

하류부 홍수영향을 고려한 댐 최적수문조작

Optimum Dam Gate Operation Considering Downstream Flood Effect

김 필 식*, 김 선 주**, 신 문 호***
Phil Shik Kim, Sun Joo Kim, Moon Ho Shin

요 지

본 연구의 목적은 수리 수문학적 모형인 HEC-GeoHMS, HEC-HMS 및 HEC-RAS 모형을 연계 응용 하여 성주댐 유역을 대상으로 수문분석, 홍수유출량분석, 하류 하천의 홍수영향분석 등을 실시하고 이를 이용하여 최적 수문조작 기법을 개발 하는데 있다.

홍수유출량과 하류부 홍수영향분석 결과 유출량은 실측값과 0.07~0.12의 상대 오차를 나타냈고 하류부는 실측값과 0.06~0.07의 오차로 적용성이 입증되었다.

최적 수문조작을 위해 모의 방법인 RigidROM과 성주댐 수문조작 방법을 비교해 본 결과 강우량 350~470mm 구간에서는 모의 방법이 470mm~550mm 구간에서는 성주댐 수문조작 방법이 효과적인 것으로 나타났다.

핵심용어: HEC-GeoHMS, HEC-HMS, HEC-RAS, RigidROM, 최적 수문조작, 홍수영향분석

1. 서 론

최근 이상기후에 따른 집중호우의 영향과 하천에 인접한 제내지에서의 토지 이용 등으로 인하여 댐 상류와 하류지역에서 홍수피해는 더욱 증가하고 있다. 이미 선진국에서는 댐 하류부의 인명과 중요시설을 보호하기 위하여 댐 및 제방시설에 대한 위험도 해석과 그에 따른 홍수범람 예상도 등의 작성을 법적으로 의무화하고 있으며 특히 홍수 조절 능력이 부족한 관개용 댐의 경우 극한 강우조건에 대비할 수 있도록 효율적인 저수위 조작기법의 개발이 필요하다.

본 연구의 목적은 수리 수문학적 모형인 HEC-GeoHMS, HEC-HMS 및 HEC-RAS 모형을 연계 운영하여 성주댐 유역을 대상으로 수문분석, 홍수유출량분석, 하류하천의 홍수영향분석 등을 실시하고 이를 이용하여 최적 수문조작 기법을 개발하는데 있다. 또한, 본 연구를 통해 홍수가 발생하였을 때에는 댐수위 조작으로 홍수피해를 사전에 방지하고 나아가 다른 댐에도 본 연구를 적용하여 홍수재해를 줄이고 합리적으로 용수를 이용하는데 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 대상유역 및 수문자료

본 연구의 대상유역은 관개용 댐으로 물관리자동화시스템이 설치되어 있고 비교적 규모가 큰 성주댐 유역을 대상으로 1998년부터 2003년까지 조사된 자료를 사용하였다. 성주댐은 경상북도 성

* 건국대학교 대학원 사회환경시스템공학 전공 · E-mail : kimps@konkuk.ac.kr
** 건국대학교 생명환경과학대학 교수 · E-mail : sunjoo@konkuk.ac.kr
*** 건국대학교 대학원 사회환경시스템공학 전공 · E-mail : moon@konkuk.ac.kr

주군 가천면 중삼리에 위치하며 관개면적에 대한 유역면적의 비율은 약 5배이며, 저수현황은 Table 1과 같고 Fig. 1, 2는 성주유역 홍수영향분석을 위한 소유역 분할과 하류하천의 측정지점이며, Table 2는 소유역별 지형분석 자료이다.

Table 1. Storage state of Seongju dam

Basin area(m ²)	Irrigation area(m ²)	Storage (10 ⁶ m ³)	Full supply area(m ²)		Full supply level(EL.m)		Dead storage level(EL.m)
			Summer	Winter	Summer	Winter	
149,600	31,600	38,240	1,830	2,050	184.7	187.9	162.0

Table 2. Topography analysis by subbasin in Seongju basin

Classification	#1	#2	#3	#4	#5	#6
Area(km ²)	12.45	24.65	19.17	23.58	39.64	30.11
Stream length(km)	7.84	11.16	9.79	7.59	12.00	9.93
Main stream length(km)	3.69	7.32	7.33	4.81	8.89	6.47
Stream slope(%)	2.7	1.37	1.36	4.17	5.40	10.07

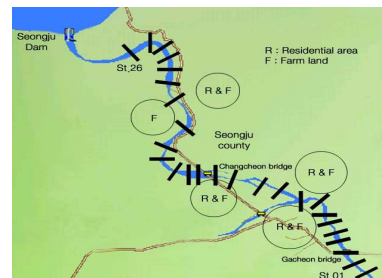


Fig. 1. Subbasins of Seongju basin Fig. 2. Observed station of down stream on Seongju basin

3. HEC-GeoHMS와 HEC-HMS 모형의 적용

Hec-GeoHMS모형으로 유역의 매개변수 산정을 위해 수치지도에서 DEM 자료를 추출하고 시험유역의 표고와 경사를 산정하였으며, 토지이용도와 1:50,000 개략 토양도를 이용하여 시험유역의 CN값을 파악하였다. DEM 자료를 이용하여 Filling, Flowdirection, Flowaccumulation 등 하천을 추출하는 일련의 과정을 실시하여 HEC-HMS의 입력 변수를 산정하였다.

본 연구에서는 2002년, 2003년에 발생한 5개의 강우사상을 이용하여 홍수예측모형을 보정 및 적용하였으며, Case IV와 Case V는 우리나라에 큰 홍수재해를 발생시킨 태풍 ‘루사’와 ‘매미’를 나타낸다(Table 3).

Table 3. Observed data for flood effect analysis

Case	Date	Rainfall (mm)	Runoff (1,000m ³)	Peak flow (m ³ /s)	Max. release (m ³ /s)
Case I	02/07/05	194	19,996	620	690
Case II	02/07/23	103	7,790	201	483
Case III	02/08/06	70	4,199	143	380
Case IV	02/08/30	392	49,244	1,360	1285
Case V	03/09/12	192	18,201	524	864

5개 강우사상 중 3개의 강우사상에 대해 매개변수값을 사용하여 보정을 실시하였고, 보정 결과 Table 4와 같으며 침투유량, 침투시간에 대하여 상대오차(Relative Error), R² 및 모형의 효율성(Model Efficiency)에 대한 결과가 실측치를 잘 반영하는 것으로 나타났다.

Table 4. Errors of peak flow and time by case I, II, III.

Classification		Case I (m ³ /s)	Case II (m ³ /s)	Case III (m ³ /s)	R. E.	R ²	M.E.
Peak flow	Obs.	620	202	143	0.07	0.91	0.90
	Sim.	639	176	133			
Peak time	Obs.	10 : 20	07 : 10	05 : 40	0.12	0.85	0.87
	Sim.	10 : 00	07 : 00	06 : 00			

모형의 적용은 보정에 사용되지 않은 2개의 강우사상을 이용하여 적용하였으며 태풍 ‘루사’는 침투유량이 1,360m³/s로서 200년 빈도의 설계홍수량보다 큰 값으로 나타났고, 태풍 ‘매미’의 경우 짧은 시간에 많은 양의 강우로 인하여 댐 유입량이 급격히 증가하고 댐 저수위도 급격히 상승하였고 모형의 적용에 따른 R²은 0.86, 0.89로 나타났다(Fig. 3).

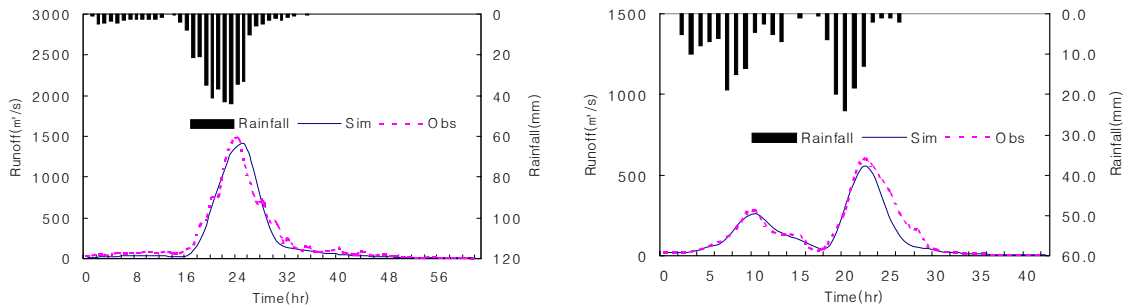


Fig. 3. Comparison of observed and simulated runoff by Case IV, V

4. HEC-RAS의 적용

성주댐 하류의 홍수영향 분석은 홍수유출분석과 같은 5가지의 강우로 보정 및 검증을 실시하고 적용을 통해 모형의 적용성을 입증하였다. 조도계수는 성주댐 하류 하천의 특성상 자갈과 잡초가 많으므로 적용 범위를 0.03~0.045로 하고 조도계수를 사용하여 보정을 실시하였다.

Table 5. Results of calibration by Case I, II, III

Case	Release	R. E.	R ²	M.E.
Case I	690 m ³ /s	0.07	0.87	0.84
Case II	483 m ³ /s	0.06	0.88	0.87
Case III	380 m ³ /s	0.07	0.74	0.76

Table 5은 하류 하천의 보정 후 실측값과 모의값에 대한 결과이며 모두 범람이나 위험 수위가 나타나지 않았다. 홍수영향 분석의 적용결과는 하류하천의 범람과 붕괴로 인한 홍수흔적 자료를 이용하여 비교하였으며, 분석 결과 Case IV 태풍 ‘루사’는 최대 방류량이 1,285m³/s로 하류부 26개 지점 중 8개 지점이 범람하였고, 5개 지점은 하천제방표고에서 50cm 이내로 위험 수위를 나타내었다. 태풍 ‘매미’는 Case I과 비슷하지만 초기수위가 EL. 182.4m로 높았고 집중적인 강우로 인해 최대 방류량이 864m³/s로 2개 지점에 범람과 4개 지점의 위험 수위가 발생하였다. 또한 성주댐 수문조작 방법으로 초기 수위와 강우량을 비교하여 분석한 결과 초기수위 176.4~184.7(EL.m) 범위 내에서 강우량 400mm 이상부터는 설계홍수 배제량 800m³/s보다 크게 나타났으며, 하류부의 경우 강우량 350mm 이상부터 위험이 발생하고 500mm 이상에서는 댐이 월류하는 것으로 나타났다.

5. 시스템의 응용

댐의 주 사용량이 농업용수인 점을 감안하여 관개수량의 확보도 중요하나 홍수관리를 위한 대책이 필요하다고 사료된다. 따라서 본 연구에서는 성주댐의 효율적인 물관리를 위해 댐 상하류의 홍수영향을 고려하여 수문조작을 실시하였다. 수문조작을 위한 초기 저수위는 2m 간격으로 EL. 176.4m~EL. 184.7m(하계만수위)까지 결정하였고, 강우량은 50mm간격으로 250~600mm까지 실시하였다.

효율적인 수문조작에는 강우를 예측하여 강우발생 이전에 예비방류를 하는 것이 이로울 수 있으나 현실적으로 관개용 댐은 예비방류가 불가능한 상황이다. 성주댐의 제체높이는 191.5(EL.m)이며 댐의 안전수위를 1998~2003년의 저수위 자료 중 가장 높았던 수위 190.1(EL.m)를 안전한 수위로 가정하고 모의 방법인 RigidROM 방법과 성주댐 저수지 조작방법을 적용하였다. RigidROM 방법은 일정률과 일정량 방류에 의해 저수지를 운영하는 방법이고 성주댐 저수지 조작방법은 동마루 높이 182.4(EL.m)를 기준으로 수문을 개방하고 월류시키는 방법이다.

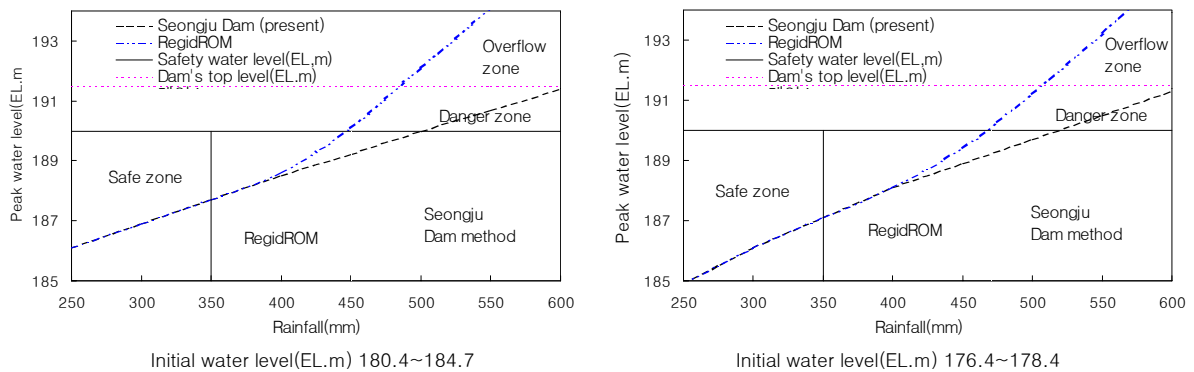


Fig. 4. Initial water level(EL.m) and simulation result

적용 결과 초기수위 176.4~178.4(EL.m)에서 350~470mm의 강우 발생시는 RigidROM이 약 4개 범람지점으로 줄일 수 있으며 470mm~550mm까지는 하류부에 피해는 있으나 댐의 안전을 위하여 성주댐 저수지 조작 방법이 더 유리한 것으로 나타났다. 한편, 350mm 이하의 강우에는 모두 안전한 것으로 나타났다(Fig. 4).

성주댐 저수지 조작방법과 RigidROM 방법을 실제 강우인 태풍 ‘루사’와 ‘매미’에 적용시켜 본 결과 태풍 ‘루사’는 댐 수위의 상승이 있었지만 하류부의 8개 지점의 범람으로 인한 피해를 줄일

수 있었고 태풍 ‘매미’의 경우 2개 지점을 줄일 수 있는 것으로 나타났다(Table 6).

Table 6. Simulation Results of flood effects analysis by Rusa, Maemi

Case		Rainfall (mm)	Initial water level (EL.m)	Max. water level (EL.m)	Max. release (m ³ /s)	Number of overflow	Number of danger water level exceed
Rusa	Seongju dam (present)	392	180.8	190.1	1,285	8	5
	Simulation method			190.8	800	0	4
Maemi	Seongju dam (present)	192	182.4	187.9	864	2	4
	Simulation method			188.5	800	0	2

7. 결론

본 연구에서는 수리·수문학적 모형을 연계 운영하여 홍수유출량, 하류하천의 홍수영향분석을 실시하여 성주댐의 효율적인 수문조작을 위한 연구를 수행하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

1. 홍수영향분석 시스템의 보정을 실시하고, 태풍 ‘루사’와 ‘매미’에 적용 시켰을 때 홍수유출량은 모형의 R²은 0.86, 0.89로 나타났으며, 하류부는 홍수흔적 조사에 의해 범람지점이 일치하는 것으로 나타나 적용이 가능하다고 판단된다.

2. 홍수영향분석 결과 초기수위 176.4~184.7(EL.m) 범위 내에서 강우량 400mm 이상부터는 설계홍수 배제량 800m³/s보다 크게 나타났다. 하류부의 경우 강우량 350mm 이상부터 위험이 발생하기 시작했고, 강우량 500mm 이상에서는 댐이 월류하는 것으로 나타났다.

3. 최적수문조작을 위해 RigidROM과 성주댐 저수지 조작 방법을 적용한 결과 강우가 350~470mm의 강우 발생시는 RigidROM이 약 4개 범람지점으로 줄일 수 있으며, 470mm~550mm까지는 하류부에 피해는 있으나 댐의 안전을 위하여 성주댐 저수지 조작 방법이 더 유리한 것으로, 350mm 이하의 강우에는 모두 안전한 것으로 나타나 보다 정확한 강우예측을 한다면 댐과 하류부에 피해를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

References

1. Lee, Weon Hee, 2004, Development of Flood Analysis System of Watershed Using Hydraulic and Hydrologic Models, Ph.D. thesis : Konkuk University.
2. Kim, Sun Joo, and Kim, Phil Shik, 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.
3. Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation, 2002, Development of Flood Runoff Model and Long Term Hydrologic Model in Seongju Dam.
4. US Army Corps of Engineers, 2001, HEC-RAS River Analysis System-User's Manual.
5. Hydrologic Engineering Center, 1998, HEC-HMS Hydrologic Modeling System-User's Manual.