

# 수리학적 홍수에측을 위한 충주조정지댐 실시간 모의방안

## Real-Time Simulation Scheme of the Chung Ju Regulation Dam for Hydraulic Flood Forecasting

김극수\*, 김지성\*\*, 김 원\*\*\*, 김상호\*\*\*\*, 박상근\*\*\*\*\*

Keuk Soo Kim, Ji Sung Kim, Won Kim, Sang Ho Kim, Sang Geun Park

### 요 지

본 연구는 팔당댐 상류부(충주댐 ~ 팔당댐 구간)의 수리학적 홍수에측 모형 구축시 한강본류 내에 위치하고 있는 충주조정지댐을 고려하는 모의 방안을 제시하였다. 충주조정지댐은 특정 유입량 이하일 경우 일정하게 수위를 유지하며 그 규모 이상의 홍수에서는 모든 문비의 개방이 이루어지기 때문에 이러한 운영특성을 수리학적 홍수에측 모형에 반영하는 것은 어려움이 따른다. 따라서 본 연구에서는 충주조정지댐 운영특성을 수리학적 홍수에측시 반영할 수 있도록 수문을 완전히 개방하는 시점을 기준으로 2단계의 수위-방류량 관계를 적용하는 방안을 검토하였다. 먼저 2단계 수위-방류량 관계의 작성을 위하여 1990년 ~ 2008년까지의 17개 홍수사상에 대한 충주조정지댐의 운영시계열 자료를 분석하여 기준 방류량을 설정하였으며 기준방류량 이하일 경우 일정하게 수위가 유지되는 수위-방류량관계 곡선을 내부경계조건으로 이용하고, 기준방류량을 초과할 경우 수문 개방시 관측된 저수위와 방류량 자료를 토대로 작성된 수위-방류량관계를 이용하는 방안을 제시하였다.

**핵심용어** : 충주조정지댐, 한강, 팔당댐, 수리학적 홍수에측

### 1. 서 론

현재 한강홍수통제소에서는 한강 본류 구간중 충주댐 하류 ~ 팔당댐, 팔당댐 ~ 한강하구에 대한 수리학적 모형을 운영중에 있다. 팔당댐 상류 구간의 경우에는 팔당댐으로 인한 배수효과, 팔당호 지점에서의 북한강과 한강의 합류, 완만한 하상경사, 달천, 섬강, 청미천 등 지류 합류, 충주 조정지댐 등을 고려하기 위해 1997년에 수리학적 모형이 구축된 바 있다(건설교통부, 1997). 충주댐 ~ 팔당댐 구간에 구축된 수리학적 모형은 1992년에 측량된 하천단면을 이용하였기 때문에 그 이후에 변화된 하천 단면의 변화를 고려하지 못하는 한계가 있다. 또한 충주 조정지댐을 고려하기 위해 사용한 수위-방류량 관계가 1990년대의 운영결과를 바탕으로 하고 있어 최근의 결과를 반영하지 못하는 한계가 있다. 지류 유입량의 경우에도 과거에 측량된 하천단면을 바탕으로 구축되었기 때문에 개선의 필요성이 제기되었다.

\* 정회원-한국건설기술연구원 하천해안항만연구실 박사후연구원-Email : keuksookim@kict.re.kr  
\*\* 정회원-한국건설기술연구원 하천해안항만연구실 박사후연구원-Email : jisungk@kict.re.kr  
\*\*\* 정회원-한국건설기술연구원 하천해안항만연구실 책임연구원-Email : wonkim@kict.re.kr  
\*\*\*\* 정회원-상지대학교 건설시스템공학과 교수-E-mail : kimsh@sanji.ac.kr  
\*\*\*\*\* 정회원-국토해양부 한강홍수통제소 하천정보센터 시설연구사-Email : sgpark@mltm.go.kr

본 연구에서는 충주댐~팔당댐 구간에 대한 기 구축된 수리학적 모형의 개선을 위해 획득 가능한 최신의 단면자료를 활용하여 수리학적 모형의 입력자료를 구축하고 기존 충주조정지댐의 고려방안에 대한 개선을 통해 정확성과 안정성을 갖는 수리학적 모형을 구축하였다.

## 2. 수리학적 모형 구축

### 2.1 수리학적 모형의 선정

연구대상 구간인 한강과 같이 하폭에 비해 하천연장이 상대적으로 긴 하천에 대한 홍수예측을 위해서는 1차원 수리학적 모형을 이용하는 것이 바람직하며 대상구간 내에 위치한 수리구조물 및 다양한 경계조건을 반영할 수 있는 모형을 선택하여야 한다. 본 연구에서는 모형의 정확성/안정성, 모형의 수행성 및 기 구축 모형과의 통일성을 이유로 미국 기상청(NWS)에서 개발된 DWOPER 모형(Fread, 1987)을 수리학적 홍수 예측 모형으로 선정하였다.

### 2.2 입력자료 구축

수리학적 모형의 입력자료 구축을 위해서 본 연구에서 수집된 하천단면 측량 자료를 토대로 한강을 본류로 하고, 섬강, 청미천, 북하천, 북한강, 경안천을 지류로 하는 단면 입력자료를 구성하였다. 본 연구에서는 가용한 모든 단면자료를 최대한 이용하여 입력자료를 구축하고자 하였으나 수리학적 모형의 효율성, 계산 소요시간, 하도단면적 부족 등을 고려하여 하천 흐름 특성을 변화시키지 않는 범위 내에서 수집단면들 중 일부를 제외하여 단면자료를 구축하였다. 본 연구에서 단면자료 구축시 이용된 구간에 대한 모식도는 그림 1과 같으며, 하천별 구간거리, 단면 개수는 표 1과 같다.

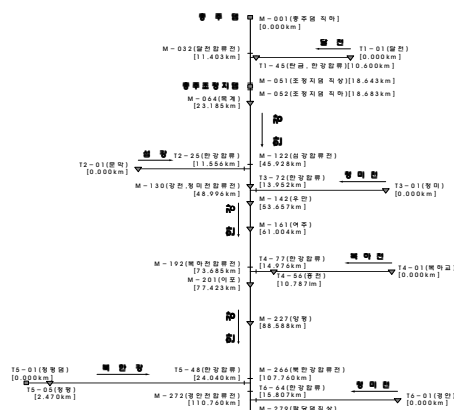


그림 1. 단면자료 구성 모식도

표 1. 단면자료 구성

하천명	구간 거리 (km)	단면 간격 (m)	단면 개수	비 고
한강	114.26	40~660	279	충주댐~팔당댐
달천	10.60	45~800	45	달천수위표~한강합류
섬강	11.56	56~500	25	문막수위표~한강합류
청미천	13.95	100~200	72	청미수위표~한강합류
북하천	14.98	50~326	77	북하교수위표~한강합류
북한강	24.04	450~970	48	청평댐직하~한강합류
경안천	15.81	40~970	64	경안수위표~한강합류
합계	205.20	-	610	-

### 2.3 상하류 경계조건

충주댐 하류구간은 한강 본류이외에도 달천, 섬강, 청미천, 북하천, 북한강, 경안천을 단면자료를 구성하여 수리학적 모형 구축에 이용하였으므로 다수의 상류경계 입력자료가 필요하다. 한강본류의 상류단은 충주댐, 달천은 달천수위관측소 지점, 섬강은 문막수위관측소 지점, 청미천은 청미

수위관측소 지점, 북하천은 북하고 수위관측소 지점, 북한강은 청평댐 지점, 경안천은 경안 수위관측소 지점을 상류단으로 하였다. 한강본류 충주댐 지점과 북한강 청평댐 지점의 경우 상류단경계를 댐방류량 수문곡선으로 지정하고, 지류들은 충주댐 상류구간과 같은 이유로 유량수문곡선을 지정하도록 상류단 경계를 구성하였다. 또한 하류단 경계조건은 구간의 하류단이 팔당댐으로 구성되기 때문에 댐에 의해 제어되는 댐 저수위 수문곡선을 하류단 경계로 활용하는 것이 타당하다. 그러므로 하류단 경계조건은 팔당댐의 수위수문곡선을 하류단 경계조건으로 지정하였다.

### 3. 충주조정지댐 모의 방안

#### 3.1 충주조정지댐 현황

충주조정지댐은 충주댐 상류의 한강 본류 구간내에 위치하고 있는 하천내 구조물로서 충주댐 하류 약 19km 지점인 충청북도 충주시 가금면과 금가면에 위치하고 있으며 한국수자원공사에서 관리중인 댐이다. 조정지댐은 본댐인 충주댐의 침투부하발전으로 발생하는 방류량 변화를 24시간 일정하게 유하시킴으로써 하류지역에 원활한 용수공급을 수행하며 동시에 발전도 수행하게 된다. 충주조정지댐은 운영지침에 의거 평수시에는 65.10 EL.m로 수위가 유지되며 홍수시에는 여수문비를 모두 개방하는 방식으로 수문조작이 이루어진다. 표 2는 각각 충주조정지댐의 현황과 제원을 나타낸다.

표 2. 충주조정지댐 제원

구분	하천	형식	높이 (m)	길이 (m)	정상표고 (EL.m)	체적 (천m <sup>3</sup> )
댐	한강	CGD (콘크리트 중력식댐)	21.0	480.7	70.0	-
구분	유역면적 (km <sup>2</sup> )			연간용수공급량 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )		
유역	97.0			-		
구분	저수면적(km <sup>2</sup> )	계획홍수위 (EL.m)	상시만수위 (EL.m)	홍수기제한수위 (EL.m)	월류정표고 (EL.m)	저수위 (EL.m)
저수지	-	67.30	65.10	-	58.00	63.50
	총저수용량 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )		유효저수용량 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )		홍수조절용량 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	
	30.0		17.0		0.0	

#### 3.2 충주조정지댐 모의 방안

충주조정지댐은 운영실적, 수위기록 등에 대한 정보들이 잘 구비되어 있어 수위-방류량관계를 이용한 내부경계조건의 적용이 가능하다. 충주조정지댐은 수리학적 모형 구축 당시 그림 3과 같은 수위-방류량관계(건설교통부, 1997)가 적용되었으며 이 곡선은 조정지댐 운영지침과 실제 홍수시 수위-방류량 실측자료에 기반을 둔 적절한 수위-방류량관계라 할 수 있다. 그러나 약 4,000m<sup>3</sup>/sec 방류량을 경계로 하여 동일한 수위에 대해 2개의 방류량이 존재하고 있어 수리학적 홍수추적 모형의 계산 불안정성을 유발할 수 있으므로 적용에 주의가 필요하다. 이러한 불안정성을 배제하기 위해서는 동일한 수위에 대해 하나의 방류량 값만을 갖는 일대일 대응의 수위-방류량 관계를 적용하여야 한다. 그러나 특정 홍수규모에 도달하지 않을 경우 조정지댐은 일정수위를 유지하도록

수문조작이 이루어지기 때문에 충주조정지댐 상류에 위치한 달천 지역에 배수영향이 미치게 된다.

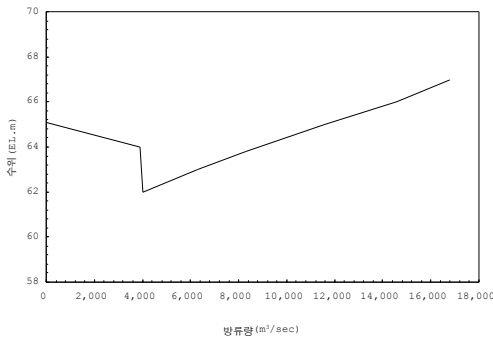


그림 3. 기존 수위-방류량 관계

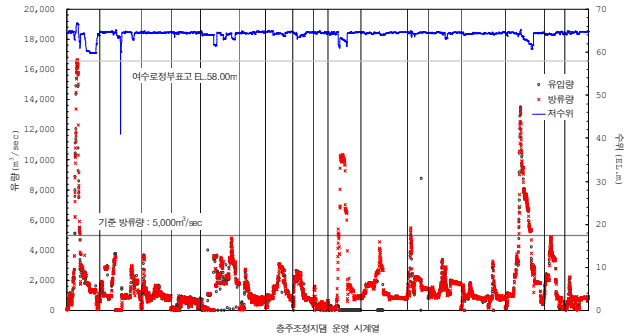


그림 4. 충주조정지댐 운영 시계열 자료

본 연구에서는 특정 규모 도달 전까지의 홍수량에 대한 수리학적 홍수추적시 조정지댐 상류구간의 배수영향을 고려하기 위해서 충주조정지댐의 모든 수문을 완전히 개방하는 시점을 기준으로 2단계의 수위-방류량관계를 적용하는 방안을 검토하였다. 먼저 2단계 수위-방류량 관계 작성을 위하여 1990년~2008년까지의 홍수사상에 대한 충주조정지댐 운영 시계열을 조사 분석하였다. 그림 4는 대상홍수기간에 대한 충주조정지댐의 유입량, 방류량, 수위변동 시계열을 연속적으로 제시한 것이다. 그림 4에서 제시된 바와 같이 충주조정지댐의 운영은 유입되는 유량이 그대로 방류되는 양상을 보이고 있으며 방류량이 약 5,000m³/sec 이상일 경우 저수위의 변동이 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그러므로 기준 방류량을 5,000m³/sec로 설정하여 기준 방류량 보다 낮을 경우와 높을 경우 2가지의 수위-방류량 곡선을 작성하여 충주조정지댐을 고려하도록 하였다. 그림 5는 충주댐 하류구간 수리학적 홍수추적 모형 개선을 위하여 본 연구에서 사용한 2단계 수위-방류량관계를 제시한 것이다. 홍수예측시 예측 현재 시각의 충주조정지댐 방류량을 획득하여 기준방류량으로 설정한 5,000m³/sec에 도달하지 않았을 경우는 수위-방류량관계(저)를 이용하고 기준방류량을 초과할 경우는 수위-방류량관계(고)를 이용하여 충주조정지댐을 고려토록 시스템을 구성하였다.

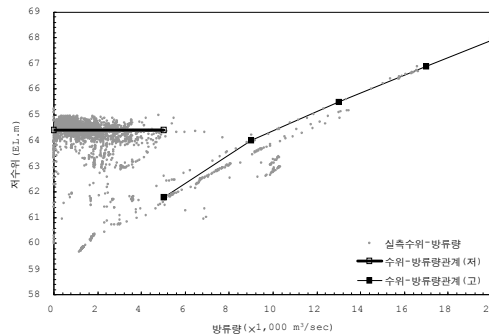
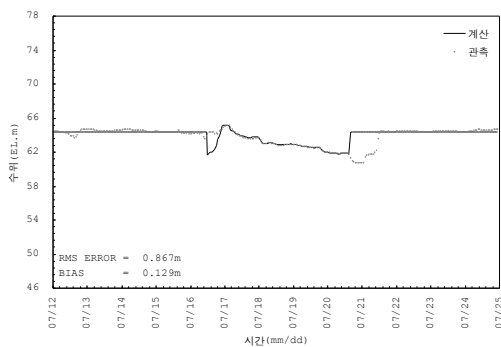


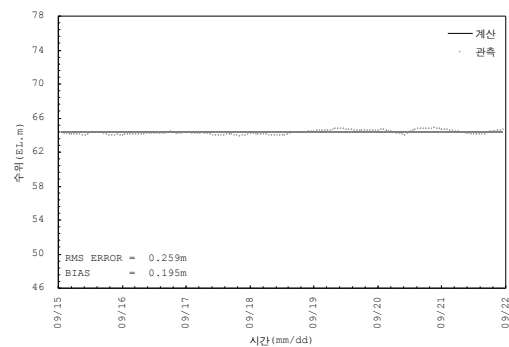
그림 5. 충주조정지댐 2단계 수위-방류량 관계

그림 6은 2006년 홍수사상과 2007년 홍수사상에 대하여 본 연구에서 선정한 충주조정지댐 고려방안을 적용한 결과를 제시한 것이다. 2006년 홍수사상의 경우 조정지댐 방류량이 13,467m³/sec로 기준방류량 5,000m³/sec를 초과한 경우이며 2007년 홍수사상의 경우 조정지댐 방류량이 4,881m³

/sec로 기준방류량 미만인 경우이다. 그림 6(a)에서 충주조정지댐 방류량은 2006년 7월 16일 12시에서 20일 15시까지가 기준방류량 5,000m<sup>3</sup>/sec를 초과한 구간이다. 그러므로 앞서 언급한 바와 같이 기준방류량을 초과하지 않은 구간은 충주조정지댐 수위-방류량 관계(저)가 적용되었으며 초과한 구간은 충주조정지댐 수위-방류량 관계(고)가 적용되었다. 그림에서 실측 저수위 변동구간과 충주조정지댐 모의 결과가 일치하지 않는 것은 실제 수문조작에서는 방류량이 5,000m<sup>3</sup>/sec를 초과하지 않더라도 수문을 지속적으로 개방하였음을 의미한다. 수리학적 모형을 이용하여 이러한 인위적인 수문제어를 완벽히 재현하는 것에는 무리가 있을 것으로 판단되며, 본 연구에서 제안한 충주조정지댐 모의 방안을 적용함으로써 댐 수위 재현에 상당한 향상이 이루어졌음을 확인할 수 있다. 그림 6(b)의 2007년 사상의 경우는 조정지댐의 수위가 약 64.4 EL.m로 유지되는 것을 가정한 수위-방류량관계(저)를 사용함으로써 RMS 오차가 약 0.259m로 계산됨을 알 수 있다.



(a) 2006.07.12 ~ 07.25 홍수기간



(b) 2007.09.15 ~ 09.22 홍수기간

그림 6. 충주조정지댐 모의결과

#### 4. 결 론

본 연구에서는 충주댐 ~ 팔당댐 구간에 대해 수리학적 홍수예측 모형을 구성하였으며, 충주조정지댐에 대한 실시간 모의를 위해 2단계 수위-방류량 관계를 작성하였다. 작성된 모의방안을 홍수예측에 적용함으로써 기준홍수량에 도달하지 않은 시점에서는 수위-방류량관계(저)를 이용하여 예측이 수행되어 구조물 상류로의 배수영향이 고려될 수 있었으며, 기준홍수량을 초과한 시점부터는 수위-방류량관계(고)를 이용하여 댐 저수위 변화를 정확히 재현할 수 있었다. 결론적으로 본 연구에서 제안한 충주조정지댐 모의 방안을 실시간 홍수 예측 활용함으로써 홍수예측의 정확성과 안정성의 향상이 이루어진 것으로 판단되었다.

#### 참 고 문 헌

1. 건설교통부 (1997). 수리학적 모형을 이용한 한강상류부 하도의 홍수예측모형 개발.
2. Fread, D.L. (1987). *National Weather Service Operational Dyanmic Wave Model*, Nataional Weather Service, Silver Springs, MD.