

대청댐 방류에 따른 금강 하류부의 홍수추적

Flood Routing for the Downstream of Dae-chung Dam in the Geum River Basin

박 봉진*, 박 정기**, 정 관수 ***

1. 서 론

금강수계의 유역면적은 9,886 km²이며 유역면적이 수계의 42%를 차지하는 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 중요하다.

금강수계 대청댐 하류부의 저류함수법에 의한 유역 홍수추적과 일차원 부정류 해석에 의한 하도 홍수추적을 실시하였다. 일차원 부정류 해석법의 적용은 저류함수법의 한계를 극복하고, 홍수시 대청댐의 조절방류와 하구둑의 운영에 따른 금강 하류부의 홍수영향을 검토 할 수 있었다.

본 연구 결과를 이용하여 홍수시 대청댐 하류부의 빈도별 유입량을 산정하여 지류하천의 유입량을 고려한 대청댐 방류량의 도달시간과 무피해 방류량의 산정, 대청댐의 조절 방류에 따른 주요지점의 홍수조절 효과를 분석하여, 금강수계의 홍수피해를 최소화 할 수 있는 방안에 관한 연구가 지속되어야 겠다.

-
- 1) 한국수자원공사 댐운영처
 - 2) 한국수자원공사 댐운영처 운영2부장
 - 3) 한국수자원공사 댐운영처 선임연구원, 공학박사

2. 저류 함수법에 의한 유역 홍수추적

2.1 기본 방정식

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

$$S_l = KQ_l^p \quad (1)$$

여기서 K는 유역 또는 하도의 저류상수, 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_{ave} 는 유역 평균 강우량, A는 유역면적, $Q_e(t) = Q(t+T_e)$ 는 지체시간을 고려한 유역의 직접유출량, S_e 는 지체시간을 고려한 유역의 저류량, T_e 는 지체시간 이다.

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

여기서 f_j 는 유입계수, I_j 는 유입량 (입구), $Q_e(t) = Q_e(t+T_e)$ 는 출구의 유출량, S_l 는 지체시간을 고려한 하도 저류량, T_e 은 지체시간이다.

2.2 금강수계의 소유역 및 소유역 분할

대청댐의 상류는 기존의 소유역 및 하도 분할을 사용하였고, 대청댐 하류는 금강 홍수통제소에서 사용하고 있는 소유역 및 하도분할에서 댐 상류 유역을 제외하고 1990년 이후 변경된 우량 관측소와 수위 관측소를 기준으로 조정하여, 그림(1)의 유출모형에 적용할 모식도와 각 소유역별 우량 관측소의 지배 면적을 산정 하였다.

2.3 모형상수의 결정 및 민감도 분석

금번 연구에 적용한 모형상수는 기존 수위관측소 유역의 홍수기록으로 부터, 저류상수와 지체시간을 유역특성과의 상관분석하여 산정한 “금강공식”을 유출모형상수로 적용하였다. 민감도는 1987년 7월 홍수를 적용하여 분석하였으며, 유역의 모형상수 분석에서 첨두유량의 변화 $(Q_p' - Q_p)/Q_p$ 에는 BK, BP, BFa가, 첨두유량의 도달시간의 변화 $(T_p' - T_p)/T_p$ 에는 BK, BP, BT_e 과 유출용적의 변화 $(V' - V)/V$ 에는 BFa가 가장 민감하였다. 하도의 모형상수 분석에서는 CK, CP, CFa의 민감도가 미미 하였으며, CT_e 의 변화에 따라 첨두유량과 첨두유량 도달시간은 민감한 반응을 보였다.

2.4 모형의 보정

모형의 보정방법에는 시행착오법에 의한 수동보정 방법과 최적화 기법에 의한 자동보정 방법이 있다. 모형의 자동보정을 위하여 최적화 기법의 하나인 Pattern-Search 을 저류함수유출 모형에 적용하였다. 최적화 산정 기준은 관측값과 계산값에 대한 오차의 제곱합 (Sum of Square of Residual : SSR) 을 목적함수로 선정하였다.

$$\text{Minimize } SRR = \sum_{i=1}^T (qi - ri)^2 \quad (4)$$

모형 보정은 다음식에 의해 전체 소유역을 같은 비율벡터 $\Lambda^T = (\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \dots \lambda_n)$ 를 조정함으로써 이루어진다

$$\Theta_c = \Theta_e * \Lambda^T \quad (5)$$

$\Theta_c = (BK, BP, BT_\ell, BFa, BRsa, CT_\ell)$ 와 Θ_e 는 각각 보정치와 경험치의 매개변수 벡터를 나타내며, 민감도 분석을 통하여 민감도가 극히 적은 CK, CP를 결정변수에서 제외시키고 최종적인 결정변수를 BK, BP, BT_ℓ , BRsa, CT_ℓ 의 5개로 선정하였다. BK, BP는 소유역별 저류함수 계수이고, BT_ℓ 과 CT_ℓ 은 소유역 및 하도의 지체시간이고 BRsa는 포화우량을 나타낸다.

3. 일차원 부정류 해석법에 의한 하도 홍수추적

3.1 일차원 부정류모형 LOOPNET 특성

Loopnet모형은 개수로의 물의 흐름에 관한 de Saint Venant의 연속 방정식과 운동량 방정식을 Priessmann Scheme을 적용하여, 유한차분방정식으로 선형 연립 방정식을 구성하였다. 선형 연립 방정식의 해 (유량과 수위)를 구하기 위해 Friazinov가 개발하고 프랑스의 SOGREAH에서 Cunge가 적용한 바 있으며, 나뭇가지 모양(branched, tree-like)의 모형 뿐만 아니라 그물 모양의 Looped 모형에도 적용할 수 있는 Looped network 해석 알고리즘을 사용하였다.

3.2 기본 방정식

본 모형에서는 개수로의 1차원적 부정류에 관한 방정식으로, de saint Venant 식으로 불리우는, 다음 2개의 편미분 방정식을 사용하였다.

- 연속 방정식

$$\frac{\partial A_s}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0 \quad (6)$$

- 운동량 방정식

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial y}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{ARn} = 0 \quad (7)$$

여기서 t 는 시간, x 는 거리(m), y 는 수위($EL.m$), Q 는 유량(m^3/sec), q 는 외부 유입량($m^3/sec/m$), A_s 는 하천 단면적(m^2), A 는 통수단면적(m^2), β 는 운동량 보정계수, Rn 은 $\frac{R^{4/3}}{n^2}$, R 은 동수반경(m), n 은 Manning 조도계수 ($m^{1/3} s$)이다.

3.3 금강수계 하천망의 구성

금강수계의 하천망은 금강수계 종합정비계획의 하천횡단 측량자료를 이용하여 작성하였으며, 그림(2)과 같이 미호천은 횡단측량 번호에 400을 더하여 구분하였으며, 대청 조정지댐 이후부터 본류를 따라 미호천 합류지점까지는 Channel 1, 미호천 합류지점 이후부터 하구둑까지 금강본류를 Channel 2, 미호천의 석화지점부터 금강 본류와의 합류점까지를 Channel 3로 구분하였다.

3.4 외부 유입량

금강수계의 하천망 구성에 따른 소유역의 지류 유입량은 저류함수법에 의한 유역 홍수추적 모델로부터 산정된 소유역의 유출량을 대청 조정지댐 하류부터 하구둑까지 13개의 외부유입 조건으로 구성하였다. 주요 수위국 지점은 T/M으로 측정되는 실측 수위자료와 예측 수위자료를 비교, 검토 할 수 있도록 구성하였다.

3.5 초기조건 및 경계조건

대청 조정지댐의 방류조건 및 이에 따른 수위를 상류측의 초기조건으로 적용하였으며, T/M으로 부터 실시간으로 측정되어 전송되는 주요 수위국의 수위자료를 중간점의 초기조건으로 구성하였다. 경계조건은 Channel 1의 대청 조정지댐 방류량과, Channel 2의 하류부의 금강 하구둑 수위조건 및 Channel 3의 석화지점 유량으로 구성하였다

4. 모형의 적용

4.1 수문자료

홍수수문 자료는 1985년 8월 중순, 1985년 9월 중순, 1987년 7월 하순의 강우자료를 현 홍수예경보 시스템에 맞도록 RDS방법으로 보완하였고, 수위자료는 금강홍수통제소의 “금강 수위 관리대장”의 자료를 보완후 사용하였다. 하도

홍수추적에서는 1987년 7월 홍수수문 자료를 활용하여 모형의 적용성을 검토하였다. 대청댐의 방류량을 상류 경계조건으로 하고, 하류 경계조건은 군산외항의 조수위자료를 사용하였다.

4.2 유역 홍수추적의 적용 결과

그림(3)은 금남지점에서 1987년 7월 홍수사상 모형상수의 보정없이 계산된 결과이다. 첨두유량이 실측 첨두유량보다 크게 계산되었으며, 첨두유량 발생시각도 빠르게 계산되었다. 그러나 자동보정에 모형상수를 조정한 결과 실측유입에 근사하게 보정되었다. 그림(4)는 공주지점에서 1987년 7월 홍수사상 모형상수의 보정없이 계산된 결과이다. 첨두유량이 실측 첨두유량보다 크게 계산되었으며, 첨두유량 발생시각은 약간 빠르게 계산되었다. 자동보정에 모형상수를 조정한 결과 첨두유량은 개선되었지만, 유출용적 첨두유량 도달시간에 큰 차이가 있어 수동보정의 방법으로 보완 하였다.

4.3 하도 홍수추적의 적용 결과

금남 수위국의 수위 수문곡선은 그림(5)과 같이 첨두 홍수량 도달 수위에서 측정치와 계산치는 거의 일치 하였으나, 계산수위가 측정수위보다 전반적으로 높게 산정되었다. 공주 수위국의 수위 수문곡선은 그림(6)과 같이 첨두 홍수량 도달 수위에서 계산치가 약간 낮게 계산되었으며, 도달시간에서 4~5시간의 정도 차이가 있었다.

5. 결 론

금강수계 대청댐 하류부에 저류함수법에 의한 유역 홍수추적과 일차원 부정류 해석에 의한 하도 홍수추적을 실시하였다. 일차원 부정류 해석법은 우리나라의 홍수조절 시스템의 기본 모형인 저류함수법의 한계성을 극복하고, 대청댐의 조절방류와 금강하구둑의 운영에 따른 금강 하류부의 홍수 영향을 검토 할수 있으며, 금번 연구 성과를 바탕으로 다음의 연구에서는 홍수시 금강수계 대청댐 하류부 지류하천의 유입량을 고려한 대청댐 방류량의 도달시간과 무피해 방류량, 댐 조절 방류에 따른 하류 주요지점의 홍수조절 효과를 분석할 계획이다.

참 고 문 헌

1. 건설부, 금강홍수에경보 프로그램개발 최종보고서 및 부록, 1989.
2. 한국수자원공사, PC-그래픽을 이용한 다목적댐 홍수관리 종합 컴퓨터 시스템 개발 연구, 1991.
3. 이환기, 수치모형에 의한 개수로 Network의 부정류 해석, 제8회 한국 대담학회 학술발표회, 1987.
4. J.A.Cung, F.M.Holly, Jr A. Verwey, Practical Aspects of Computational River Hydraulics, Pitman Publishing Limited, London, U.K., 1976.
5. 한국수자원공사, 다목적댐 홍수유출해석 및 홍수기 저수지 운영프로그램 설명서, 1993.
6. 건설부, 금강수계 종합정비계획 I, II, 1988.
7. 이종태, Preissmann기법에 의한 1차원 부정류 해석, 한국수문학회 제15권 제1호, 1982.
8. Abbott, Basco, Computational Fluid Dynamics -an introduction for engineers, Longman Scientific Technical, U.K., 1989.
9. 박봉진, 부정류 해석법을 이용한 하도추적, The Netherlands delft IHE Hydroinformatics Diploma Course Group work Report. Channel routing : One-dimensional Free Surface Flow Modelling, 1993

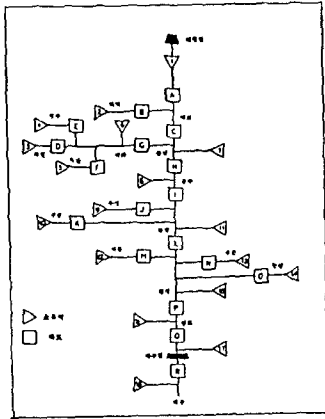


그림 1. 금강수계 대청댐 하류 홍수유지 유출모형 모사도

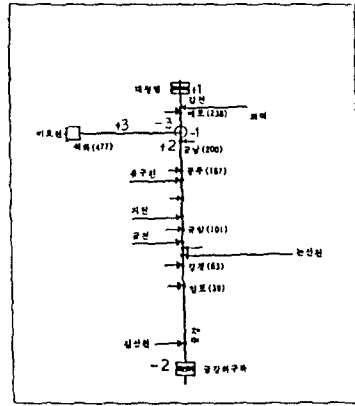


그림 2. 금강수계 대청댐 하류 하도 홍수유지 유출모형 모사도

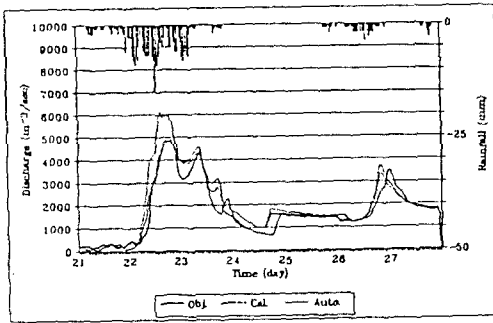


그림 3. 유계 홍수유지 복용결과 (1987년7월, 금강수계하구)

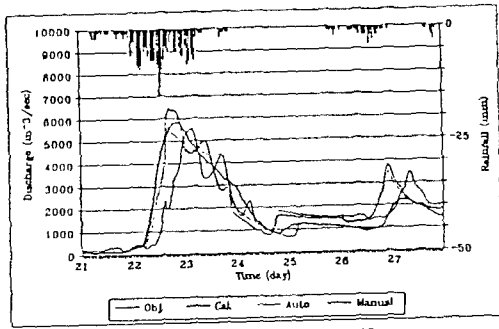


그림 4. 유계 홍수유지 복용결과 (1987년7월, 금강수계하구)

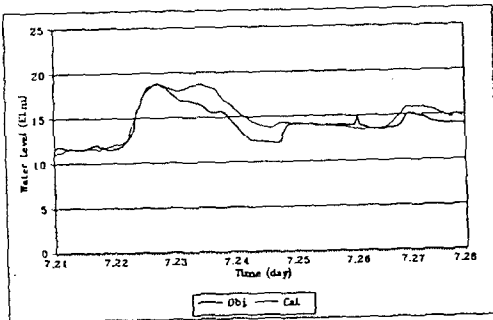


그림 5. 하도 홍수유지 복용결과 (1987년7월, 금강수계하구)

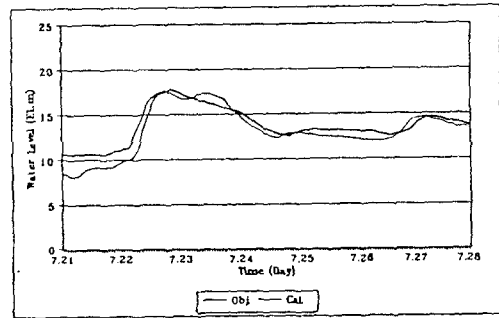


그림 6. 하도 홍수유지 복용결과 (1987년7월, 금강수계하구)