

가배수 터널을 이용한 이상홍수 대비 단면확보에 관한 연구

백원현 · 박기범* · 지홍기**

경상북도 건설도시 방재국 균형개발과, *안동과학대학 건설정보과, **영남대학교 토목도시공학부
(2008년 2월 21일 접수; 2008년 4월 1일 채택)

A Study on the Cross Section Insurance to Provide for the Extraordinary Flood for the Reservoir of the Temporary Division Tunnel

Won-Hyun Baek, Ki-Bum Park* and Hong-Kee Jee**

Province of Kyeongsangbukdo, Division of balance development, Deagu 702-702, Korea

**Department of Construction Information Andong Science College, Andong 760-820, Korea*

***School of Civil, Urban and Environment Engineering, Yeungnam University, Gyongsan 712-749, Korea*

(Manuscript received 21 February, 2008; accepted 1 April, 2008)

Abstract

The object of this study is the safety insurance of the dam to provide for the extraordinary flood. The safety insurance of the reservoir was taken by the preparatory discharge using the temporary division tunnel used during the reservoir construction. In this study, the Sungju reservoir was simulated. The existing discharge facilities of the intake tower of the Sungju reservoir could not have influence on the flood control. When the Sungju reservoir operated to begin preparatory discharge for 48 hrs by the temporary diversion tunnel that have discharge of an 20-years frequency, the water level was lowered about 20 cm. When the Sungju reservoir operated to begin the continuous discharge after the preparatory discharge, the water level was lowered over 1m but the downstream at risk was caused by the resulted. If it is possible to operate to begin the preparatory discharge of the reservoir for 24 hrs by the temporary diversion tunnel, that will improve the flood control faculty of the reservoir without other hydraulic structure and safety of the Sungju reservoir will be higher.

Key Words : Reservoir, Temporary division tunnel, Extraordinary flood

1. 서 론

최근의 빈번히 발생되는 이상강우로 인해 홍수피해가 급증되며 그 강도는 점점 커지고 있는 실정이다. 특히나 댐과 같은 대규모 수공구조물의 경우는

이상홍수에 의해 구조물의 안전에 치명적인 문제가 발생하였을 경우 파장되는 피해는 상상할 수 없을 정도로 크기 때문에 특별한 대책의 수립이 항상 준비되어 있어야 할 것이다. 최근에 발생한 2002년 태풍 간무리, 루사 그리고 2003년에 발생한 태풍 매미, 2006년의 강원도 집중호우 등을 살펴보면 강우의 증가와 강우강도가 증가되는 현상이 매우 빈번하게 일어나 이제 더 이상 기상이변이라고 단정지을 수

만은 없는 실정이다. 그러나 댐과 같은 구조물의 보강이나 대책이 대부분이 막대한 비용과 장시간을 요구하고 있어 뚜렷한 대안을 수립하기에도 쉽지 않은 않다.

특히 농업용저수지와 같이 그 수가 많고 사용성이 큰 경우에 현실적으로 주어진 조건에서 최대한의 홍수에 대한 안정성을 높일 수 있는 방안의 수립이 절실히 필요하다. 대부분의 농업용저수지는 건설당시 가배수터널을 건설하여 물막이 공사와 유수 전환용으로 사용하였다가 댐이 완공되면 폐쇄시켜 사용을 하지 않는 것이 대부분이다. 전체적으로 홍수량을 배제시키는 문제에 있어서는 가배수터널이 크게 영향을 미치지 못하나 긴급시에 혹은 농업용댐과 같이 수문조절에 의한 방류가 이루어지지 않는 상황에서는 사전방류의 측면에서 그 사용성과 효율성이 충분히 검토가 이루어져 사전방류시설로서 사용하여 조금이라고 홍수방어와 댐체의 안정성 수립방안에 도움이 될 것이다.

저수지의 홍수기 홍수조절방식은 Surchage 방식, 제한수위 방식, 예비방류 방식 등으로 대별되며, 이중 Surchage 방식은 이미 설치된 저수지에 의하여 자연적으로 홍수를 조절하는 것으로 홍수조절 효율이 저조한 바, 현재 다목적 댐의 대부분이 홍수기에 일정 제한 수위방식을 택하고 있다. 그 결과 홍수기 말의 제한수위에서 이수기의 상시 만수위로 저수지 수위를 상승시키는 것이 현실적으로 어려워 이수용량을 확보하는데 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 가능한 저수지 수위를 탄력적으로 운영하는 방안이 제시되었으나, 이 방안을 실제 호우 사상에 적용할 경우 치수에 위협부담이 내재하고 있으며, 홍수만을 고려하여 저수지를 운영할 경우 이수관리의 위험이 따른다. 김¹⁾은 실제 홍수조절 효과는 홍수 조절용량에 좌우되며, 홍수조절 용량을 최대한 확보하는 방안으로 예비방류 방안을 실시할 것을 지적하였다. 이 등²⁾은 홍수예보를 위하여 대형댐의 예비방류를 통한 분석을 실시하였으며, 선우 등³⁾은 소양호의 예비방류의 효과를 검토하였다. 또한 심 등⁴⁾은 가변제한수위를 설정함에 따라 예비방류를 통하여 홍수기 조절용량을 충분히 확보함으로써 홍수조절의 효과를 극대화 하는 방안이 제시되기도 하였다. 박 등⁵⁾은 예비방류를 이용한 홍

수기중 저수지 운영방안에 대하여 연구하였으며, 황⁶⁾은 홍수기중 저수지 운영에 있어 예비방류를 통한 홍수조절 효과를 검토하였다. 백 등⁷⁾은 본 연구의 기초가 되는 사전방류에 의한 저수지의 홍수조절 효과를 검토하였다.

본 연구는 농업용저수지의 홍수기 운영에서 이상홍수의 발생으로 인하여 농업용저수지의 특성상 홍수조절용량이 부족하여 하류지역에 순간적으로 과대한 방류에 의해 일어나는 피해를 방지하기 위하여 시공시 사용한 가배수터널을 최대한 이용하여 사전방류시설로 이용하여 침투방류량을 경감시키며, 홍수유입량에 따른 최대수위를 경감시키고자 가배수 터널의 단면적의 확보와 사전 방류에 따른 홍수조절의 효율을 검토하여 농업용저수지의 안전 확보와 하류의 홍수피해를 최소화하는 데 그 목적이 있다.

2. 대상유역

본 연구대상 유역인 성주댐은 행정구역상 성주군 성주읍의 8개 면에 해당되며, 동경 128°05' - 128°25' 북위 35°45' - 36°00' 사이에 위치하며 성주군 낙동강지류의 대가천 상류부에 위치한 성주지로서 경상북도 성주군 가천면 중산리에 위치하고 있다. 유역면적은 149.60 km²이다. 대상유역의 위치는 Fig. 1과 같다.

성주댐은 농업용수 개발을 주목적으로 계획된 사업으로서 부대적으로 생활용수의 공급과 하천 유지용수의 확보 및 홍수조절을 목적으로 건설되었다. 성주댐은 낙동강 상류 대가천 유역 14,960 ha에서 흐르는 수원을 확보하여 경북 성주군 9개면 일대의 산재되어 있는 기존수리시설 물리 180 ha와 수리불안전담 2,980 ha에 대하여 급수하고 홍수시 하천의 홍수능력(홍수량 800 m³/s)으로 조절하여 배제시킴으로써 댐 하류부 및 낙동강 저지대의 침수피해 감소와 홍수배제 규모를 줄일수 있는 이점이 있고, 용수원을 활용하여 소수력 발전도 가능하며, 또 성주군과 고령군의 생공용수 공급이 가능하게 됨으로써 다목적 용수원으로 활용되고 있다. 그러나 이러한 수원을 확보할 수 있는 조건을 갖고 있으면서도 수리시설이 미비하여 가뭄과 홍수를 입는 지대의 중

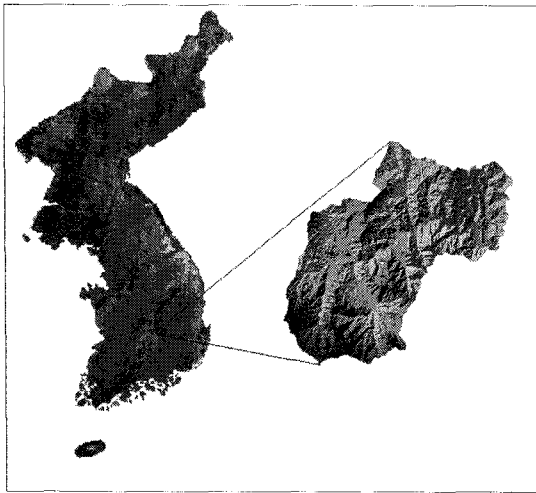


Fig. 1. Study area.

합적인 개발을 위하여 낙동강 2단계 대단위 사업으로 추진되어 1986년 기본계획을 세워 농업용수 개발계획으로 시행하게 되었다. 댐 위치는 성주군 가천면 중삼리에 위치하고 댐 구조는 인근의 성토 재료의 취득이 용이하고 경제적이고 관리가 용이한 Fill dam으로 계획하고 gate식 물넘이로 홍수조절함으로써 종합적 수자원개발계획을 수립, 시행하면서 약 700 ha의 경지정리 사업과 낙동강 연변에 300 ha의 배수개선 사업이 시행되어 기존 수리시설과 같이 관리됨으로써 농가소득 증대와 생활환경개선이 촉진될 뿐만 아니라 도시와 지역의 통합발전이 이루어 질 것을 기대하고 있다⁸⁾.

본 연구에서 확률강우량을 산정하기 위하여 대구 기상대의 관측자료를 이용하였으며, 대구관측소의 1973년에서 2006년도 까지 강우량 자료를 수집하여 지속시간 별로 최대강우량을 분석하였다.

강우빈도분석절차에 의하여 강우빈도 분석을 실시하였으며, 빈도분석결과 Gumbel 분포가 적합한 것으로 나타났으며, 100년, 200년, 500년, 1000년, 1500년 빈도에 대한 확률강우량을 지속시간별로 산정하였다.

3. 저수지 추적이론

3.1. 저류방정식

저수지로 유입하는 홍수류는 저수지의 저류효과로 인하여 침투홍수량이 감소되며 발생시각도 지체

되며 이 현상의 지배방정식은 저류 방정식으로 표시된다. 즉,

$$\overline{I} - \overline{O} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (1)$$

여기서 I 및 O는 미소시간 Δt 동안에 저수지로의 평균유입량(m^3/s) 및 저수지로부터 방출되는 평균유출량(m^3/s)이며 ΔS 는 Δt 시간 동안의 저류량($m^3 \cdot day$)의 변화량이다.

저수지 홍수추적의 기본방정식은 식(1)로 표시되며 미소시간구간 Δt 의 시점시각 t_1 과 종점시각 t_2 에서의 유입량 I_1 및 I_2 , 유출량을 O_1 및 O_2 , 저류량을 S_1 및 S_2 라 하면 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\frac{1}{2} (I_1 + I_2) \Delta t - \frac{1}{2} (O_1 + O_2) \Delta t = S_2 - S_1 \quad (2)$$

식(2)에서 Δt 시간구간의 I_1, I_2, O_1 을 알고 O_2 를 계산하는 과정이 홍수추적이며, 이를 위해서는 저류량 S와 유출량 O간의 관계가 추가로 필요하다. 식(2)를 O_2 에 관해 풀이하는 방법은 여러 가지가 있으나 가장 널리 쓰이는 방법은 저류지표법(Storage indication index)이다.

댐 수문에 의한 방류량의 조절이 없는 경우 저류지표법의 기본 방정식은 식(2)을 변형시킨 다음 식으로 표시한다.

$$\frac{1}{2} (I_1 + I_2) \Delta t - \left(S_1 - \frac{1}{2} O_1 \Delta t \right) = S_2 + \frac{1}{2} O_2 \Delta t \quad (3)$$

또는

$$\frac{1}{2} (I_1 + I_2) \Delta t + \left(S_1 + \frac{1}{2} O_1 \Delta t \right) - O_1 \Delta t = S_2 + \frac{1}{2} O_2 \Delta t \quad (4)$$

식(4)에서 추적구간 Δt 에 대한 I_1, I_2, O_1 을 알고 저수지의 S-O관계가 수립되면 O_2 를계산할 수 있어서 축차적으로 홍수추적을 할 수 있다.

식 (4)를 다시 쓰면

$$\frac{1}{2} (I_1 + I_2) \Delta t + (S_1 - O_1 \Delta t) = (S_2) \quad (5)$$

여기서 $SI = S_1 + \frac{1}{2} O_1 \Delta t$ 로서 저류지표(Storage indication, $m^3/s \cdot day$)라 한다.

따라서, 저류지의 저류특성 변수인 S와 방류특성 O사이의 관계(S-O관계)가 수립되면, 시각 t_1 에서의

I_1, I_2, O_1 과 t_2 에서의 I_2 가 기지값이 되므로 식(5)로부터 $(SI)_2$ 가 계산되며 O_2 는 $(SI)-O$ 관계로부터 직접 계산할 수 있다.

댐 수문이 있을 경우 조절방류에 의한 저수지 홍수추적은 다음과 같다. 댐 수문의 개도에 따라 방류량을 조절할 경우에는 다음의 홍수추적 방정식으로 추적하여 추적절차는 자유흐름의 경우와 유사하다.

$$\frac{1}{2}(I_1 + I_2)\Delta t + (SI)_1 - O_1\Delta t - \overline{O_r}\Delta t = (SI)_2 \quad (6)$$

여기서 O_1 과 O_2 는 조절되지 않은 방류량이고, O_r 은 Δt 시간간격 동안의 평균조절 방류량(m^3/s)이다.

댐 수문에 의해 방류량을 조절할 경우에는 저수지의 운영 조작기준에 의해 수문조작을 하게 되며 두가지 경우로 나눌 수 있다. 첫 번째 경우는 댐으로부터의 방류가 수문으로 조절되는 여수로와 자유흐름 상태의 여수로의 두 가지로 되어 있을 경우로서 식(6)에 조절 방류량 O_r 를 시간구간별로 지정해 주고 O_2 를 계산하면 된다. 두 번째의 경우는 자유방류는 없고 수문에 의한 조절방류만 할 경우로서 식(6)의 O_1 과 O_2 항이 없어지므로 다음과 같이 식(7)과 같이 된다.

$$\frac{1}{2}(I_1 + I_2)\Delta t + \left(S_1 + \frac{1}{2}O_r\Delta t\right) - O_r\Delta t = S_2 + \frac{1}{2}O_{r2}\Delta t \quad (7)$$

여기서 $(SI)_r = S + \frac{1}{2}O_r\Delta t$ 은 조절 방류에 대한 저류지표에 해당하며 수문개도별 방류곡선과 저류량곡선을 사용하여 계산하여야 한다⁹⁾.

4. 가배수로를 이용한 예비방류 방식

4.1. 예비방류 방식

일반적으로 선행 연구된 결과에서 예비방류방식이라 함은 저수지의 홍수유출이 예상되는 경우에 예비방류를 행하고 이수용량의 일부 또는 전부를 일시적인 홍수조절 용량으로 활용하는 것이다.

본 연구에서 예비방류방식은 성주댐의 가배수터널의 방류를 이용하여 24시간 혹은 48시간 최대 방류를 실시한 후 홍수유입이 시작되면 여수로 방류를 실시한 경우와 예비방류를 시행한 후 홍수유입이 시작되면 가배수로 방류와 여수로 방류를 병행한 경우에 대해서 분석하였다.

일반적인 선행연구에서의 예비방류의 선행제약 조건은 다음과 같다.

- 1) 강우의 정량예보는 가능한 것으로 한다.
- 2) 홍수초기의 저수지 수위는 각월에 유지하여야 할 수위로 한다.
- 3) 홍수유출 종료시에는 저수지 수위가 예비방류전의 초기수위로 회복하는 것을 도모한다. 이를 위하여 예비방류를 수행한 후 저수지 수위가 초기 수위를 초과하거나 그 수위를 확보하지 못하는 경우는 벌점함수를 정하고 벌점을 부과한다.
- 4) 홍수피해는 첨두홍수량에 관계가 있으므로 첨두홍수량에 따른 벌점함수를 정하고 이를 토대로 벌점을 부과한다.
- 5) 3)과 4)항에서 부과된 벌점의 절대값 합이 가장 작을 때 효과적으로 예비방류를 수행한 것으로 한다.

그러나 본 연구에서는 강우의 예보는 확률강우량을 산정하여 확률강우량에 의한 유출량이 유입되는 것으로 하였으며, 저수지 초기수위는 성주댐의 홍수위로 설정하였다. 홍수종료시의 수위는 분석방법에 따라 상이하게 나타나므로 분석결과에서 이를 논하기로 한다. 벌점에 관한 부분은 본 연구에서는 제외하기로 하였다.

4.2. 가배수로를 이용한 예비방류 방식의 설정

본 연구에서는 성주댐의 홍수분석을 위하여 분석유역을 6개의 소유역으로 분할 하였으며, 각각의 유역특성인자를 산정하였다. 홍수분석방법으로는 Clark 모형과 하도추적은 Muskingum 방법을 사용하였다. 매개변수의 추정을 위하여 2002년도의 대표적인 호우사상인 루사를 이용하여 매개변수를 추정하였다¹⁰⁾. 성주댐의 각 소유역의 유역특성은 다음 Table 1과 같으며, 유역에 실제호우를 통한 최적화된 매개변수는 Table 2와 같고, 홍수분석을 위한 HEC-HMS모형의 시스템도는 다음 Fig. 2와 같다.

본 연구에서 성주댐의 가배수 터널을 이용하여 사전방류검토를 하기위하여 예비방류방법을 몇가지 경우에 대하여 설정을 하였다. 먼저 예비방류 시간설정에서 200년 빈도기준의 설계홍수량의 유입시 24시간 예비방류한 경우와 48시간 예비방류한 경우이며, 예비방류량에 대한 설정에서 성주댐의 취수탑을 이용한 경우와 가배수터널을 이용한 경우

Table 1. Basin classifications

Characteristics \ Basins	1B	2B	3B	4B	5B	6B
Area(km ²)	38.49	29.05	26.01	16.11	24.75	12.26
Basin slope	0.2325	0.2803	0.3334	0.1996	0.2753	0.2175
Basin length(km)	8.11	7.55	5.41	6.41	6.70	6.01
Stream flow length(km)	10.15	8.89	7.42	7.88	11.24	7.08
Stream flow slope	0.0885	0.0906	0.0931	0.0662	0.0594	0.0919
Stream length(km)	7.13	5.85	5.52	4.78	7.62	4.27
Stream slope	0.0460	0.0327	0.0118	0.0173	0.0143	0.0229

Table 2. Parameter results

Basin	Time of Concentrations	Storage Coefficients
1B	1.0	0.82
2B	0.9	0.83
3B	0.77	0.61
4B	0.92	0.82
5B	0.848	1.24
6B	0.75	0.68
Reach	Muskingum K	Muskingum x
1R	2.79	0.2
2R	2.65	0.2

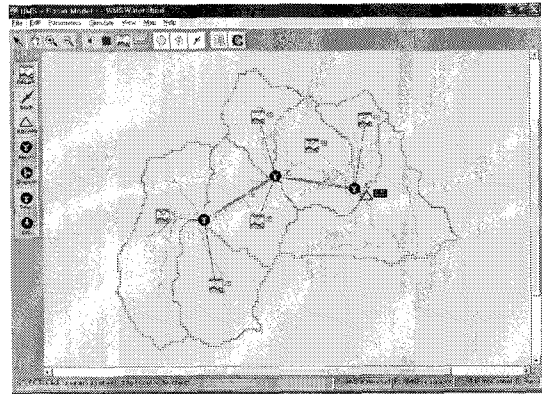


Fig. 2. HEC-HMS System diagram.

가배수 터널의 배수용량을 증감시키면서 홍수조절 효과분석을 실시하였다. 본 연구의 분석방법들에 대한 초기조건은 Table 3과 같다.

본 연구에서 성주댐의 홍수량 산정을 위한 모형의 매개변수를 결정하기 위하여 2002년 루사를 이용하여 매개변수를 검증하였으며, 모의한 결과 다

음 Fig. 3과 같은 수분곡선을 얻을 수 있었다.

다음으로 확률강우량을 이용하여 최대홍수량이 발생하는 임계지속시간을 산정하였으며 그 결과 임계지속시간은 360분으로 분석되었으며, 이에 따른

Table 3. Preliminary outflow conditions

Outflow Conditions	Preliminary outflow time (hr)	Outflow (m ³ /s)	Initial Level (EL. m)	Final Level (EL. m)
Spillway+Intake Outflow	24 (Case 1)	8.09	182.40	182.09
	48 (Case 2)			181.72
Spillway+Temporary Division Tunnel	24 (Case 3)	485.70		181.12
	48 (Case 4)			180.76
Spillway+Temporary Division Tunnel(50%)	24 (Case 5)	242.85		181.61
	48 (Case 6)			181.26
Spillway+Temporary Division Tunnel(70%)	24 (Case 7)	348.08		181.41
	48 (Case 8)			181.06
Spillway+Temporary Division Tunnel(120%)	24 (Case 9)	590.93		190.90
	48 (Case 10)			180.56
Spillway+Temporary Division Tunnel(150%)	24 (Case 11)	736.64		180.60
	48 (Case 12)			180.26

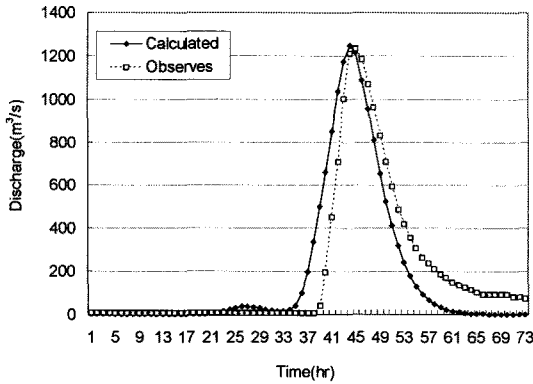


Fig. 3. Results of calculated and observed(Rusa Typhoon).

빈도별 홍수량을 산정하였다. 각각의 빈도년에 대하여 성주댐의 분석대상 Case 별로 분석하였으며, 성주댐 운영결과에 따른 방류량과 저수위 결과를 Table 4에 나타내었다.

본 연구에서 성주댐의 예비 방류에 따른 성주댐의 홍수조절을 분석한 결과 먼저, 예비방류만 이루어진 경우 수위가 가장 많이 저하된 경우는 가배수

로 터널의 150% 용량을 48시간 사전방류한 Case 12의 경우에 200년 빈도를 기준으로 예비방류를 실시하지 않은 경우와 비교하여 대체로 수위가 0.3 m 정도가 하강되는 효과를 나타내는 것으로 분석되었다. 이는 예비방류의 시간이 길어짐에 따라 저수지 수위가 홍수유입시 많이 하강되었기 때문으로 판단된다. 하류로 방류되는 방류량의 저감효과는 70 m³/s 전후가 감소되어 방류되는 것으로 분석되어 방류량의 저감효과는 크지 않은 것으로 분석되었다. 각 빈도에 따른 분석결과는 Table 5-Table 9와 같다.

본 연구에서 극한홍수의 발생에 따른 성주댐의 사전방류를 실시하여 홍수조절 효과를 분석하여 결과를 요약하면 다음과 같다.

사전방류만 이루어진 경우 수위증감이나 방류량의 증감에 있어서 효과는 크게 나타나지 않았으며 방류량의 경우 모든 Case에 있어 100 m³/s이하의 저감을 나타내었으며, 특히 48시간 사전방류와 가배수로의 방류능력이 커질수록 첨두방류량의 감소와 첨두수위의 저감은 크게 나타났다. 그러나 가배수로에 의한 사전방류를 실시할 경우 사전방류를 하

Table 4. Results of frequency inflow

Frequency	100 yr	200 yr	500 yr	1000 yr	1500 yr
Inflow (m ³ /s)	821.71	919.16	1,048.65	1,147.2	1,205.07
Maximum Outflow (m ³ /s)	562.72	642.78	725.51	825.75	869.37
Maximum Level (EL.m)	186.73	187.09	187.53	187.91	188.09

Table 5. Results of preliminary outflow operation(F=100yr)

Outflow Condition	Classifications	Only Preliminary Outflow		Preliminary Outflow Continue	
		Max. Outflow (m ³ /s)	Max. Level (EL. m)	Max. Outflow (m ³ /s)	Max. Level (EL. m)
Spillway+Intake Outflow	Case 1	552.41	186.69	560.50	186.59
	Case 2	533.10	186.61	541.19	186.52
Spillway+Temporary Division Tunnel	Case 3	502.15	186.47	987.85	185.54
	Case 4	491.55	186.42	977.25	185.48
Spillway+Temporary Division Tunnel(50%)	Case 5	526.91	186.58	769.76	186.08
	Case 6	507.65	186.50	750.50	186.01
Spillway+Temporary Division Tunnel(70%)	Case 7	516.11	186.54	856.10	185.87
	Case 8	499.54	186.46	839.53	185.79
Spillway+Temporary Division Tunnel(120%)	Case 9	495.37	186.44	1078.21	185.32
	Case 10	485.43	186.38	1068.27	185.26
Spillway+Temporary Division Tunnel(150%)	Case 11	486.73	186.39	1215.28	185.00
	Case 12	475.02	186.32	1203.57	184.92

Table 6. Results of preliminary outflow operation(F=200yr)

Outflow Condition	Classifications	Only Preliminary Outflow		Preliminary Outflow Continue	
		Max. Outflow (m ³ /s)	Max. Level (EL. m)	Max. Outflow (m ³ /s)	Max. Level (EL. m)
Spillway+Intake Outflow	Case 1	637.41	187.06	645.50	186.91
	Case 2	629.13	187.01	637.22	186.86
Spillway+Temporary Division Tunnel	Case 3	602.99	186.90	1088.69	185.91
	Case 4	584.26	186.82	1069.96	185.85
Spillway+Temporary Division Tunnel(50%)	Case 5	625.80	186.99	868.65	186.43
	Case 6	609.80	186.93	852.65	186.37
Spillway+Temporary Division Tunnel(70%)	Case 7	617.00	186.96	956.99	186.22
	Case 8	599.32	186.88	939.31	186.16
Spillway+Temporary Division Tunnel(120%)	Case 9	591.58	186.85	1174.42	185.70
	Case 10	573.48	186.78	1156.32	185.63
Spillway+Temporary Division Tunnel(150%)	Case 11	575.85	186.79	1304.40	185.38
	Case 12	555.64	186.70	1284.19	185.31

Table 7. Results of preliminary outflow operation(F=500yr)

Outflow Condition	Classifications	Only Preliminary Outflow		Preliminary Outflow Continue	
		Max. Outflow (m ³ /s)	Max. Level (EL. m)	Max. Outflow (m ³ /s)	Max. Level (EL. m)
Spillway+Intake Outflow	Case 1	714.38	187.49	722.47	187.39
	Case 2	706.16	187.44	714.25	187.33
Spillway+Temporary Division Tunnel	Case 3	692.35	187.37	1178.05	186.42
	Case 4	681.49	187.31	1167.19	186.35
Spillway+Temporary Division Tunnel(50%)	Case 5	703.76	187.43	946.61	186.91
	Case 6	695.61	187.38	938.46	186.86
Spillway+Temporary Division Tunnel(70%)	Case 7	699.11	187.40	1039.10	186.72
	Case 8	690.71	187.36	1030.70	186.66
Spillway+Temporary Division Tunnel(120%)	Case 9	686.52	187.33	1269.36	186.21
	Case 10	673.65	187.36	1256.49	186.12
Spillway+Temporary Division Tunnel(150%)	Case 11	675.22	187.27	1403.77	185.87
	Case 12	661.94	187.20	1390.49	185.79

Table 8. Results of preliminary outflow operation(F=1000yr)

Outflow Condition	Classifications	Only Preliminary Outflow		Preliminary Outflow Continue	
		Max. Outflow (m ³ /s)	Max. Level (EL. m)	Max. Outflow (m ³ /s)	Max. Level (EL. m)
Spillway+Intake Outflow	Case 1	815.62	187.87	823.71	187.71
	Case 2	801.30	187.82	809.39	187.67
Spillway+Temporary Division Tunnel	Case 3	776.04	187.72	1261.74	186.76
	Case 4	762.00	187.67	1247.70	186.72
Spillway+Temporary Division Tunnel(50%)	Case 5	796.76	187.80	1039.61	187.25
	Case 6	781.74	187.74	1024.59	187.20
Spillway+Temporary Division Tunnel(70%)	Case 7	788.37	187.77	1128.36	187.06
	Case 8	773.45	187.71	1113.44	187.01
Spillway+Temporary Division Tunnel(120%)	Case 9	767.53	187.69	1350.37	186.57
	Case 10	752.0	187.64	1335.74	186.52
Spillway+Temporary Division Tunnel(150%)	Case 11	754.81	187.64	1483.36	186.27
	Case 12	736.51	187.58	1465.06	186.20

Table 9. Results of preliminary outflow operation(F=1500 yr)

Outflow Condition	Classifications	Only Preliminary Outflow		Preliminary Outflow Continue	
		Max. Outflow (m ³ /s)	Max. Level (EL. m)	Max. Outflow (m ³ /s)	Max. Level (EL. m)
Spillway+Intake Outflow	Case 1	864.28	188.07	872.37	187.90
	Case 2	855.36	188.02	863.45	187.85
Spillway+Temporary Division Tunnel	Case 3	832.52	187.93	1318.22	186.95
	Case 4	817.23	187.88	1302.93	186.90
Spillway+Temporary Division Tunnel(50%)	Case 5	852.46	188.01	1095.31	187.44
	Case 6	838.71	187.96	1081.56	187.39
Spillway+Temporary Division Tunnel(70%)	Case 7	845.19	187.98	1185.18	187.24
	Case 8	829.43	187.92	1169.42	187.19
Spillway+Temporary Division Tunnel(120%)	Case 9	822.90	187.90	1405.74	186.75
	Case 10	809.17	187.85	1392.01	186.70
Spillway+Temporary Division Tunnel(150%)	Case 11	810.84	187.85	1539.45	186.45
	Case 12	796.96	187.80	1525.51	186.41

Table 10. Comparison of outflow results(Units : m³/s)

Plan	Classifications	Only Preliminary Outflow					Preliminary Outflow Continue				
		T=100	T=200	T=500	T=1,000	T=1,500	T=100	T=200	T=500	T=1,000	T=1,500
800	Case 1	552.41	637.41	714.38	815.62	864.28	560.50	645.50	722.47	823.71	872.37
	Case 2	533.10	629.13	706.16	801.30	855.36	541.19	637.22	714.25	809.39	863.45
	Case 3	502.15	602.99	692.35	776.04	832.52	987.85	1088.69	1178.05	1261.74	1318.22
	Case 4	491.55	584.26	681.49	762.00	817.23	977.25	1069.96	1167.19	1247.70	1302.93
	Case 5	526.91	625.80	703.76	796.76	852.46	769.76	868.65	946.61	1039.61	1095.31
	Case 6	507.65	609.80	695.61	781.74	838.71	750.50	852.65	938.46	1024.59	1081.56
	Case 7	516.11	617.00	699.11	788.37	845.19	856.10	956.99	1039.10	1128.36	1185.18
	Case 8	499.54	599.32	690.71	773.45	829.43	839.53	939.31	1030.70	1113.44	1169.42
	Case 9	495.37	591.58	686.52	767.53	822.90	1078.21	1174.42	1269.36	1350.37	1405.74
	Case 10	485.43	573.48	673.65	752.0	809.17	1068.27	1156.32	1256.49	1335.74	1392.01
	Case 11	486.73	575.85	675.22	754.81	810.84	1215.28	1304.40	1403.77	1483.36	1539.45
	Case 12	475.02	555.64	661.94	736.51	796.96	1203.57	1284.19	1390.49	1465.06	1525.51

Table 11. Comparison of flood level results

(Units : El. m)

Plan	Classifications	Only Preliminary Outflow					Preliminary Outflow Continue				
		T=100	T=200	T=500	T=1,000	T=1,500	T=100	T=200	T=500	T=1,000	T=1,500
187.9	Case 1	186.69	187.06	187.49	187.87	188.07	186.59	186.91	187.39	187.71	187.90
	Case 2	186.61	187.01	187.44	187.82	188.02	186.52	186.86	187.33	187.67	187.85
	Case 3	186.47	186.90	187.37	187.72	187.93	185.54	185.91	186.42	186.76	186.95
	Case 4	186.42	186.82	187.31	187.67	187.88	185.48	185.85	186.35	186.72	186.90
	Case 5	186.58	186.99	187.43	187.80	188.01	186.08	186.43	186.91	187.25	187.44
	Case 6	186.50	186.93	187.38	187.74	187.96	186.01	186.37	186.86	187.20	187.39
	Case 7	186.54	186.96	187.40	187.77	187.98	185.87	186.22	186.72	187.06	187.24
	Case 8	186.46	186.88	187.36	187.71	187.92	185.79	186.16	186.66	187.01	187.19
	Case 9	186.44	186.85	187.33	187.69	187.90	185.32	185.70	186.21	186.57	186.75
	Case 10	186.38	186.78	187.36	187.64	187.85	185.26	185.63	186.12	186.52	186.70
	Case 11	186.39	186.79	187.27	187.64	187.85	185.00	185.38	185.87	186.27	186.45
	Case 12	186.32	186.70	187.20	187.58	187.80	184.92	185.31	185.79	186.20	186.41

지 않을 경우보다 하류하천에 홍수량의 부담은 다소 줄이면서 댐의 안정에도 기여가 가능한 것으로 판단된다.

다음으로 사전방류후 지속적으로 가배수로로 방류할 경우 수위저감효과는 크게 나타나나, 하류 방류량이 커지므로 하류하천의 홍수부담을 가중시키는 것으로 분석되었다.

본 연구에서 성주댐의 사전방류에 따른 하류지역의 방류량과 수위를 분석한 결과 Table 10과 Table 11과 같으며 진한글자는 계획방류량 보다 많이 방류된 경우이다. 최소 24시간 가배수로를 이용한 사전방류가 가능한 경우에 최소 1,000년 빈도에서는 성주댐의 계획방류량도 초과하지 않고 계획홍수위도 초과하지 않는 안전측면을 주는 것으로 나타났다. 사전방류가 여수로 방류와 같이 이루어지는 경우는 댐의 안전측면에서 저수위는 저감되나 하류방류량이 급격히 커지므로 하류의 안정성에 문제를 발생시키는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구는 최근 증가하는 이상호우에 따라 댐과 같은 대규모 수공구조물의 안정성을 증가시킬 수 있는 방안으로 농업용댐의 건설당시 사용되었다가 댐이 완공되면 사용성이 없어지는 가배수로를 이용하여 이상호우시 사전방류를 통하여 댐의 안정성을 확보하는 방안에 대하여 연구하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

성주댐의 취수시설과 가배수로 시설을 이용하여 사전방류할 수 있는 여러 가지 가능성을 검토하여 성주댐을 홍수 모의운영 하였으며, 현재 취수시설로 사용되는 취수탑의 최대방류로는 24시간, 48시간 사전방류를 실시하여도 홍수조절에는 효과가 크게 나타나지 않는 것으로 분석되었다.

가배수로를 이용한 사전 방류에서는 가배수로 설계시 적용된 방류용량이 20년빈도의 방류량을 가지는 용량으로 48시간 사전방류시 사전방류만 하더라도 20 cm정도의 수위저감효과를 나타내는 것으로 분석되었다.

사전방류후 가배수로 용량으로 계속 방류할 경우 수위저감효과에서 1 m이상 저감되는 향상된 결과를 나타내는 것으로 분석되었으나, 하류하천의 홍수량이 증가되어 하류하천의 위험도가 커지는 결과

를 나타내었다. 그러나 이상호우에 따른 극한 상황에서 댐의 안정성이 위협받는 경우에는 댐의 안정성에는 크게 효과가 나타나는 것으로 판단된다.

마지막으로 성주댐의 가배수터널을 홍수조절의 목적으로 사전방류에 이용한다면 최소 24시간 이상의 사전방류가 가능하도록 유입량을 예측이 가능하다면 1,000년빈도의 홍수량에도 현재의 저수지 능력으로 방어가 가능하고 하류에도 계획방류량 이상의 방류를 억제함으로써 하류의 홍수피해도 저감시킬 것으로 판단된다.

본 연구에서 성주댐을 대상으로 농업용저수지의 이상호우시 댐의 안정성 확보를 위한 가배수로 용량이 건설당시의 용량만으로도 기상정보를 이용한 24시간 전의 사전방류시설로 이용이 가능하다면 대부분이 소규모의 용량을 가진 농업용저수지에서 별도의 시설비를 추가하지 않고 홍수조절 효과를 가지며 댐의 안정성 확보에도 도움이 될 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 1) 김승권, 1988, 저수지 운영방안의 방법론적 개괄, 한국수문학회지, 21(1), 16-23.
- 2) 심명필, 권오익, 이환기, 1995, 홍수기중 가변제한수위에 의한 저수지 운영, 한국수자원학회지, 28, 217-228.
- 3) 황만하, 1997, 홍수기 저수지 운영의 예비방류에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 17(II-5), 453-460.
- 4) 이재형, 심명필, 전일권, 1993, 대청댐 예비방류를 위한 홍수예보, 한국수문학회지, 26(2), 99-105.
- 5) 선우중호, 이재형, 전일권, 황만하, 1995, 소양호의 예비방류 효과에 관한 연구, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 431-436.
- 6) 박봉진, 강권수, 정관수, 1997, 예비방류를 고려한 대청댐의 홍수기중 운영방안, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 414-419.
- 7) 백원현, 박기범, 지홍기, 2007, 소규모 농업용저수지의 사전방류에 의한 홍수조절효과 분석에 관한 연구, 한국환경과학회 2007 봄학술발표회 논문집, 254-257.
- 8) 농업기반공사, 2002, 이상호우에 대비한 농업용 댐(저수지) 홍수조절 기능 분석 및 개선방안-동화댐과 성주댐을 중심으로-, 13-16.
- 9) US Army Corps of Engineering Hydrologic Center, 2001, Hydrologic Modelling System HEC-HMS Technical Reference Manual, 116-120.
- 10) US Army Corps of Engineering Hydrologic Center, 2001, Hydrologic Modelling System HEC-HMS User's Manual, 59-79.