

댐 비상방류 설계기준 선정을 위한 수리수문학적 검토(II) Hydraulic & Hydrologic Design Criteria for an Emergency Drainage of Reservoir (II)

이 재 응* / 손 광 익**/ 강 민 석***

Yi, Jaeung / Son, Kwangik / Kang, Min Suk

Abstract

Low-level outlets are necessary to empty reservoir storage in case of emergency such as abrupt storage level rise due to storm, dam body inspection as well as initial reservoir storage filling. However, the Korean standard for low-level outlet should be complemented. In this study, the HEC-ResSim model is utilized to simulate and calculate the capacity of the outlets and the days of release in order to evacuate reservoir storage safely. Three cases are analyzed according to its capacity. As a large dam with more than 1,000×106 m³ total capacity, Soyonggang Dam is selected and as a medium dam between 100×106 m³ and 1,000×106 m³ total capacity, Habcheon Dam is selected. Finally as a small dam with a total capacity less than 100×106 m³, Daegok Dam is selected. The size of low-level outlet and days of storage evacuation is estimated and the applicability of the analysis method is studied.

Keywords : reservoir simulation, low-level outlet capacity, storage evacuation days

요 지

댐 운영에 있어서 저수지 초기 담수 시 또는 집중호우 등에 의한 급격한 수위 상승 방지나 운영 중에 댐체 점검 및 수리 또는 자연재해로 인한 위급한 상황 발생 등 저수지를 비워야 할 상황이 발생할 수 있으며, 이에 대한 대책으로 비상 시 방류할 계획 및 설비가 필요하다. 그러나 현재 국내에는 이러한 비상방류에 대한 기준이 미비한 실정이다. 본 연구에서는 댐 안정성 제고를 위해 유사시 저수지 저류량을 안전하게 배제시킬 수 있는 비상방류 설비를 저수지 모의 모형인 HEC-ResSim 모형을 이용하여 규모 및 배제일수에 대하여 모의하고 산정하였다. 저수지 규모에 따라 세 개의 댐에 대해 검토하였다. 대상댐은 저류용량을 기준으로 10억 m³ 이상인 소양강댐과 1~10억 m³ 댐으로 합천댐, 1억 m³ 미만의 댐으로 대곡댐을 선정하여, 방류시설의 규모를 산정하고 배제일수를 모의하여 기준의 적정성과 적용 가능성에 대해 검토하였다.

핵심용어 : 저수지 모의운영, 비상방류시설 규모, 배제일수

1. 서 론

저수지의 방류설비는 댐에 의해 저류된 물을 조절하거

나 방류하기 위한 시설이다. 유입량을 지체시켜 방류하기도 하고, 도수로를 통해 다른 유역으로 보내기도 하며, 하류 상황에 맞추어 조절 방류하기도 한다. 저수지의 방류

* 아주대학교 건설시스템공학과 교수 (e-mail: jeyi@ajou.ac.kr)

Professor, Department of Civil Engineering, Ajou University, Suwon, Korea

** 교신저자, 영남대학교 공과대학 건설시스템공학과 교수 (e-mail: kison@ynu.ac.kr, Tel: 82-53-810-2591)

Corresponding Author, Professor, Department of Civil Engineering, Yeungnam University, 214-1 Gyongsan-si, Gyungbuk 712-749 Korea

*** 미래자원연구원 전임연구원 (e-mail: kmminsuk22@gmail.com)

Research Associate, Future Resources Institute, Woolim Lions Valley C-405, 168, Gasan digital 1-ro, Geumcheon-gu, Seoul 153-786, Korea

설비는 목적, 수리학적 운영방법, 물리적 혹은 구조적 특성에 따라 분류될 수 있다. 기본적으로 발전방류설비, 수문방류설비, 비상방류설비 등 세 가지 현대의 방류설비가 존재한다. 발전방류설비는 수력발전을 통해 에너지를 생산하기 위한 시설로 저수지 상류의 물을 방류관을 통해 수차를 통과한 후 하류로 방류한다. 수문방류설비는 홍수기에 저수지 유입량이 커져 하류로 여수로 수문을 열어 방류해야 하는 경우 사용하는 시설이다. 비상방류설비는 댐의 이상과 같은 비상상황 발생 가능성이 있을 경우 댐에 저류된 물을 가능한 한 신속하게 배제하여 예상되는 피해를 미리 경감하기 위한 설비이다.

특히 비상방류 설비는 초기 담수 시 집중호우 등에 의한 급격한 수위 상승을 방지하기 위한 경우, 댐체 이상이 감지되거나 누수량이 많이 발생하는 경우, 댐체 점검 및 수리 또는 저수지내 시설 보수가 필요한 경우, 저수지 수질악화로 수질개선을 위해 퇴적물을 제거해야 하는 경우 등에 필요한 설비이다. 기후변화, 지진, 제체 노후화 등 댐 안전을 위협하는 요소들이 증가되는 현실에서 비상방류 설비의 중요성은 점점 증대되고 있다.

비상방류설비 설계 시에도 댐이 유역에서 차지하는 상황에 따라 다음과 같은 조건들을 만족시켜야 하는 경우가

있다. 첫째, 하류의 용수공급 수요, 홍수조절 방안, 유사 퇴적, 여가를 위한 조건, 어류 등 야생동물에 미치는 영향, 주운, 수질 등의 운영조건을 만족시켜야 한다. 둘째, 댐 건설 시 배수를 위한 조건을 만족시켜야 한다. 셋째, 비상사태 발생, 또는 댐이나 부속시설물의 점검, 유지, 보수를 위해 저수지를 비워야 할 경우 필요한 조건을 만족시켜야 한다. 마지막으로 댐 건설 후 초기 담수 시 저수지의 상승속도를 조절하기 위한 조건을 만족시켜야 한다.

우리나라에서 비상방류 설비에 관련 설계기준은 Dam Design Standard(Korea Water Resources Association, 2011), “제10장 부속 수리구조물”에서 “10.4 상시 및 비상 방류설비”에 기술되어 있다. 그러나 여기에 수록된 내용은 1990년 미국 USBR에서 작성한 “Criteria and Guidelines for Evacuating Storage Reservoirs and Sizing Low-Level Outlet Works”을 그대로 인용한 것으로 우리나라의 상황이 전혀 반영되어 있지 못하다. 미국의 댐 유역상황과 우리나라의 댐 유역상황이 다르기 때문에 이를 그대로 적용하는 것은 댐 하류에 큰 도시가 밀집한 우리나라 상황에서 큰 인적, 물적 피해를 가져올 수 있기 때문이다. 현재 우리나라의 다목적댐 비상방류시설 현황 및 제원을 살펴보면 Table 1과 같다.

Table 1. Low-Level Outlet of Multipurpose Reservoirs in Korea

Reservoir	Total Capacity (10 ⁶ m ³)	Low Level Outlet			
		Release (m ³ /s)		Elevation (EL.m)	Diameter (mm)
		Surcharge Level (EL.m)	Low Water Level (EL.m)		
Soyanggang	2,900	73	56.7	130.0	1,600
Chungju	2,750	54	36	84.5	3,000
Hoengsung	86.9	7.4	5.59	151.5	1,000
Andong	1,248	100	70	121.0	2,000×2
Imha	595	34	23.8	124.0	1,500
Gunwi	48.7	17	11	179.0	1,500
Hapcheon	790	35	22.5	114.4	1,250
Milyang	73.6	32	18	148.0	1,500
Daechung	1,490	55	40	47.1	1,600×2
Yongdam	815	25.3	15.8	226.5	1,500
Seomjin	466	1.2	0.7	160.0	300
Juam	457	38.1	24.4	80.0	1,500
Juam Regulation	250	42.9	28.1	52.0	1,500
Buan	50.3	18.9	11.2	21.6	1,500
Boryung	116.9	32.6	20.2	45.0	2,000
Jangheung	191	50.1	21.0	53.0	2,000

비상방류설비에 대한 기준을 살펴보면 미국 아이오와 주에서는 총저류량의 최소한 50%에 해당하는 저류량을 합리적인 기간 내에 배제할 수 있도록 설계해야 한다고 규정하고 있다(Iowa Department of Natural Resources, 1990). 그러나 “합리적인 기간 내”라고 규정하여 정확한 배제기간을 명시하지 않고 있다. Dam Safety Guidelines (Washington State Department of Ecology, 1993)에서는 수리, 토질, 구조적 측면에서 비상방류설비의 설계에 대해 기술하였다. Inspection of Small Dams (Alberta Environment, 1998)에서는 비상방류설비의 점검 및 유지관리방안에 대해 기술하였으며, 특히, 항상 물에 잠겨있어 접근이 어렵기 때문에 정기적인 점검의 필요성을 강조하였다. Structural Design and Evaluation of Outlet Works (USACE, 2003)에서는 비상방류설비의 각 구조물별 설계에 대해 기술하였다. 캐나다 Province of British Columbia, Water Management Branch (2011)에서는 댐의 파괴를 방지하기 위한 비상방류설비의 역할과 조사 과정에 대해 규정하였다.

본 연구에서는 우리나라에서 적용할 수 있는 비상방류설비 기준을 작성하기 위하여 댐의 규모에 따라 대규모, 중규모, 소규모댐으로 구분하여 적절한 비상방류기간을 산정하고자 하였다. 이를 위하여 HEC-ResSim 모의모형을 이용하여 다양한 경우에 대해 비상방류 상황을 검토하였다.

2. 비상방류시설 적정규모 결정

2.1 비상방류시설 검토 대상댐 선정

본 연구에서는 비상방류시설 검토 대상댐은 저류용량

을 기준으로 편의상 대규모댐, 중규모댐, 소규모댐으로 구분하여 선정하였다. 대규모댐은 저류용량 10억 m³ 이상인 댐으로 29.5억 m³의 총저류량을 가지는 소양강 댐을 선정하고 분석하였다.

소양강댐은 한강유역의 북한강에 위치한 댐으로 1973년 준공된 다목적댐이다. 용수공급으로는 저수지내 취수를 포함하여 생공용수, 농업용수, 하천유지용수 등 연간 총 1,213백만m³의 용수를 공급하고 있다. 소양강댐의 발전시설에서는 9만 kW의 전력을 생산할 수 있으며 계획홍수량은 6,480 m³/sec이다(Table 2).

중규모댐은 저류용량 1~10억m³인 댐 중에서 7.9억 m³의 총저류량을 갖는 합천댐을 선정하여 분석하였다. 합천댐은 낙동강유역의 황강에 위치한 댐으로 1989년 준공된 다목적댐이다. 합천댐은 저수지내 취수를 하지 않으며 생공용수, 농업용수, 하천유지용수를 공급하고 연간 총 59.9백만m³의 용수를 공급하고 있다. 합천댐의 발전시설에서는 10만 kW의 전력을 생산할 수 있으며 계획홍수량은 6,250 m³/sec이다(Table 3).

소규모댐으로는 저류용량이 1억 m³ 미만인 댐으로 0.28억 m³의 총저류량을 갖는 대곡댐을 분석하였다. 대곡댐은 태화강유역에 위치한 댐으로 2005년 준공된 용수전용댐이다. 대곡댐은 저수지내 취수를 하지 않으며 생공용수를 공급하고 연간 총 32.1백만 m³의 용수를 공급하고 있다. 대곡댐의 계획홍수량은 822 m³/sec이다.

2.2 모의운영 모형 구축

비상방류시설의 적정 배제일수를 산정하기 위해 HEC-ResSim (USACE, 2007) 모형을 이용하였다. HEC-ResSim

Table 2. Soyanggang Reservoir

Flood Water Level	EL.m	198.0
Full Reservoir Level	EL.m	193.5
Restricted Water Level	EL.m	190.3
Low Water Level	EL.m	150.0
Catchment Area	km ²	2,703.0
Average Annual Inflow	CMS	55.5
	10 ⁶ m ³	1,750.0
Total Storage	10 ⁶ m ³	2,900
Effective Storage	10 ⁶ m ³	1,900
Annual Supply	10 ⁶ m ³	- Domestic and Industrial Supply 1,200 - Irrigation Supply 13 - Instream Flow (255.4)

모형은 미공병단 차세대 소프트웨어 개발 프로젝트의 일환으로 저수지를 모의할 수 있도록 개발된 프로그램이다. 저수지의 홍수조절, 용수공급계획, 세부 저수지 제약사항 및 실시간 의사결정을 지원할 수 있으며 저수지의 치수 및 이수운영 모의에 적합한 모형이다. 대상 지역의 정보 입력과 댐의 제원 및 제약조건, 운영방법을 구성하는 저수지 네트워크를 입력한 후 모의가 진행된다.

모형 적용 시 필요한 조건을 다음과 같이 설정하였다.

첫째, 기존 비상방류설비 이외에 추가 비상방류설비의 설치에 저수지의 용량을 고려하고 현실적으로 타당한 규모의 설비를 가정하였다.

둘째, 비상방류를 통해 배제해야 하는 양은 여수로 월류부 높이부터 저수위까지의 저류량을 기준으로 한다. 단지, 75%, 50%, 25%에 해당하는 수위까지 우선 배제해야 하는 경우를 고려하여 해당수위까지 배제하는 데 소요되는

기간도 산정하였다.

셋째, 관내 유속산정 시 관의 재질은 강관으로 설정하여 산정한다.

넷째, 비상방류를 통한 배제 시 발전방류와 비상방류가 함께 이루어지도록 설정한다.

다섯째, 발전방류는 최대발전사용수량으로 방류하는 것으로 가정한다.

여섯째, 저수지 유입량은 6월부터 9월까지 기왕의 전체 실적자료를 이용하여 홍수기(6~9월) 월평균 유입량을 사용한다.

일곱째, 비상방류시설의 위치는 용수공급 가능수위로 설정한다.

여덟째, 비상방류시설의 연장은 최소 연장으로 가정한다.

아홉째, 다목적댐의 기존 비상방류시설 용량은 Dam Operation Handbook (K-Water, 2013)의 수위-방류량 값

Table 3. Hapcheon Reservoir

Flood Water Level	EL.m	179
Full Reservoir Level	EL.m	176
Restricted Water Level	EL.m	-
Low Water Level	EL.m	140
Catchment Area	km ²	925
Average Annual Inflow	CMS	28.9
	10 ⁶ m ³	911.4
Total Storage	10 ⁶ m ³	790
Effective Storage	10 ⁶ m ³	560
Annual Supply	10 ⁶ m ³	- Domestic and Industrial Supply 520 - Irrigation Supply 32 - Instream Flow 47

Table 4. Daegok Reservoir

Flood Water Level	EL.m	122.7
Full Reservoir Level	EL.m	120.0
Low Water Level	EL.m	91.0
Catchment Area	km ²	57.5
Average Annual Inflow	CMS	1.29
	10 ⁶ m ³	40.7
Total Storage	10 ⁶ m ³	28.5
Effective Storage	10 ⁶ m ³	27.8
Annual Supply	10 ⁶ m ³	- Domestic and Industrial Supply 32.1

을 이용한다.

상기 설정된 조건을 이용하여 소양강댐의 모의운영 모형을 다음과 같이 구축하였다. 소양강댐의 여수로 월류부 높이부터 저수위까지의 높이는 35.5m이고 저류량은 약 1,325 백만 m³이다. 최대발전 사용수량은 250.8 m³/sec로 비상방류 시 최대한 방류한다. 비상방류 시설은 기존 1,600 mm관에 신설 방류시설 4,500 mm 시설을 추가하는 경우와 3,000 mm 관을 2개 고려하는 경우에 대하여 모형을 구축하였다. 39년(1974~2012년) 동안의 실적 유입량 자료에 대한 홍수기(6~9월) 월평균 유입량은 154.2 m³/sec이며 이를 유입량으로 적용하여 분석하였다.

합천댐의 경우 여수로 월류부 높이부터 저수위까지의 높이는 26.0m이고 저류량은 약 348 백만 m³이다. 최대발전 사용수량은 119.0 m³/sec로 비상방류 시 최대한 방류하고, 비상방류 시설은 기존 1,250 mm관에 신설 방류시설 1,000 mm 시설을 추가하여 모형을 구축하였다. 24년(1989~2012년) 동안 실적 유입량 자료의 홍수기(6~9월) 월평균 유입량은 49.0 m³/sec이며 이를 적용하였다.

대곡댐의 여수로 월류부 높이부터 저수위까지의 높이는 26.5m이고 저류량은 약 23백만 m³이다. 상시발전방류량은 1.0 m³/sec로 비상방류 시 전량을 방류하며, 비상방류 시설은 기존 1,200 mm관에 대하여 모형을 구축하였다. 대곡댐 8년(2005~2012년) 동안 실적 유입량 자료의 홍수기(6~9월) 월평균 유입량은 2.5 m³/sec이며 이를 적용하였다.

3. 비상방류시설 적정규모 분석 결과

3.1 소양강댐

앞서 설정한 저수지 모의운영 기준에 따라 소양강댐의 월류부 높이에서 기준높이인 저수위의 75%, 50%, 25% 높이까지 저류량을 배제할 경우 소요되는 일수와 월류부 높이에서 저수위까지 저류량을 배제할 경우 소요되는 일수를 모의한 결과는 다음과 같다. 여기서 Case 1은 기존의 1,600 mm관 1개와 신설 4,500 mm 관을 가정한 경우이고, Case 2는 3,000 mm 관 2개를 가정한 경우이다.

Case 1의 경우, 75% 높이에 해당되는 176.50 EL.m까지 배제하는데 10일, 50% 높이에 해당되는 167.80 EL.m까지 배제하는데 19일, 25% 높이에 해당하는 158.90 EL.m까지 배제하는데 27일, 저수위 150.00 EL.m까지 배제하는데 33일이 소요되었다. Case 2의 경우, 75% 높이까지 배제하는데 13일, 50% 높이까지 배제하는데 24일, 25% 높이까지 배제하는데 33일, 저수위까지 배제하는데 40일이 소요되었다.

3.2 합천댐

합천댐의 월류부 높이에서 기준높이의 75%, 50%, 25% 높이까지 저류량을 배제할 경우 소요되는 배제일수와 월류부 높이에서 저수위까지 저류량을 배제할 경우 소요되는 배제일수를 모의한 결과는 다음과 같다. 여기서 Case 1은 기존의 1,250 mm관 1개와 신설 1,000 mm 관을 가정한 경우이고, Case 2는 2,000 mm 관 2개를 가정한 경우이다.

Table 5. Monthly Average Inflows to Soyanggang Reservoir

Soyanggang Reservoir					
Month	June	July	August	September	Average
Inflow(m ³ /sec)	57.17	220.41	208.05	131.36	154.25

Table 6. Monthly Average Inflows to Hapcheon Reservoir

Hapcheon Reservoir					
Month	June	July	August	September	Average
Inflow (m ³ /sec)	20.86	62.13	64.80	48.27	49.02

Table 7. Monthly Average Inflows to Daegok Reservoir

Daegok Reservoir					
Month	June	July	August	September	Average
Inflow (m ³ /sec)	0.94	3.80	1.89	3.28	2.48

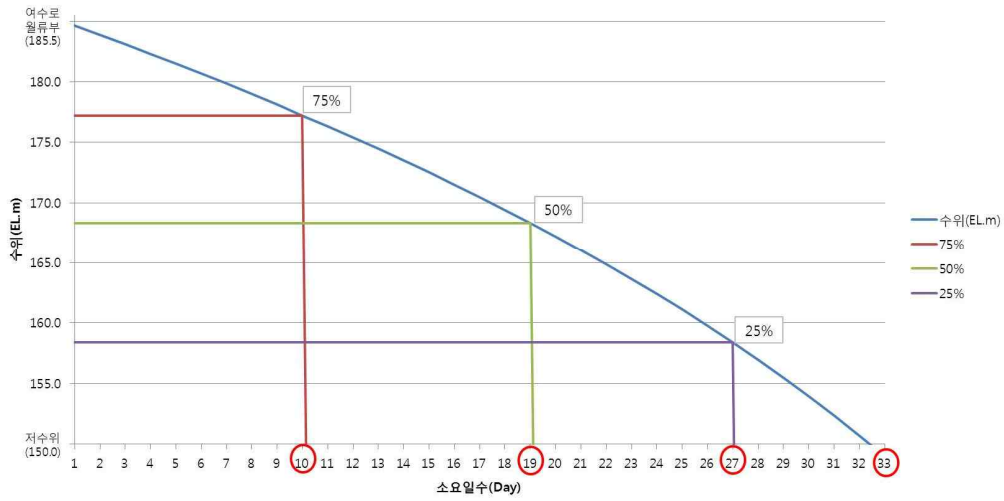


Fig. 1. Reservoir Elevation Change due to Low-Outlet Release (Soyanggang Reservoir Case 1)

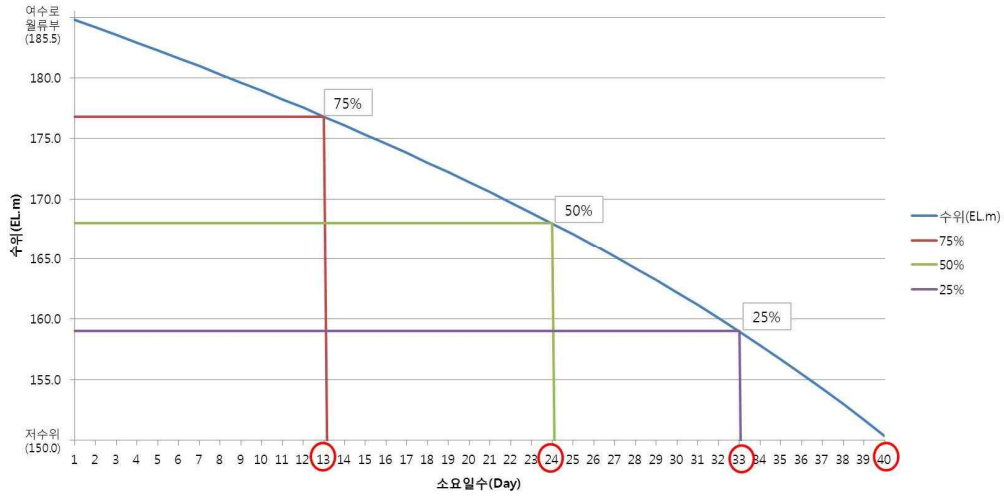


Fig. 2. Reservoir Elevation Change due to Low-Outlet Release (Soyanggang Reservoir Case 2)

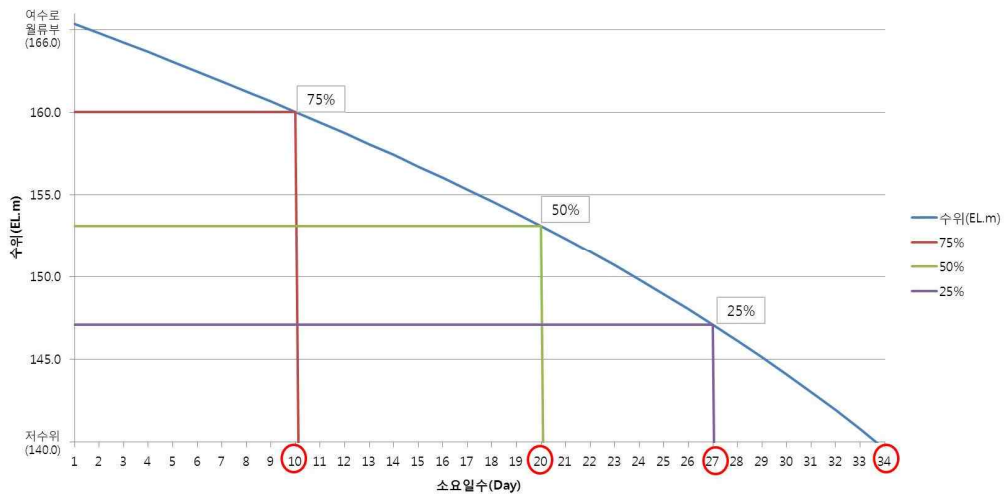


Fig. 3. Reservoir Elevation Change due to Low-Outlet Release (Hapcheon Reservoir Case 1)

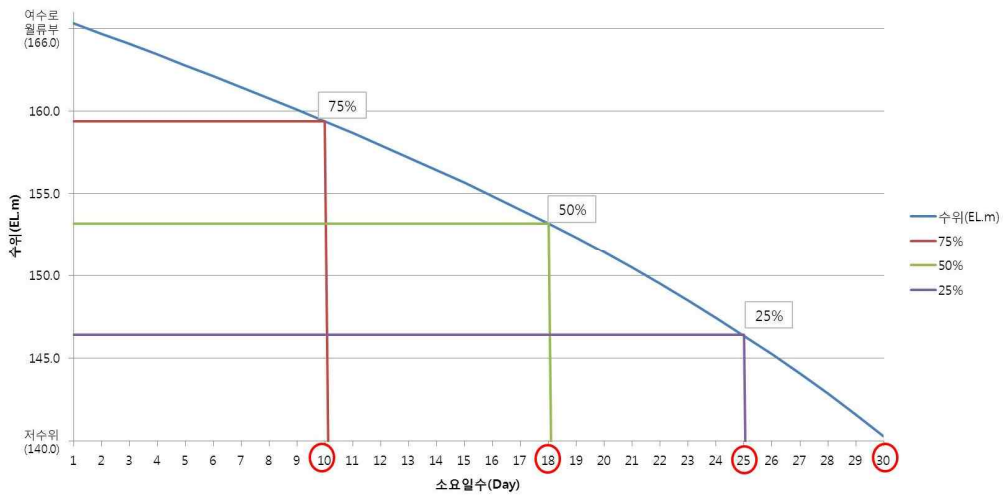


Fig. 4. Reservoir Elevation Change due to Low-Outlet Release (Hapcheon Reservoir Case 2)

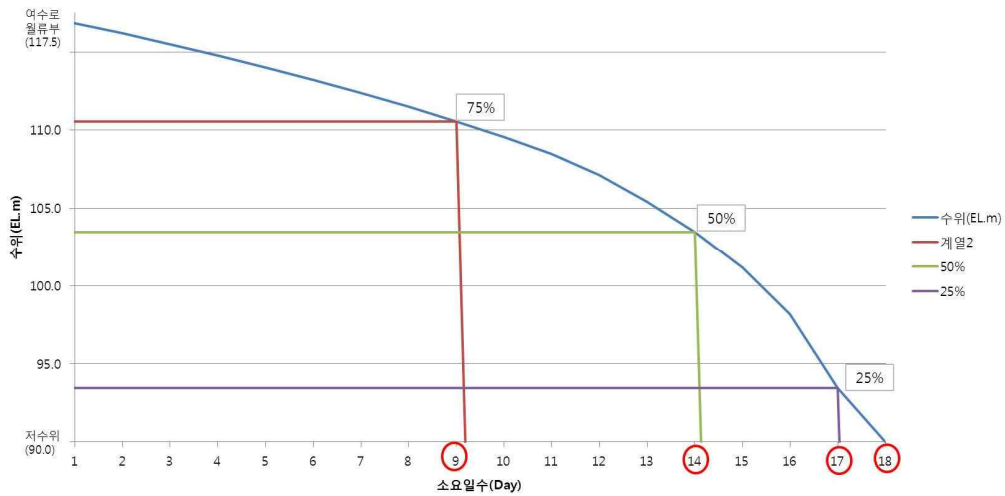


Fig. 5. Reservoir Elevation Change due to Low-Outlet Release (Daegok Reservoir Case 1)

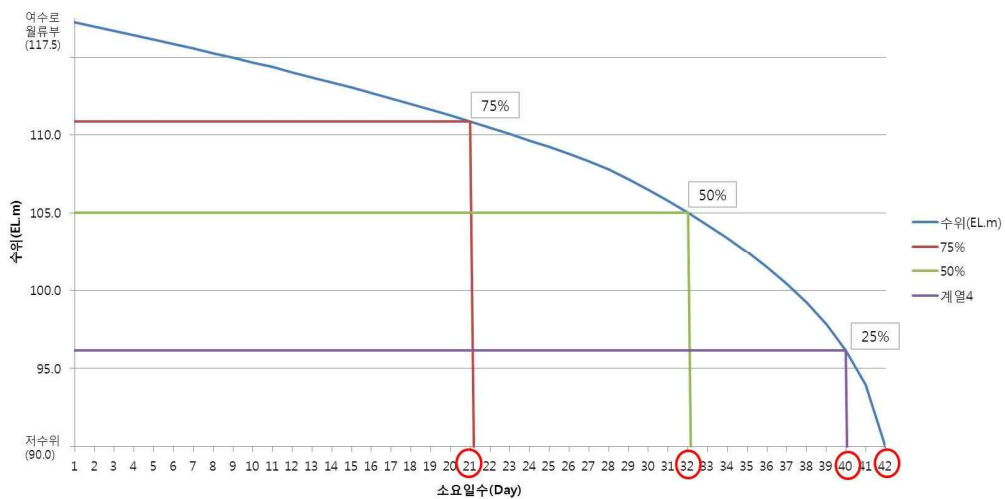


Fig. 6. Reservoir Elevation Change due to Low-Outlet Release (Daegok Reservoir Case 2)

Case 1의 경우, 75% 높이에 해당되는 159.4 EL.m까지 배제하는데 10일, 50% 높이에 해당되는 153.2 EL.m까지 배제하는데 20일, 25% 높이에 해당하는 146.4 EL.m까지 배제하는데 27일, 저수위 140.3 EL.m까지 배제하는데 34일이 소요되었다. Case 2의 경우, 75% 높이까지 배제하는데 10일, 50% 높이까지 배제하는데 20일, 25% 높이까지 배제하는데 27일, 저수위까지 배제하는데 34일이 소요되었다.

3.3 대곡댐

대곡댐의 월류부 높이에서 기준높이의 75%, 50%, 25% 높이까지 저류량을 배제할 경우 소요되는 배제일수와 월류부 높이에서 저수위까지 저류량을 배제할 경우 소요되는 배제일수를 모의한 결과는 다음과 같다. 여기서 Case 1은 기존의 1,200 mm관 1개를 사용하는 경우이고, Case 2는 1,000 mm 관 1개를 가정한 경우이다.

Case 1의 경우, 75% 높이에 해당되는 109.6 EL.m까지 배제하는데 9일, 50% 높이에 해당되는 103.5 EL.m까지 배제하는데 14일, 25% 높이에 해당하는 93.5 EL.m까지 배제하는데 17일, 저수위 90.0 EL.m까지 배제하는데 18일이 소요되었다. Case 2의 경우, 75% 높이까지 배제하는데 21일, 50% 높이까지 배제하는데 32일, 25% 높이까지 배제하는데 40일, 저수위까지 배제하는데 42일이 소요되었다.

특히 대곡댐의 경우, Case 1과 Case 2 모두 65% 높이 내외에서 수위가 급격하게 떨어지는 양상을 보이고 있다. 이는 저수지의 지형학적 형태와 관련되어 있는 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 논문에서는 저수지 모의모형인 HEC-ResSim을 이용하여 비상방류설비를 통한 방류에 대해 검토하였다. 댐의 크기에 따라 대규모댐, 중규모댐, 소규모댐 등 3가지로 구분하고, 만수위에서 75%, 50%, 25% 높이, 그리고 저수위까지 방류하는 경우에 대하여 검토를 수행하였다. 본 논문을 통해 얻은 결론을 정리하면 다음과 같다.

비상방류시설은 사수위보다 높게 설치하되 저수위까지 저수량을 배제할 수 있는 높이에 설치해야 하며, 방류대상 저류량은 저수지 하부 용량감소, 방류목적 실현, 최소 용수공급능력 유지 등을 위해서 여수로 월류수위부터 저수위 사이로 한다. 비상방류시설 규모 산정을 위해서 저수지 모의운영 및 수위 급강하에 의한 댐체 안정성을 검토해야 한다. 배제기간을 산정하기 위하여 댐 유역의 홍

수기(6~9월) 동안의 평균 유입량을 고려하였다. 비상방류 원인 제거를 위한 후속조치(보수 및 보강 등)와 용수공급능력 회복기간 등을 고려하여 방류일수는 40~50일 이내를 원칙으로 하였다.

저류용량이 10억 m³을 초과하는 대규모댐의 경우에 대해 소양강댐을 대상으로 검토하였다. 소양강댐의 경우 75% 수심까지 배제하는 경우 10일이 소요되었으며, 저수위까지 배제하는 경우 33일이 소요되었다. 저류용량이 1~10억 m³인 중규모댐의 경우에 대해 합천댐을 대상으로 검토하였다. 합천댐의 경우 75% 수심까지 배제하는 경우 10일이 소요되었으며 저수위까지 배제하는 경우 34일이 소요되었다. 저류용량이 1억 m³ 미만인 소규모댐의 경우 본 연구에서 모의한 대곡댐의 경우 75% 수심까지 배제하는 경우 9일 소요되었으며 저수위까지 배제하는 경우 18일 소요되었다.

댐 붕괴 등 위기관리를 위하여 방류대상 수심의 상위 75% 수위에 해당되는 저류량은 최소한 7~10일 이내 우선적으로 배제할 수 있어야 하며, 저수위 높이까지 가능한 40~50일에 배제할 수 있도록 하는 것이 바람직하다고 판단된다. 다만 이때 하류하천의 계획홍수량을 초과하지 않도록 방류하며 수위저하 속도는 댐 상류사면과 저수지 주변 산지사면의 안정성을 확보할 수 있어야 한다.

상기조건으로 기존 국내 댐의 비상방류시설 적정규모를 산정하면 일부 댐에서는 배제일수를 만족하지 못하는 경우가 발생하기도 하며 특히 저수용량이 큰 댐, 용량 대비 댐 높이가 높은 댐 등의 수위배제속도가 커 댐 안정성 확보에 주의를 요하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 비상방류시설은 수위-저수용량 관계특성과 댐 상·하류 여건 등 댐 특성을 고려하여 댐체 안정성을 확보할 수 있는 범위 내에서 충분한 규모로 계획하는 등 유연성 있는 기준의 적용이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 물관리사업의 연구비지원(14AWMP-B082564-01)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- Alberta Environment. (1998). *Inspection of Small Dams*.
Iowa Department of Natural Resources. (1990). *Design Criteria and Guidelines for Iowa Dams*.

Korea Water Resources Association. (2011). *Dam Design Standard*.

K-water. (2013). *Dam Operation Handbook*.

Province of British Columbia, Water Management Branch (2011). *Dam Safety Guidelines-Inspection & Maintenance of Dams*.

USACE. (2003). *Structural Design and Evaluation of Outlet Works*.

USACE. (2007). *HEC-ResSim-Reservoir System Simulation. User's Manual*.

USBR. (1990). *Criteria and Guidelines for Evacuating Storage Reservoirs and Sizing Low-Level Outlet Works*.

Washington State Department of Ecology. (1993). *Dam Safety Guidelines*.

paper number : 14-091

Received : 19 September 2014

Revised : 12 November 2014 / 3 February 2015

Accepted : 3 February 2015