3. 성주댐의 홍수조절 시설로서는 기존의 게이트가 폭 8 m, 높이 6.5 m의 4개의 수문으로 구성되어 있다. 사전방류를 위해 신설되는 비상게이트는 댐의 수위가 하계관리수위인 EL. 184.7 m로 관리될 경우 강우시작 48시간 전에 유효저수량의 60%에 해당하는 수위(EL. 177.8 m)까지 하강시킬 수 있는 폭 4 m, 높이 4 m의 신설 비상게이트의 바닥 표고는 EL. 175.9 m(유효저수량의 50%)로 가정하여 홍수해석을 실시하였다.

4. 비상게이트를 개방하지 않는 경우 저수지의 홍수조절 효과는 $461.4 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 나타났고, 저수지

최고수위는 EL. 193.15 m로 나타났다. 또한 저수지 수위가 동계관리수위(EL. 187.9 m)에 이르면 비상게이트를 개방한 경우 저수지의 홍수조절 효과는 $367.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 나타났고, 저수지 최고수위는 EL. 192.07 m로 나타났다.

5. 성주댐에 대한 홍수조절 능력 부여 방안으로서는 사전 수위조절용 비상게이트의 신설과 댐의 승상이 고려될 수 있겠으나, 비상 게이트의 신설은 유역면적에 비하여 댐의 규모가 적어 사전 수위조절의 효과는 시설규모에 비하여 크지 않은 것으로 나타났다. 한편, 댐의 승상높이는 예상되는 저수지의 최고수위에 충분한 여유고를 더하여 결정함으로써 이상강우에 대비함이 적절한 조치로 판단된다.

이 연구는 농업기반공사의 연구비 지원에 의하여 수행되었음

References

1. Boss International. 2000. *WMS(Watershed Modeling System) User's Manual*. ch. 21-8.
2. Chow, V. T. 1959. *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill. pp.360-388.
3. Chow, V. T., D. R. Maidment and L. W. Mays. 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill. pp.242-257.
4. French, R. H. 1985. *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill. pp.336-356.
5. Hoggan, D. H. 1989. *Computer Assisted Floodplain Hydrology & Hydraulics*. McGraw-Hill. pp.101-141.
6. KARICO. 1988. *Plan Report of the Agricultural Development Project for Sungju Area*. Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation, Uiwang, Gyunggi. pp.1-136. (in Korean)
7. KARICO. 2002. *Flood Control Capacity Analysis of Irrigation Dam(Reservoir) for Extraordinary*

- Storm and Plans for Improving the Capacity.* Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation, Uiwang, Gyunggi. pp.242. (in Korean)
8. KARICO. 2002. *Fundamental Data in Hydrology for Sungju and Donghwa Areas.* Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation, Uiwang, Gyunggi. pp.40. (in Korean)
 9. KOWACO. 2002. *Investigation of Nationwide Flood by Typhoon Rusa in 2002.* Korea Water Resources Corporation. ch. 5-8. (in Korean)
 10. Mays, L. W. 2001. *Water Resources Engineering.* John Wiley & Sons. pp.694-704.
 11. Ministry of Construction and Transportation. 2000. *Estimation of Korean Probable Maximum Precipitation.* (in Korean)
 12. Office of Gyeongsangbuk-do. 1994. *Basic Plan for the Improvement of Daega River.* ch. 10-7. (in Korean)
 13. Sungju Farmland Improvement Association. 1994. *Water Power Generation Adequacy Investigation for Sungju Dam.* Agriculture and Fishery Improvement Corporation. Agriculture and Fishery Researcher. pp.121. (in Korean)
 14. US Army Corps of Engineers. 2000. *Hydrologic Modeling System HEC-HMS.* ch. 10-11.
 15. US Bureau of Reclamation. 1987. *Design of Small Dams.* Water Resources Technical Publication. pp.365-383.