

## 소규모 댐의 저수관리 시스템 개발

### Development of Storage Management System for Small Dams

김 필 식\* · 김 선 주\*\*

Phil Shik Kim · Sun Joo Kim

#### Abstract

Ninety tow percent of over 1,800 gate controlled dams in Korea are classified as small dams. The primary purpose of these small dams is to supply irrigation water. Therefore, while large dams can store as much as 80 percent of precipitation and thus are efficient to control flood, small dams are often lack of flood control function resulting in increased susceptibility drought and flood events.

The purpose of this study is to develop a storage management model for irrigation dams occupying the largest portion of small dams. The proposed Storage Management Model (STMM) can be applied to the Seongju dam for efficient management. Besides, the operation standard is capable of analyzing additional available water, considering water demand and supply conditions of watershed realistically. And the model can improve the flood control capacity and water utilization efficiency by the flexible operation of storage space. Consequently, if the small dams are managed by the proposed Storage management model, it is possible to maximize water resources securance and minimize drought and flood damages.

*Keywords : Small dam, Storage management model, Watershed water balance model, Storage management in the non-flood and flood period*

#### I. 서 론

국내의 수문 조작이 가능한 댐 1,800여개 중 관개용댐이 1,114개소로 약 92%를 차지하며 대부분이 소규모 댐으로 이루어져 있다. 일반적으로 소규모 댐은 용수전용 댐으로 홍수조절능력이 없고, 대

규모 댐 관리와 같은 운영 기준이 정립되어 있지 않은 현실이다. 따라서 최근 이상기후에 대해 가뭄과 홍수피해가 빈번히 발생하고 있으며, 정주권의 변화와 농촌용수의 다양화로 피해 규모도 증가하고 있다. 이처럼 소규모 댐은 수적으로나 수자원의 확보 면에서 절대로 무시되어서는 안 될 중요한 용수원의 하나이다. 그럼에도 불구하고 소규모 댐 관리를 위한 모형에 대한 연구가 미흡하며, 특별한 운영 기준이 없어 용수의 이용효율도 낮고, 홍수피해가 발생하고 있다.

그러므로 신설댐과 기존의 소규모댐을 대상으로

\* 건국대학교 생명환경과학대학 Post Doc.

\*\* 건국대학교 생명환경과학대학

\* Corresponding author. Tel.: +82-2-450-3753

Fax: +82-2-444-0223

E-mail address: sunjoo@konkuk.ac.kr

홍수조절능력과 운영 기준의 정립에 대한 문제들이 발생하고 있다. 국내의 대표적 대규모 댐은 유역 연간 강우량의 약 80%를 저수하여 강수의 계절적 편중뿐만 아니라 연도별 강수량 변화에 대응할 수 있을 정도로 물 이용 효율은 대단히 높다. 그러나, 대표적 관개용댐인 동화댐, 대야댐, 성주댐, 경천댐, 하사댐 등은 연간 강우량의 30%를 저수하여 강수의 계절적 편중을 극복할 수 없어 상대적으로 물 이용 효율이 매우 낮은 실정이다. 특히, 관개용 댐들이 단일목적의 농업용수에서 다목적의 농어촌용수의 개발로 전환되면서 많은 저수량을 확보할 수 있을 정도로 규모가 증가하고 있다. 그러나 방류능력의 부족과 운영기준이 없어 물 이용 효율이 대단히 저조하다.

관개용 댐 관리를 위해 이 등(1991)은 필요수량과 방류량 사이의 편차를 사용하여 탱크모형 적용에 대한 연구하였다. 김 등(1996)은 저수지 일별 유출모형(DAWAST)을 개발하여 갈수기에 효율적으로 수자원을 이용할 수 있는 이수 관리방법에 대한 연구를 수행하였다. 한(1993)은 농어촌의 용수 계획을 수립하기 위하여 물수지모형을 개발하여 저수지군에 적용한바 있다. 그러나 이처럼 관개용 댐을 위한 연구는 관개용수 확보를 위한 장기 유출에 관한 연구가 많이 진행되고 있으며, 댐 관리를 위한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 소규모 댐 중 가장 많은 비중을 차지하는 관개용 댐을 대상으로 홍수기와 평수기의 효율적인 댐 관리를 위한 저수관리 시스템을 개발하여 홍수조절용량 확보와 용수공급능력 향상을 얻고자 하는데 목적이 있다. 저수관리 시스템은 유역물수지모듈, 평수기와 홍수기 저수관리 모듈로 구성되어 있으며, 평수기와 홍수기 저수관리 모듈은 각 유출 모의와 관리가 가능하도록 개발하였다. 저수관리 시스템은 성주댐을 대상으로 5개년(1998~2002)의 자료를 사용하여 적용성을 입증하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 대상지구

저수관리 시스템 적용은 물관리자동화 설비가 설치되어 있는 성주 유역을 대상으로 1998년부터 2002년까지 조사된 자료를 사용하였다. 성주댐은 경상북도 성주군 가천면 중삼리에 위치하며 저수지로 유입되는 유역의 면적은 14,960 ha이며 유역의 지형은 가파른 산지가 대부분이다. 저수지의 설계 홍수량은 200년 빈도 홍수량인 981 m<sup>3</sup>/s이다. 저수지의 관개면적은 3,160 ha이며 저수지면적에 대한 유역면적의 비율은 약 5배이다. 총 저수량은 3,824 ha·m이며 이중 농업과 생활용수 및 하천유지용 필요저수량은 2,815 ha·m, 홍수조절량은 636 ha·m, 사수량은 373 ha·m이다. 성주댐의 적용을 위한 수문자료는 대구측후소와 성주댐 관측소의 자료를 사용하였다. 유출량자료는 유역내 수문관측소가 없는 관계로 저수위 변화 자료를 사용하였고, 방류량은 성주댐 관리소 조작일지를 통해 취득하였다. Fig. 1은 성주댐 유역의 지형도 및 소유역 현황을 나타낸 것이다.

### 2. 저수관리 시스템 구성 및 구축

저수관리 시스템은 수문분석 및 저수관리를 위한 자료를 Database로 관리하고, 각 모듈들이 사용할 수 있도록 구성되어 있다. 시스템은 유역 물수지 모듈, 홍수기 저수관리 모듈과 평수기 저수관리 모듈로 구성되어 있다. 유역 물수지 모듈은 유역의 용수수급현황의 분석이 가능하다. 평수기 저수관리 모듈은 유입량과 수요량을 분석하여 용수공급량을 조절하며 저수위 변화를 예측할 수 있도록 구성하였다. 홍수기 저수관리 모듈은 홍수유입량, 저수위와 방류량을 모의 할 수 있으며 수문조작 기법의 선택에 따라 저수위와 방류량의 변화를 예측할 수 있도록 하였다. 각 모듈은 개별적 운영이 가능하나

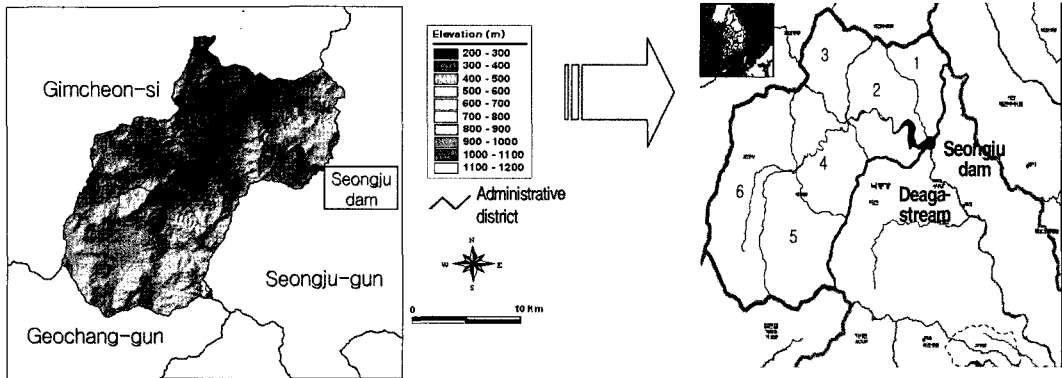


Fig. 1 Subbasins in Seongju watershed

본 논문에서는 평수기와 홍수기 위주로 적용을 실시하였으므로 홍수기와 평수기 저수관리 모듈을 기준으로 설명하고자 한다.

저수관리 시스템은 유역에 물관리 자동화시스템이 설치되어 있을 경우 효과적으로 운영이 이루어질 수 있도록 구성하였으며 시스템의 구성도는 Fig. 2와 같다.

Fig. 3은 저수관리 시스템의 운영방법을 나타내는 것으로 홍수기와 평수기의 저수관리를 실시하므로 홍수기의 홍수조절용량 확보와 평수기의 용수공급능력향상을 얻고자 하는데 목적이 있다.

가. 평수기 저수관리 모듈

본 연구에서는 장기 유출량을 산정하기 위해 수

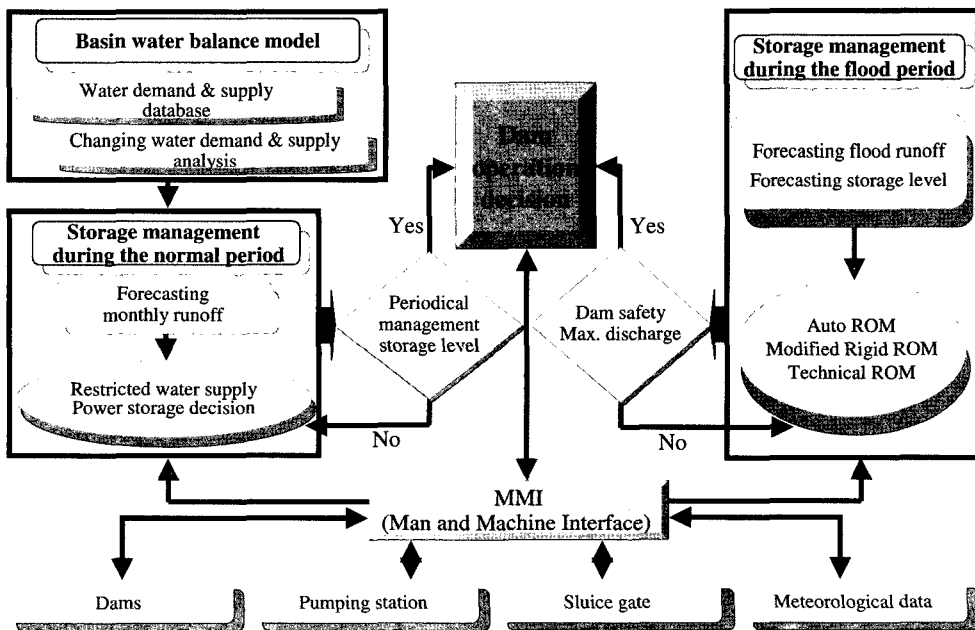


Fig. 2 Structure of Storage Management Model

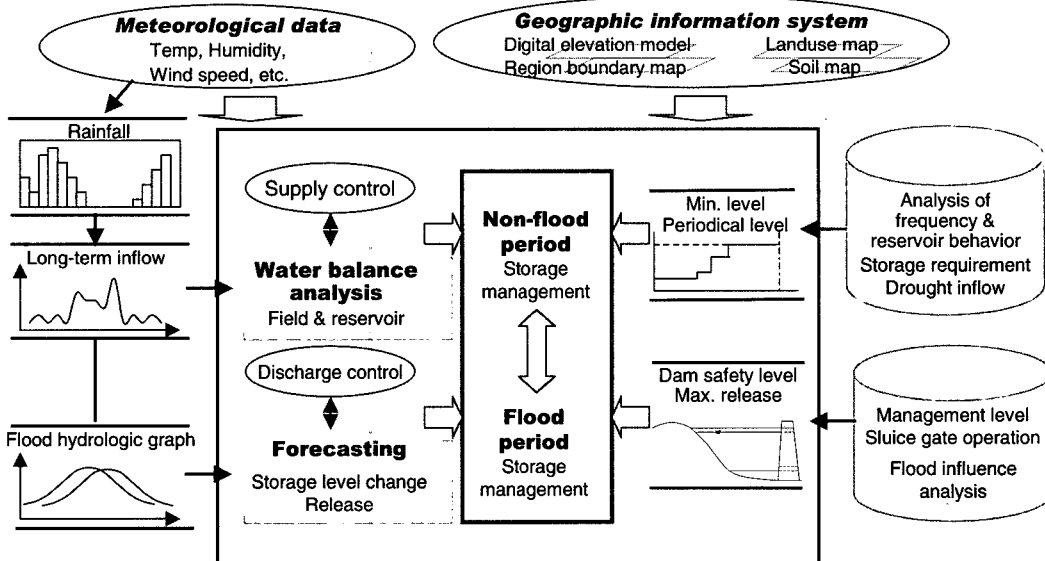
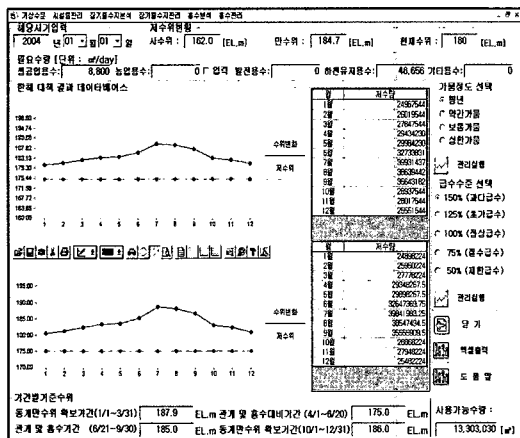


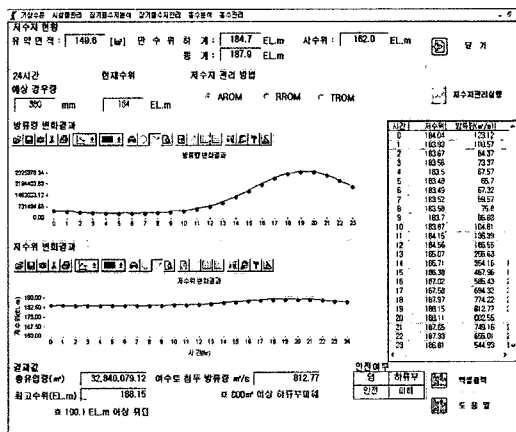
Fig. 3 Operation of Storage Management Model

정 TANK 모형을 사용하였다. 모형의 최적화를 위하여 유전자 알고리즘을 사용하였으며, 수정 TANK 모형의 매개변수 A, H, ST, B의 최적화를 실시하였다. 홍수시 유출량이 적게 산정되는 수정 TANK 모형의 단점을 보완하고 모형의 적용성을 향상시키기 위해 매개변수를 평수기(6월~9월 제외)와 홍수기(6월~9월)로 나누어 적용하였다.<sup>1)</sup>

평수기 저수관리 모듈의 분석은 유역물수지 모듈로 모의를 실시하고, 저수관리를 위해 각 이용 용수량에 따라 저수위가 변화하도록 구성하였다. 관개용 댐의 취수탑을 통한 이용 수량을 모의할 수 있도록 하고, 가뭄정도와 급수수준을 적용할 수 있도록 하였다. Fig. 4(a)는 평수기 저수관리 모듈을 나타내는 것으로 용수수급상태를 조절하고, 모의에



(a) Non-flood period



(b) Flood period

Fig. 4 Storage Management Screens of the Non-flood and Flood period

따른 저수위의 월별 예측이 가능하며 화면에 표시 되도록 하였다.

유역물수지 모듈에서는 유역개념의 물수지 분석이 가능하도록 하였다. 평수기 저수관리 모듈과 동일하게 장기 유출량을 산정하고 평야부의 용수수량은 포장물수지 분석과 댐 설계 용수량을 사용하여 물수지 분석이 가능하도록 하였다.

평야부의 필요수량을 산정하기 위해 이양재배기간을 묘대기간, 이양일수, 본답기간으로 분류하여, 각 생육기간별 필요수량을 산정한다.

증발산량산정은 적용성이 국내에서 입증되었으며 일단위 잠재증발산량 산정이 가능한 FAO 수정 Penman식<sup>9)</sup>을 이용하였다.

침투량산정은 우리나라의 경우 지역적인 편차가 대단히 큰 편으로 약 3~7 mm/d로 볼 수 있고 전 관계기 동안 약 500~800 mm 정도로 볼 수 있다. 본 연구에서는 전국 도별 평균 침투량을 사용하였다.<sup>2),4)</sup>

#### 나. 홍수기 저수관리 모듈

본 연구에서는 저류함수모형을 사용하여 홍수유출량을 예측하였으며, 홍수유출량과 방류량을 고려하여 댐 상·하류의 홍수영향 분석이 가능하도록 하고, 홍수기 저수관리를 위해 저수지 수문조작 기법을 적용할 수 있도록 하였다. 홍수기 저수관리 모듈은 강우가 발생 하였을 때 예상 강우량에 따라 홍수량을 모의하며 예측 홍수량에 따른 수문조작을 통해 저수관리를 실시할 수 있도록 구성되어 있다.

저류함수모형은 하천 유역이나 하도에 대한 저류량과 유출량 사이의 관계를 나타내는 저류함수를 연속 방정식과 조합하여 홍수유출량을 산정하는 방법이다. 저류함수모형은 일반적인 홍수유출의 특성인 비선형성이 충분히 고려된다는 장점이 있어 한강 홍수예경보에 처음으로 사용된 이래 금강, 섬진강 및 영산강 홍수예경보에도 이 방법을 사용하고 있다. 본 연구에서는 장기유출모형과 동일한 유전자 알고리즘<sup>10)</sup>을 사용하여 모형의 최적화를 실시하

였다.

예측 강우량을 이용하여 유출량을 모의하기 위해 본 연구에서는 다른 방법에 비해 비교적 간편하며 유출량이 크게 나타나는 Huff 분포법을 이용하였다.

수문조작 기법은 현장적용이 가능하도록 모의 운영기법 중 Auto ROM (Auto-Reservoir Operation Method), Technical ROM (Technical Reservoir Operation Method), Rigid ROM (Rigid Reservoir Operation Method)을 사용하였으며, Rigid ROM를 홍수조절 능력이 부족한 관계용 댐에 적합하도록 개선한 Modified Rigid ROM을 적용하였다. Auto ROM은 홍수수문곡선의 예측과 관계없이 적용하는 방법이며 주로 수문이 없는 단순물넘이에 적용하는 방법이다. Technical ROM의 경우는 예측유입량 수문곡선과 예측시점의 댐 수위로부터 방류량을 결정하는 방법으로서 강우유출 모형과 결합하여 사용할 수 있다. Rigid ROM은 댐으로 유입하는 유입 홍수 수문 곡선과 저수위를 사용하여 방류량을 결정하는 것이다. 현 시각의 저수위가 홍수 종료 시각에 계획홍수위에 도달할 수 있도록 방류량을 조절한다. 그러나, 홍수조절능력이 부족한 댐의 경우 최근 발생하는 집중호우의 침투유량을 방류할 만큼의 배제능력이 부족하므로 본 논문에서는 댐의 설계방류량을 기준으로 일정량을 방류하도록 Modified Rigid ROM를 제안하였다. Fig. 4(b)는 홍수기 저수관리 화면으로 각 수문조작기법을 선택하여 예측된 홍수유출곡선과 저수위 변화 예측을 확인할 수 있다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 평수기 저수관리 모듈

평야부의 용수수량 산정을 위해 포장 물수지 분석을 실시하였다. 포장 물수지 분석은 실측 자료의 신뢰성을 위해 경기진흥원의 시험포장자료를 사용하였다. '97년 영농방식 변화에 따른 필요수량

산정연구 보고서에서 분석한 내용을 참조하여 침투량은 3 mm/d를 적용하였고 시설관리용수량은 없는 것으로 산정하였다.

포장 물수지 분석의 모의값과 실측값을 비교 결과 담수심 변화가 유사하게 나타났고, 유효우량의 발생 경향도 차이가 거의 없는 것으로 분석되었다<sup>3)</sup>(Fig. 5, 6).

평수기 저수관리를 위한 장기유출모형은 우선 최적화에 의한 적용성을 입증하고자 IHP구역의 평창과 보청유역에 적용한 결과 보청유역의 2001, 2002년 실측값과 모의값의 일별 RMSE 분석 결과 연평균 6.87 m<sup>3</sup>/s, 26.18 m<sup>3</sup>/s에 해당하는 오차가 나타났고, 상대오차는 2.44%, 4.53%로 나타났다. 평창유역은 RMSE는 2.82 m<sup>3</sup>/s, 14.97 m<sup>3</sup>/s, 상대

Table 1 Comparison of simulated and observed runoff in Seongju dam

Year	1998	1999	2000	2001	2002	
Precipitation (mm)	1,281	1,377	1,087	878	1,341	
Total runoff (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Obs.	113,695	115,934	89,807	67,092	139,447
	Sim.	115,608	112,661	92,086	74,083	121,849
Relative error	Day	0.21	0.26	0.31	0.26	0.22
	Month	0.11	0.13	0.20	0.13	0.12
	Year					0.05
Model efficiency	0.72	0.71	0.81	0.85	0.79	
R <sup>2</sup>	0.81	0.74	0.88	0.89	0.85	

오차는 1.36%, 3.12%로 나타났다.<sup>5)</sup>

장기유출모형의 강우기 최적화에 대한 분석 결과 최적화 후 보청과 평창유역의 상관계수가 각 평균 7%, 6%가 증가하는 것으로 나타났다.<sup>5)</sup>

성주유역에 적용 결과 홍수기에 다소 오차가 발생하였으나 장기유출의 경향은 비슷하게 나타났다. 성주댐의 연유입량은 전국적인 가뭄이 발생한 2001년을 제외하고 평균 114,720,000 m<sup>3</sup>을 나타내 60.3%의 유출률을 나타냈다. 상대오차의 경우 일별 평균 17%, 월별, 년별 평균은 13%, 5%로 각각 나타났고, 결정계수는 1999년을 제외하고 모두 0.8보다 크게 나타나 1에 가까우므로 모의능력이 우수함을 나타냈다(Table 1). Fig. 7은 2001년과 2002년에 대한 적용 결과로 실측값과 모의값의 경향이 비슷하게 나타났다. 따라서 평수기 저수관리 모듈을 사용한다면 유역의 효율적 장기물수지 분석이 가능하며 장기적 용수공급계획의 지침 수립 시 의사결정자료로 활용할 수 있을 것이다.

### 3. 홍수기 저수관리 모듈

홍수기의 저수관리 모듈은 홍수유출량과 수문조작 기법을 실시하였다. 기상자료는 1998년부터 2002

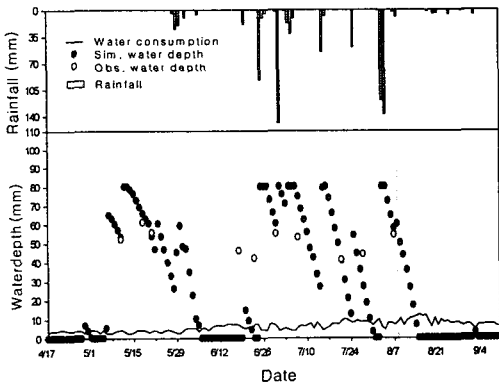


Fig. 5 Comparison of water depth

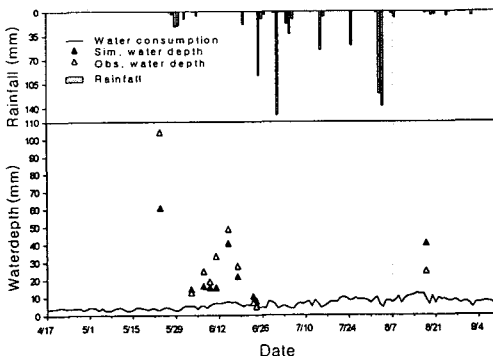


Fig. 6 Comparison of irrigation requirement

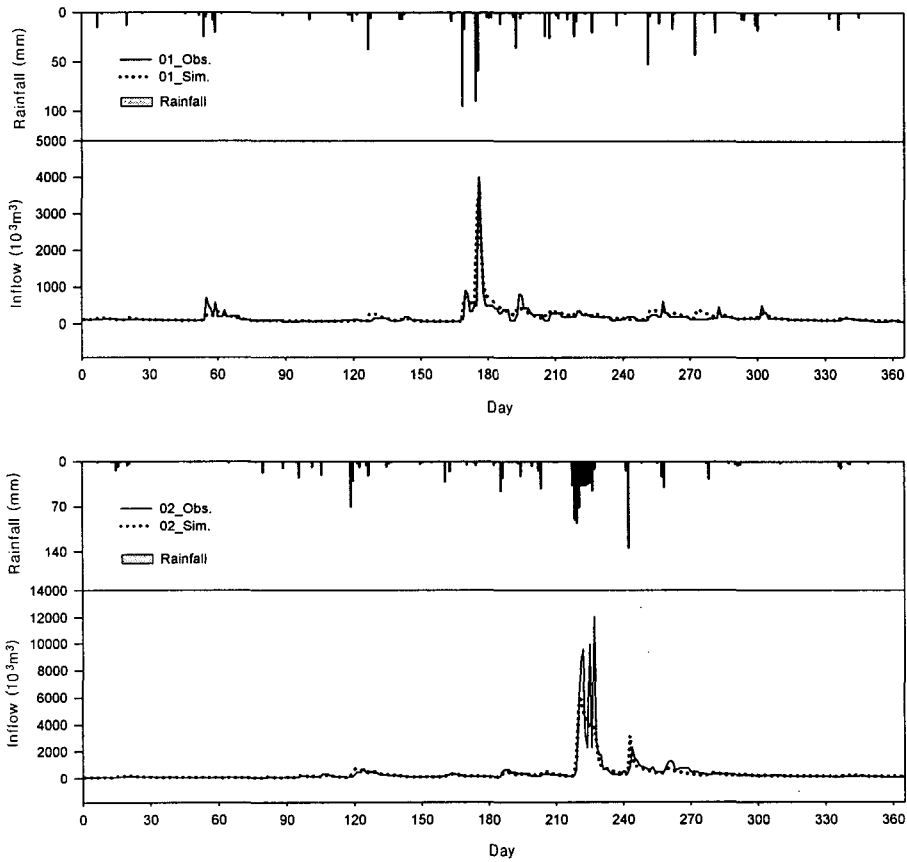


Fig. 7 Comparison of simulated and observed runoff of Seongju dam (2001-2002)

년까지의 대구관측소 자료를 사용하였으며, 홍수 유출량, 하류부 피해현황, 방류량과 저수위는 현장 출장과 홍수 흔적 조사 및 성주댐의 조작일지를 통해 직접 취득하였다.

저수관리 시스템의 적용에 앞서 평수기 저수관리 모듈과 일치하는 평창과 보청유역에서 보정 및 검증을 실시하였다. 평창유역과 보청유역의 2001년 2002년 강우로 적용한 결과 최적화 후 평창유역은 RMSE가 86.35 m<sup>3</sup>/s, 9.61 m<sup>3</sup>/s로 나타났고, 결정계수는 0.88, 0.93으로 나타났다. 보청유역은 최적화 후 결정계수가 각 4%와 6% 증가하여 0.88, 0.93으로 양호한 결과가 나타났다.<sup>5)</sup> Table 3은 평창유역의 홍수기 저수관리 모듈의 적용 결과이다.

성주댐의 2002년, 2003년에 발생한 태풍 매미와 루사에 적용하였다(Fig. 8). 적용 강우 중 392 mm는 태풍 루사(2002. 8. 30)에 의한 강우로 우리나라에 큰 홍수피해를 발생시킨 것이다. 이때 성주댐에 유입한 첨두홍수량은 약 1,360 m<sup>3</sup>/s로 추정되며 성주댐의 200년 빈도 설계홍수량 1,178 m<sup>3</sup>/s보다 약 182 m<sup>3</sup>/s 가 큰 홍수량이다. 성주 유역 총 유출량의 시간별 비교 결과 결정계수 및 모형의 효율성은 평균 0.88과 0.87로 양호하게 나타났다. 실제 유입량의 취득에 어려움을 고려한다면 비교적 양호한 결과라고 판단된다.

홍수기 저수관리 모듈의 적용결과 성주유역의 홍수유출분석에 양호한 결과를 나타내었다. 따라서

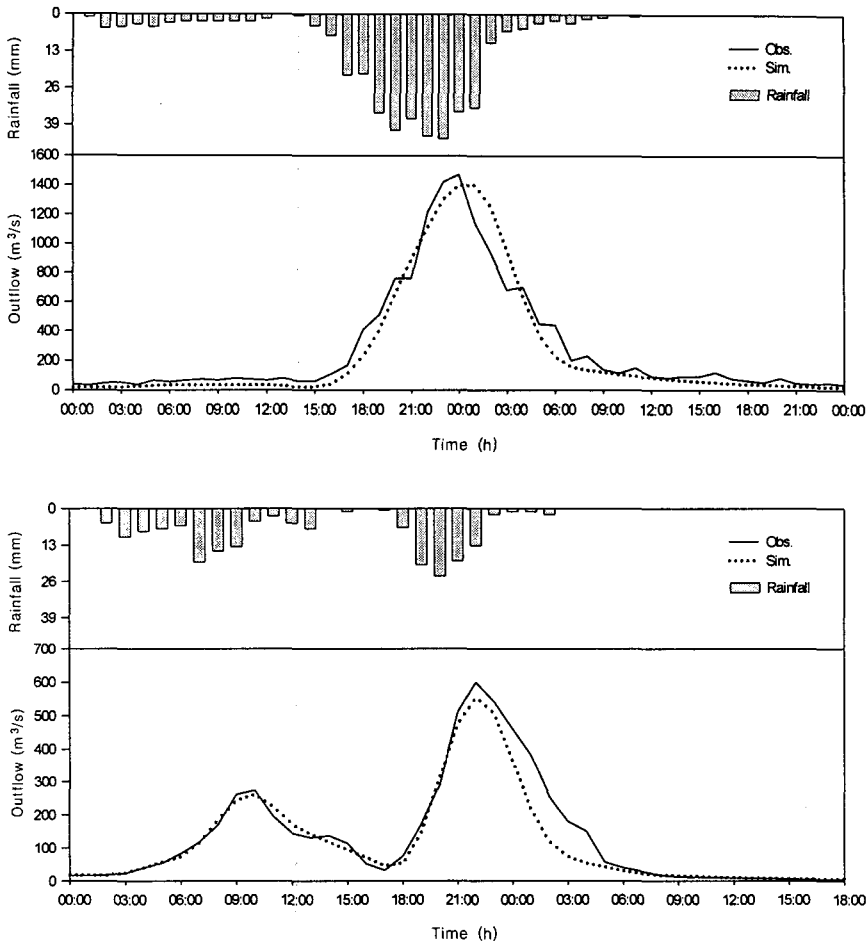


Fig. 8 Simulated and observed runoff by Rusa(2002. 8. 30) and Maemi(2003. 9. 13)

본 모델을 사용하여 수문조작 기법과 제한수위를 적용하여 홍수조절효과를 최대화 하고자 하였다. 수문조작은 소규모 댐에서 현장 적용이 용이한 Modified Rigid ROM, Technical ROM과 Auto ROM을 사용하였다. 강우량은 300 mm에서 600 mm 까지를 사용하였다. 방류량이 설계방류량 800 m³/s를 초과하거나 저수위가 댐표고 EL. 191.5 m를 초과할 경우 댐 상·하류에 피해가 발생하는 것으로 가정하였다.

Table 2의 적용 결과 강우 300 mm 에서는 댐 상하류에 홍수피해가 발생하지 않았다. 그러나

Auto ROM과 Technical ROM의 경우 강우 400 mm, 제한수위 EL. 178 m부터 설계방류량 800 m³/s를 초과하여 하류부에 홍수피해가 예상되었다. 그러나 강우 600 mm까지 최고수위 EL. 191.4 m로 댐의 월류는 발생하지 않는 것으로 나타났다.

적용 결과 Technical ROM의 경우 성주댐에서 적용이 어려운 것으로 나타났다. Technical ROM은 홍수조절용량을 이용하여 첨두시간을 지체시키며, 지체시간동안 저수량의 방류를 통해 첨두유량을 감소시키는데 목적이 있다. 그러나 Technical ROM은 제한수위를 적용하여도 홍수조절능력이 부



Table 2 Sluice gate operation by limiting storage level

Rainfall (mm)	Reservoir operation method	Maximum	Limiting storage level (EL.m)				
			176	178	180	182	184
300	Auto ROM	Storage level	186.1	186.4	186.7	186.9	187.0
		Release (m <sup>3</sup> /s)	412.8	472.8	527.4	553.8	558.0
	Modified Rigid ROM	Storage level	186.1	186.4	186.7	186.9	187.0
		Release (m <sup>3</sup> /s)	412.8	472.8	527.4	553.8	558.0
	Technical ROM	Storage level	186.0	186.4	186.7	186.8	187.0
		Release (m <sup>3</sup> /s)	412.2	472.2	527.0	553.5	557.9
400	Auto ROM	Storage level	188.0	188.2	188.4	188.5	188.5
		Release (m <sup>3</sup> /s)	786.6	825.7	856.1	875.7	879.3
	Modified Rigid ROM	Storage level	188.0	188.2	188.4	188.6	188.7
		Release (m <sup>3</sup> /s)	786.6	800.0	800.0	800.0	800.0
	Technical ROM	Storage level	188.0	188.2	188.3	188.4	189.1
		Release (m <sup>3</sup> /s)	786.0	825.2	855.7	875.4	879.2
500	Auto ROM	Storage level	189.7	189.8	189.9	190.0	190.1
		Release (m <sup>3</sup> /s)	1,159	1,191	1,212	1,222	1,224
	Modified Rigid ROM	Storage level	191.1	191.5	191.9	192.0	192.1
		Release (m <sup>3</sup> /s)	800.0	800.0	800.0	800.0	800.0
	Technical ROM	Storage level	189.6	189.8	189.9	189.9	189.9
		Release (m <sup>3</sup> /s)	1,158	1,190	1,211	1,222	1,224
600	Auto ROM	Storage level	191.3	191.3	191.4	191.4	191.4
		Release (m <sup>3</sup> /s)	1,554	1,571	1,583	1,589	1,590
	Modified Rigid ROM	Storage level	195.3	195.8	196.1	196.3	196.4
		Release (m <sup>3</sup> /s)	800.0	800.0	800.0	800.0	800.0
	Technical ROM	Storage level	191.2	191.3	191.3	191.4	191.4
		Release (m <sup>3</sup> /s)	1,553	1,571	1,582	1,588	1,590

족하여 침투시간을 약 1시간 지연시키는 것으로 나타났다(Table 2). 또한 방류능력이 부족하여 침투 유량은 미소하게 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 Technical ROM은 소규모 댐의 수문조작 기법으로 현실적인 도움이 되지 않는다고 판단된다.

본 연구에서 제안한 Modified Rigid ROM의 경우 강우 400 mm까지 댐 상·하류에 피해가 발생하지 않는 것으로 나타났다. 강우 500 mm, 제한수위

EL. 180 m부터 댐 표고 EL. 191.5 m를 초과하여 월류가 발생할 것으로 나타났다. 그러나 2002년 강우 392 mm에 의해 발생한 대규모홍수피해를 고려한다면 강우 500 mm까지 피해를 최소화하였으므로 홍수관리에 큰 도움이 되리라 판단된다.

#### IV. 결 론

저수관리 시스템은 소규모 댐의 효율적인 저수관리를 위해 개발하였으며, 저수관리 시스템은 홍수기와 평수기 저수관리 모듈로 구성되어 있다. 현장 적용이 용이하도록 Windows용 프로그램으로 개발하여 사용자가 손쉽게 구현할 수 있는 장점이 있다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 유전자 알고리즘을 사용하여 평수기와 홍수기 저수관리 모듈을 위한 유출 모형의 매개변수를 최적화하였다. 따라서 강우 발생시 나타나는 수정 TANK 모형의 단점을 보완할 수 있었다.

2. 효율적인 댐 관리를 위해 유역 물수지분석이 필수적이며, 용수수요량을 산정하기 위해 포장에서의 물수지 분석을 실시하였다. 분석 결과 담수심 변화와 유효수량의 경향이 유사한 것으로 분석되었다.

3. 평수기 저수관리 시스템의 유출량 적용 결과 연유입량은 전국적인 가뭄이 발생한 2001년을 제외하고 평균 114,720,000 m<sup>3</sup>로 60.3%의 유출률을 나타냈다. 모형의 효율성은 평균 0.78, 결정계수는 1999년을 제외하고 평균 0.8보다 크게 나타났으며, 상대오차는 일별 평균 17%, 월별, 년별 평균은 13%, 5%로 나타났다. 따라서 평수기 저수관리 모듈은 유역의 효과적인 물수지 분석을 실시하는데 도움이 되리라 판단된다.

4. 홍수기 저수관리 시스템을 성주유역에 적용한 결과 홍수피해를 발생한 태풍 '루사'와 '매미'의 경우 모형의 효율성이 각 0.88, 0.87로 양호한 결과가 나타났다. 태풍 '루사'의 경우 첨두홍수량이 약 1,360 m<sup>3</sup>/s로 설계홍수량 1,178 m<sup>3</sup>/s 보다 약 182 m<sup>3</sup>/s 가 큰 홍수량으로 댐 상·하류에 홍수피해가 발생하였다.

5. 홍수기 부족한 조절능력을 확보하고자 수문조작기법과 제한수위를 사용하여 모의한 결과 Modified Rigid ROM이 가장 효과적인 방법으로 분석되었다. 적용 결과 하류부의 피해는 발생하지 않으나, 강우 500 mm, 제한수위 EL. 180 m부터 댐 표고 EL.

191.5 m를 초과하는 것으로 나타났다. 성주댐 관리상 하계만수위 EL. 184.7 m를 기준으로 할 경우 강우 300 mm에서도 홍수피해가 발생하였다. 따라서 이상의 결과는 댐 관리의 효율성을 최대한 증대하였다고 판단된다.

이상의 저수관리 시스템 적용 결과 성주댐 관리에 효율적인 결과를 도출하였다고, 따라서 대상 지구를 증가하여 시스템의 신뢰성을 향상시킨다면 관개용 댐의 효율적 관리에 도움이 되리라 판단된다. 또한 소규모댐의 대부분이 용수전용댐으로 수자원 사용 용도가 다양해지고 있으므로 관개용댐에 국한하지 않고 활용이 가능하리라 판단된다.

#### References

1. Kim, Phil Shik, 2005, Establishment of Operation Standard and Development of Effective Storage Management Model of Small Dams, Ph.D. Dissertation: Konkuk University. (in Korean)
2. Kim, Sun Joo, and Phil Shik Kim, 2001, Water Management Program for Water Management Automation System with Open Architecture, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, Vol.43(5): pp.83-92. (in Korean)
3. Kim, Sun Joo, Kim, Phil Shik and Chang Young Lim, 2004, Behaviour Analysis of Irrigation Reservoir Using Open Water Management Program, *Journal of the Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, Vol. 46(1): pp.3-13. (in Korean)
4. Lee, Kwang Ya, 2000, Development of Estimation System for Agricultural Water Demand, Ph.D. Dissertation: Konkuk University. (in Korean)
5. Kim, Sun Joo, Jee, Yong Geun and Phil Shik Kim, 2004, Parameter Optimization of Long and Short Term Runoff Models Using

- Genetic Algorithm, *Journal of the Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, Vol.46(5): pp.41-52. (in Korean)
6. Lee, Soon Hyuk, and Myeong Keun Park, 1991, Studied on the Development of Storage Tank Model for both Long and Short Terms Runoff(II), *Journal of Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, vol. 33(2), pp.51-60. (in Korean)
  7. Kim, Tai Cheol, Seong Ki Park, and Byoung Gi Ahn, 1996, Daily Streamflow Model for the Korean Watersheds, *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol.29(5), pp.223-233. (in Korean)
  8. Han, Hyung Geun, 1993, Development of Multireservoir Water Balance Model for the Planning of Rural Water Demands, MSc thesis: Seoul National Univ. (in Korean)
  9. FAO, 1988, Crop evapotranspiration, FAO Irrigation and Drainage Paper 56
  10. Wang, Q. J., 1991, The Genetic Algorithm and Its Application to Calibrating Conceptual Rainfall-Runoff Models, *Water Resources Research*, Vol.27, No.9, pp.2467~2471.