

대청댐 방류에 따른 금강 하류부의 홍수추적 (II)  
Flood Routing for the Downstream of Dae-Chung Dam  
in the Geum River Basin (II)

김규문\* · 박봉진\*\*

### 1. 서 론

금강수계의 유역면적은 9,886 km<sup>2</sup> 으로, 대청댐과 금강하구둑이 건설되어 운영되고 있으며, 현재 대청댐 상류에 용담댐이 건설중에 있다. 금강 하류부는 비교적 홍수에 취약하여 홍수피해를 경감하고 “홍수의 자원화”로 효율적인 수자원관리가 이루어지기 위해서는 대청댐 방류에 따른 하류부의 홍수예측이 매우 중요하다. 댐의 방류량 결정은 상류 유역의 유입량뿐만 아니라 방류에 따른 하류지역의 영향을 미리 예측하여 결정하여야 한다. 다목적댐을 운영하면서 기후조건에 따라 불확실한 강우량 및 패턴 때문에 강우를 양적인 개념 보다는 빈도의 개념으로 홍수조절 방안을 수립하는것이 보다 현실적이고 유용하다. 따라서 금번 연구에서는 금강 하류부의 홍수조절 시스템을 구성하고, 빈도별 강우량으로 각 소유역의 유출량을 산정하고, 댐의 방류량에 따른 하류부의 홍수량 및 홍수위를 일차원 부정류해석법으로 산정하였다.

### 2. 금강유역의 홍수조절 시스템

금강유역의 홍수조절시스템은 대청댐을 중심으로 댐 상류와 하류로 구분하여, 대청댐 상류의 홍수예경보 시설은 15개의 우량관측소 및 5개의 수위관측소와 댐하류 지역은 26개의 우량관측소 및 17개의 수위관측소로 구성되어 있다. 댐 상류유역의 홍수조절을 위한 유출모형은 저류함수법이며, 댐 하류유역은 저류함수법과 일차원부정류해석 프로그램으로 구성하였다.

#### 2.1 저류 함수법에 의한 유역홍수추적

저류 함수법은 유역 또는 하도의 저류 함수식으로 부터 수학적으로 유출을 산정하는 방법이다. 유역 또는 하도의 저류량 S를 유출량 Q의 지수식으로 표시한다.

$$S_t = KQ_t^n \quad (1)$$

\* 한국수자원공사, 금강·섬진강 사업본부, 관리처

\*\* 한국수자원공사, 특수지역사업본부, 건설처, 기술사

여기서 K, p는 유역 또는 하도의 저류상수 이다.

$$\text{유역에서는} \quad \frac{1}{3.6} f r_{ave} A - Q_l = \frac{dS_l}{dt} \quad (2)$$

여기서 f는 유입계수 r<sub>ave</sub>는 유역 평균 강우량, A는 유역면적, Q<sub>l</sub>(t)=Q(t+T<sub>l</sub>)는 지체시간을 고려한 유역의 직접유출량, S<sub>l</sub>은 지체시간을 고려한 유역의 저류량, T<sub>l</sub>은 지체시간이다.

$$\text{하도에서는} \quad \sum_{j=1}^n f_j I_j - Q_l = \frac{dS_j}{dt} \quad (3)$$

여기서 f<sub>j</sub>는 유입계수, I<sub>j</sub>는 유입량 (입구), Q<sub>l</sub>(t) = Q<sub>l</sub>(t+T<sub>l</sub>)는 출구의 유출량, S<sub>j</sub>는 지체시간을 고려한 하도 저류량, T<sub>l</sub>은 지체시간이다.

## 2.2 일차원 부정류해석법에 의한 하도홍수수추적

LOOPNET모형(이환기,1987)에서는 개수로의 1차원 부정류에 관한 Saint Venant 방정식을 사용하였다.

$$\frac{\partial A_s}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \beta \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial y}{\partial x} + g \frac{QQ}{ARn} = 0 \quad (5)$$

여기서 t는 시간, x는 거리(m), y는 수위(m), Q는 유량(m<sup>3</sup>/S), q는 외부 유입량(m<sup>3</sup>/S/m), A는 단면적(m<sup>2</sup>), A<sub>s</sub>는 통수 단면적(m<sup>2</sup>), β는 운동량 보정계수, Rn은 R<sup>4/3</sup>/n<sup>2</sup>으로, R은 동수 반경(m), n은 Manning의 조도계수 m<sup>1/3</sup>/S이다.

Saint Venant 방정식을 Preissmann의 음해법을 적용하여 다음과 같이 유한 차분법으로 해석하였다.

$$\frac{\partial f}{\partial t} \approx (1-\psi) \frac{f_j^{m+1} - f_j^m}{\Delta t} + \psi \frac{f_{j+1}^{m+1} - f_{j+1}^m}{\Delta t} \quad (6)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} \approx (1-\theta) \frac{f_{j+1}^m - f_j^m}{\Delta x} + \theta \frac{f_{j+1}^{m+1} - f_j^{m+1}}{\Delta x} \quad (7)$$

$$f(x, t) \approx \theta [ \psi f_{j+1}^{m+1} + (1-\psi) f_j^{m+1} ] + (1-\theta) [ \psi f_{j+1}^m + (1-\psi) f_j^m ] \quad (8)$$

### 3. 금강유역 대청댐 하류부 빈도별 유입량 산정

#### 3.1 댐하류 소유역별 강우량 빈도분석

한국수문조사년보 및 금강수계 종합정비계획 부록편(1988년)에서 대청댐 하류유역의 26개 우량관측소를 대상으로 1일, 2일, 3일 연속 최대강우량 자료를 정리하였으며, 1993년이후 신설되어 관측기록이 상대적으로 적은 우량국은 인근 우량관측소의 자료를 사용하다. 강우량의 빈도분석은 대수정규분포, Iwai방법, type-I 극치분포, gamma 분포, Log-Normal, Log-Pearson Type III방법으로 실시하고, Chi-Square검정과 Smirnov검정에 의해 분포의 적합성 여부를 판정하였으며, 최종적으로 확률지에 도시하여 적합성 여부를 확인하였다. 분석 결과 Log-Pearson Type III 방법이 우수하여 빈도별 강우량분석을 위한 방법으로 선택하였으며, 주요지점의 빈도별 강우량 산정결과는 표 3.1과 같다.

빈도 \ 지점	하구둑	합 열	홍 산	공 주	정 안	부 강	가 덕	오 류
10	260	211	293	286	247	236	225	239
20	302	232	354	328	277	293	263	285
50	359	257	441	383	314	388	315	349
100	402	275	512	424	340	479	357	402
200	445	291	589	465	365	591	401	458

표 3.1 주요지점의 빈도별 강우량(3일 연속강우시, 단위 : mm)

#### 3.2 빈도별 유입량의 산정

빈도별 유입량을 산정하기 위하여 강우량의 시간분포가 필요하며, 강우량의 시간분포는 유역의 유출특성과 유입량의 결정에 크게 영향을 미친다. 금번 연구에서는 “금강유역홍수에경보 프로그램 개발(건설부, 1988년)”에서 금강유역의 182개의 호우사상 자료를 분석하여 제시한 “Yen 및 Chow 강우량 시간분포 방법”인 “무차원 삼각형 우량주상도”에 의하여 시간 강우량으로 분포시킨 후 저류함수법을 적용하여 각 소유역의 유출량을 산정하고, 일차원 부정류 해석법으로 하도추적을 실시하여 빈도별 유입량을 산정하였으며, 산정결과는 표3.2와 같다.

빈도 \ 지점	석 화	금 남	공 주	규 앞	강 경
10년	2,420	3,420	3,950	4,860	6,240
20년	2,920	4,210	4,910	6,050	7,850
50년	3,590	5,230	6,170	7,590	9,910
100년	4,130	6,060	7,240	8,900	11,670
200년	4,680	6,910	8,350	10,248	13,465

표 3.2 주요지점의 빈도별 유입량(3일 연속강우시, 단위 : m<sup>3</sup>/sec)

#### 4. 대청댐 방류에 따른 하류 홍수추적

다목적댐을 운영하면서 기후조건에 따라 불확실한 강수량 및 패턴 때문에 강우를 양적인 개념 보다는 빈도의 개념으로 홍수조절 방안을 수립하는것이 보다 현실적이고 유용하다. 따라서 금번 연구에서는 대청댐 하류부의 빈도별 강수량으로 각 소유역의 유출량을 산정하고, 댐의 방류량에 따른 하류부의 홍수량 및 홍수위를 일차원 부정류해석법으로 산정하였다. 홍수량 및 홍수위는 댐의 방류량, 방류시기 및 기간 등의 방류조건에 따라 다르게 산정되므로 금번 연구에서는 최대홍수량 및 최고홍수위가 되도록 하는 방류조건으로 홍수량 및 홍수위를 산정하였다.

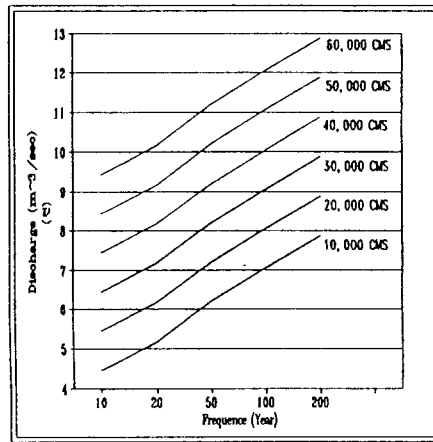


그림 4.1 대청댐 방류량에 따른 공주지점의 빈도별 홍수량

댐방류량(CMS) \ 빈도	200	500	1,000	2,000	3,000
10	15.40	15.60	16.00	19.00	24.60
20	16.50	16.70	17.00	19.03	24.64
50	17.40	17.60	17.90	19.10	24.73
100	17.80	17.90	18.20	19.20	24.80
200	18.90	19.10	19.30	19.90	24.90

표 4.1 대청댐방류에 따른 공주지점의 홍수위 (3일연속강우시, 단위 : EL.m)

표 4.1에서 댐 하류부에 10년 빈도 및 20년 빈도의 강우시 대청댐에서 1,000m<sup>3</sup>/sec이내로 방류하면 공주지점의 홍수위가 위험수위인 EL. 17.662m를 넘지 않도록 할 수 있다. 금번 연구에서는 방류조건을 하류측 홍수위가 최고가 되도록 하였으므로, 댐 하류부의 홍수량을 사전에 예측하여, 홍수위 저하 될 수 있도록 댐의 방류량, 방류시기 및 기간등을 합리적으로 결정하

여야 한다. 그림 4.2 및 4.3에서 댐 상류유역의 홍수추적을 실시하여 방류량을 결정하면, 하류의 강우량을 고려하여 댐의 방류량이 하류 주요지점의 홍수량과 홍수위에 어떤 영향을 주는지 사전에 예측할 수 있다.

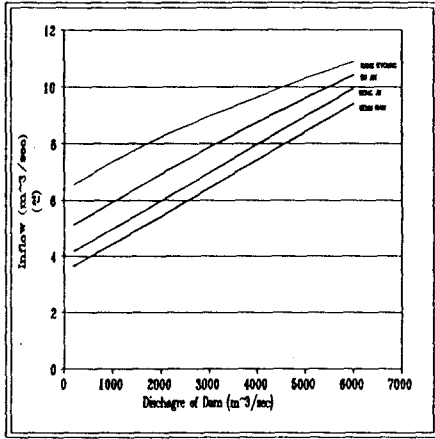


그림 4.2 공주지점 홍수량

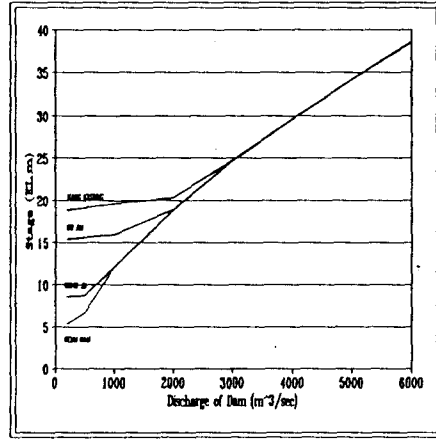


그림 4.3 공주지점 홍수위

## 5. 결 론

금강 하류부 홍수피해를 경감하고 “홍수의 자원화”로 효율적인 수자원관리를 위해, 금강 하류부의 홍수조절 시스템을 구성하고, 빈도별 강우량으로 각 소유역의 유출량을 산정하고, 댐의 방류량에 따른 하류부의 홍수량 및 홍수위를 일차원 부정류해석법으로 산정하였다. 금번 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 금강 하류부의 저류함수법, 일차원 부정류해석법으로 홍수조절 시스템을 구성 하였다.
2. 대청댐 하류의 주요 우량관측소의 빈도별 강우량을 산정하였으며, Yen 및 Chow 강우량 시간분포방법으로 강우량을 시간분포 시키고, 저류함수법을 적용 각 소유역의 유출량을 산정하고, 일차원 부정류해석법에 의한 하도추적으로 댐 방류량에 따른 빈도별 홍수량 및 홍수위를 산정하였다.

## 참 고 문 헌

1. 금강수계 종합정비계획 I, II. 건설부(1988).
2. 금강홍수에경보 프로그램개발 최종보고서 (1989). 건설부
3. 박봉진, 박정기, 정관수 (1995). “대청댐 방류에 따른 금강 하류부의 적”. 1995년 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 247-253.

4. 박봉진, 정관수 (1995). "Loopnet Network 알고리즘에 의한 일차원 부정류 해석". 1995년 대한토목학회 학술발표회 논문집.
5. 이환기 (1987). "수치모형에 의한 개수로 Network의 부정류 해석". 제8회 한국대담학회 학술발표회 발표집.
6. 한국수자원공사 (1993). "다목적댐 홍수유출해석 및 홍수기 저수지 운영프로그램 설명서".
7. 한국수자원공사 (1991). "PC-그래픽을 이용한 다목적댐 홍수관리 종합 컴퓨터 시스템 개발 연구".
8. Abbott, Basco (1989). "Computational fluid dynamics -an introduction for engineers". Longman Scientific Technical, U.K.
- 9 J.A.Cunge, F.M.Holly, Jr A. Verwey (1976). "Practical aspects of computational river hydraulics". Pitman Publishing Limited, U.K..