

# 지류 유입에 의한 영월지역의 홍수위 영향 분석

## Effect of Flood Stage in Yeongwol caused by Lateral Inflow

김지성\*, 김극수\*\*, 김 원\*\*\*, 김상호\*\*\*\*, 박상근\*\*\*\*\*  
Ji Sung Kim, Keuk Soo Kim, Won Kim, Sang Ho Kim, Sang Geun Park

### 요 지

한강과 평창강이 합류하는 지점에 위치한 영월지역은 지류인 평창강의 영향으로 역류 또는 지체가 발생할 가능성이 높은 홍수에 취약한 조건을 가지고 있다. 본 연구에서는 유역면적 차이가 크지 않은 평창강(1,773km<sup>2</sup>)과 합류점 상류의 한강(2,448km<sup>2</sup>)에서 유입되는 유량에 의한 영월지역의 홍수위 영향을 분석하였다. 비교적 충분한 실측수위자료에 비하여 실측유량자료의 부족으로 완전한 동역학적 모형을 이용한 조도계수 보정을 수행하였다. 보정된 모형을 이용하여 다양한 분류 및 지류의 유입량 조건에서 영월지점에 발생할 가능한 수위-유량 관계곡선의 변화를 살펴보고, 지류 유입에 따른 홍수위의 영향범위를 분석하였다. 분석결과, 영월지역에서는 지류유입량에 따라 매우 다른 수위-유량관계곡선들이 작성되었고, 영월지역은 평창강의 유입으로 인하여 동일한 유량에서 약 4.0m정도 수위차이가 발생하였으며, 지류 유입으로 인한 홍수위 변화는 합류점 상류 약 8km까지 미치는 것으로 분석되었다.

**핵심용어 : 지류유입, 합류점, 배수영향, 영월**

### 1. 서 론

영월지역은 2002년 집중호우, 태풍 '루사', 2003년 태풍 '매미' 등으로 반복적인 피해를 입었으며, 2006년에도 수위상승으로 주민들이 대피하는 일이 발생하였다. 이로 인하여 지난 2000년 오랜 논란 끝에 백지화되었던 영월 다목적댐(동강댐)의 필요성이 일부 지역 언론에서 제기되기도 하였다. 최근 이상기후에 따른 집중호우가 빈발함에 따라 2003년부터 매년 영월지점의 유량을 실측하여 수위-유량관계곡선을 작성하고 있으며, 2007년 4월 영월지점을 홍수예보지점으로 추가하여 홍수예보업무가 수행되고 있다. 영월지역은 한강과 평창강이 합류하는 지점으로 홍수에 취약한 조건을 가지고 있다. 즉 평창강 및 합류부의 영향으로 역류 또는 지체가 발생할 가능성이 높으며, 이로 인한 배수영향은 영월지역의 수위상승과 밀접한 관계가 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 유역면적 차이가 크지 않은 평창강(1,773km<sup>2</sup>)과 합류점 상류의 한강(2,448km<sup>2</sup>)에서 유입되는 유량에 의한 영월지역의 홍수위 영향을 분석하고자 한다.

본 연구의 주요 관심지점인 영월지점은 1917년 관측을 개시하여 현재까지 운영 중인 영월 수위관측소가 위치하고 있으므로 충분한 실측수위자료가 구축되어 있다. 그러나 충분한 수위자료에 비하여 실측유량자료가 부족하여 작성된 수위-유량관계곡선은 작성된 년도에 따라 상당한 차이를 보이고 있다. 2003년부터 영월지점에서 작성된 수위-유량관계 곡선도는 그림 1과 같다.

그림 1(a)로부터 각 년도에 작성된 수위-유량관계곡선을 확인할 수 있으며(건설교통부, 2003; 건설교통부,

\* 정회원·한국건설기술연구원 하천해안항만연구실 박사후연구원E-mail : jisungk@kict.re.kr  
\*\* 정회원·한국건설기술연구원 하천해안항만연구실 박사후연구원E-mail : keuksookim@kict.re.kr  
\*\*\* 정회원·한국건설기술연구원 하천해안항만연구실 책임연구원E-mail : wonkim@kict.re.kr  
\*\*\*\* 정회원·상지대학교 건설시스템공학과 교수E-mail : kimsh@sanji.ac.kr  
\*\*\*\*\* 정회원·국토해양부 한강홍수통제소 하천정보센터 시설연구사E-mail : sgpark@mltm.go.kr

2005; 건설교통부, 2006; 국토해양부, 2007), 각 식으로 산정된 유량은  $500\text{m}^3/\text{s}$  이하의 유량에 대해서 20% 이내의 오차로 큰 차이를 보이지 않고 있다. 그러나 일반측에 도시된 그림1(b)에서 알 수 있듯이 약 2.8m 수위에서 실측유량은 약  $650\text{m}^3/\text{s}$ 의 차이를 보이고 있으며, 약 4.6m 수위에서 약  $1,000\text{m}^3/\text{s}$ 의 유량차이를 보여 수위가 높아질수록 실측된 유량의 차이가 크게 나타나고 있다. 그리고 2003년 자료의 경우에는 비교적 큰 유량규모에서 실측된 값이 존재하지만, 이후의 실측 유량은  $5,000\text{m}^3/\text{s}$  이하의 유량만 실측되었다. 이와 같이 고유량 시기에 실측된 유량이 부족하고 고수위에서 실측된 유량의 편차가 큰 현재 상황에서 영월지점의 수위-유량관계를 분석하는 것은 상당히 어려운 일이다. 본 연구에서는 이러한 한계를 인지하고 충분한 유량자료를 확보하기 위하여 완전한 동역학적 모형을 이용한 조도계수 보정을 수행하였다.

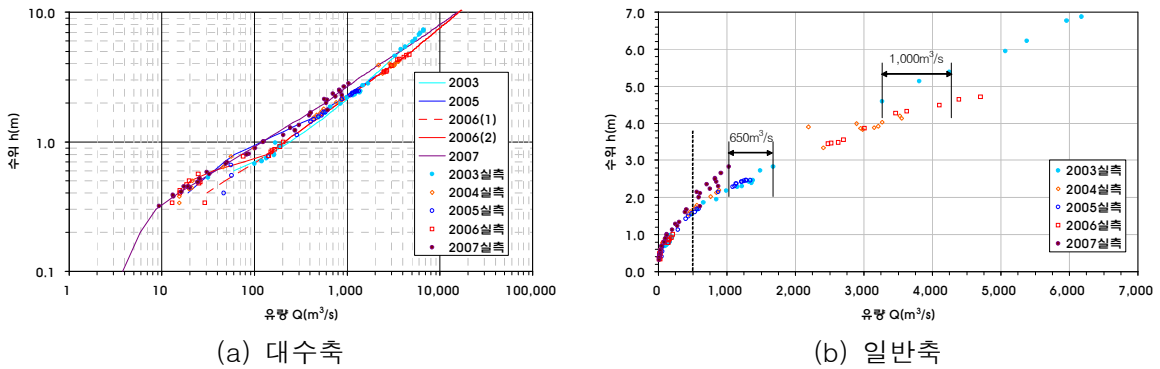


그림 1. 영월지점 수위-유량관계곡선

## 2. 동역학적 수리해석을 위한 기본방정식

본 연구에서는 평창강과 한강의 합류로 인한 영월지점의 수위영향을 평가하기 위하여 영월2 수위관측소에서 충주댐까지 113.136km 구간에 단면간격 100 ~ 600m로 449개의 단면자료를 구축하였고, 대상구간의 지류로 고려한 평창강의 경우는 측방유입량으로 고려하였다. 상류단 유량 및 지류 유량규모에 따른 수위해석을 위하여 NWS(미국 국립기상청)의 FLDWAV(Fread, 1998)를 사용하였으며, 모형의 지배방정식은 St. Venant 방정식으로 식 (1), (2)로 표현된다.

$$\frac{\partial (s(A + A_o))}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial (sQ)}{\partial t} + \frac{\partial (\beta Q^2/A)}{\partial x} + gA \left( \frac{\partial H}{\partial x} + S_f + S_e \right) = 0 \quad (2)$$

여기서,  $A$ 와  $A_o$ 는 흐름단면적과 저류단면적이며,  $\beta$ 는 운동량 보정계수이다.  $g$ 는 중력가속도,  $H$ 는 수위,  $Q$ 는 유량이다.  $s$ 는 사행계수이며,  $S_e$ 와  $S_f$ 는 각각 단면 확대·축소에 의한 손실경사와 마찰경사이다.

식 (1), (2)의 비선형 쌍곡선형 편미분방정식을 가중 4점 음해법(Fread, 1998)으로 전개하여 식 (3), (4)와 같은 유한차분모형이 구성된다.

$$\left[ \frac{(s(A + A_o))_{i+1}^{j+1} + (s(A + A_o))_{i+1}^{j-1} - (s(A + A_o))_i^{j+1} - (s(A + A_o))_i^{j-1}}{2\Delta t_j} \right] + \theta \left[ \frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}}{\Delta x_i} \right] + (1-\theta) \left[ \frac{Q_{i+1}^j - Q_i^j}{\Delta x_i} \right] = 0 \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
& \left[ \frac{(s Q)_i^{j+1} + (s Q)_{i+1}^{j+1} - (s Q)_i^j - (s Q)_{i+1}^j}{2 \Delta t_j} \right] \\
& + \theta \left[ \frac{(\beta Q^2/A)_{i+1}^{j+1} - (\beta Q^2/A)_i^{j+1}}{\Delta x_i} \right] + (1-\theta) \left[ \frac{(\beta Q^2/A)_{i+1}^j - (\beta Q^2/A)_i^j}{\Delta x_i} \right] \\
& + \theta \left[ g \bar{A}^{j+1} \left\{ \frac{H_{i+1}^{j+1} - H_i^{j+1}}{\Delta x_i} + \bar{S}_f^{j+1} + S_e^{j+1} \right\} \right] + (1-\theta) \left[ g \bar{A}^j \left\{ \frac{H_{i+1}^j - H_i^j}{\Delta x_i} + \bar{S}_f^j + S_e^j \right\} \right] = 0
\end{aligned} \tag{4}$$

여기서,

$$\begin{aligned}
\bar{A} &= \frac{(A_i + A_{i+1})}{2} & \bar{S}_f &= \frac{n^2 |\bar{Q}| \bar{Q}}{\varphi^2 \bar{A}^2 \bar{R}^{4/3}} & \bar{S}_f &= \frac{|\bar{Q}| \bar{Q}}{K^2} & \bar{K} &= \frac{(K_i + K_{i+1})}{2} \\
\bar{Q} &= \frac{(Q_i + Q_{i+1})}{2} & \bar{R} = \bar{D} &= \frac{\bar{A}}{B} & \bar{R} &= \frac{\bar{A}}{P} & \bar{B} &= \frac{(B_i + B_{i+1})}{2} & \bar{P} &= \frac{(P_i + P_{i+1})}{2}
\end{aligned}$$

### 3. 조도계수 보정 및 지류영향 분석

최근 비교적 큰 홍수사상인 2006년 홍수사상에 대한 동역학적 모형의 조도계수 보정을 수행하였다. 홍수 기간은 2006년 7월 12에서 7월 25일까지이며, 상류단 경계로 영월2 수위관측소의 유량수문곡선을 사용하였고, 하류단 경계로 충주댐 수위수문곡선을 사용하였다. 평창강은 영월1 수위관측소의 유량수문곡선을 사용하여 지류로 고려하였다. 대상구간의 영월 및 영춘 지점의 모형 보정결과를 그림 2에 나타내었다.

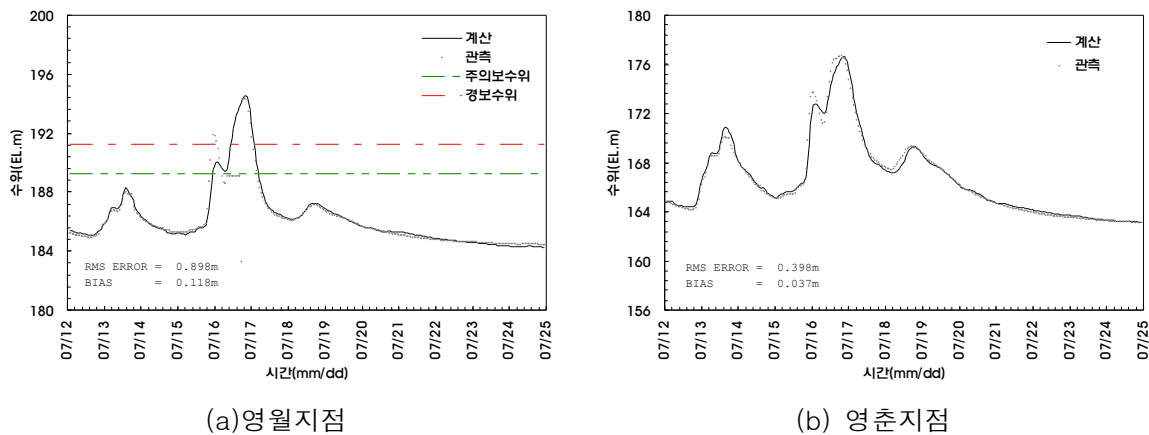


그림 2. 모형 보정결과

2006년 홍수사상은 2007년 설정된 영월지점의 주의보 및 경보수위를 초과하는 매우 큰 홍수였으며, 한강 상류경계인 영월2 지점의 첨두홍수량은  $7,000\text{m}^3/\text{s}$ 를 초과하고, 평창강 상류경계인 영월1 지점의 첨두홍수량은 약  $5,000\text{m}^3/\text{s}$ 였다. 따라서 저유량에서 고유량 규모까지 다양한 유량규모에서의 조도계수 보정이 가능한 사상이다. 그림 2(a)의 영월지점의 경우, 7월 16일 0시경 경보수위를 초과하는 수위를 재현하지 못하였다. 이는 영월지점의 상류인 영월2 수위기록에 이상이 있는 것으로 판단되며, 전반적으로 관측치와 계산결과가 잘 일치하고 있다.

보정된 모형을 이용하여 다양한 분류 및 지류의 유입량 조건에서 영월지점에 발생 가능한 수위-유량 관계곡선의 변화를 살펴보고, 지류 유입에 따른 홍수위의 영향범위를 분석하였다. 이를 위하여 분류인 한강의 유량은  $1,000\text{m}^3/\text{s}$ 에서  $9,000\text{m}^3/\text{s}$ 까지  $1,000\text{m}^3/\text{s}$  간격으로 9개의 유량규모를 고려하였으며, 지류인 평창강은  $0\text{m}^3/\text{s}$ 에서  $7,000\text{m}^3/\text{s}$ 까지  $1,000\text{m}^3/\text{s}$  간격으로 8개의 유량규모를 고려하였다. 한강분류 상류에

1,000m<sup>3</sup>/s가 지정되고, 평창강의 각 유량규모로 계산된 수면곡선은 그림 3과 같다. 그림 3에서 알 수 있듯이 영월지점은 평창강 유입의 영향에 의해 동일한 유량규모에서도 수위의 변화가 큼을 알 수 있으며, 지류 유입으로 인한 홍수위 변화는 합류점 상류 약 8km까지 미치는 것으로 분석되었다.

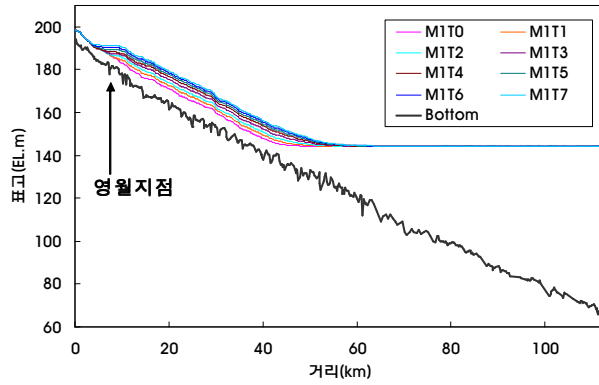


그림 3. 평창강 유입에 따른 한강본류 수위변화

본 연구에서 고려된 모든 경우에서 영월지점에 계산된 수위는 그림 4와 같다. 분석결과 영월지점은 평창강의 유입으로 인하여 동일한 유량에서 약 4.0m정도 수위차이가 발생하였으며, 본류 유량이 증가할수록 지류 유입의 영향은 점차 감소함을 알 수 있다. 비록 한강 상류부 유입량과 평창강 유입량의 차이가 최대 7배까지 발생한 것으로 가정된 본 연구결과는 비현실적인 것으로 판단되지만, 그림 1에서 분석된 바와 같이 동일한 수위에서의 유량차이가 크게 발생할 수 있음을 정성적으로 확인할 수 있다.

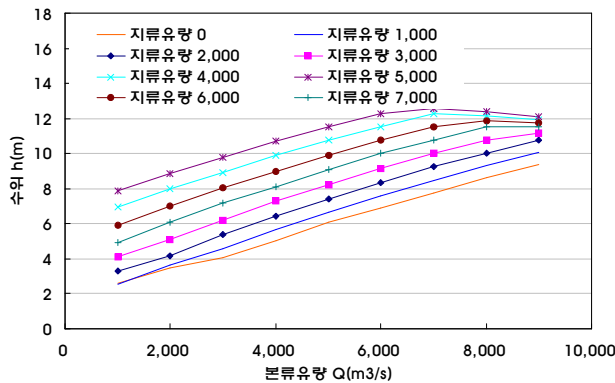


그림 4. 지류유입에 따른 영월지점의 수위변화

#### 4. 결론

비교적 충분한 실측수위자료에 비하여 실측유량자료의 부족으로 완전한 동역학적 모형을 이용한 보정을 수행하였다. 보정된 모형을 이용하여 다양한 본류 및 지류의 유입량 조건에서 영월지점에 발생 가능한 수위-유량 관계곡선의 변화를 살펴보고, 지류 유입에 따른 홍수위의 영향범위를 분석하였다. 분석결과, 영월지역에서는 지류유입량에 따라 상이한 수위-유량관계곡선들이 작성되었고, 영월지역은 평창강의 유입으로 인하여 동일한 유량에서 약 4.0m정도 수위차이가 발생하였으며, 지류 유입으로 인한 홍수위 변화는 합류점 상류 약 8km까지 미치는 것으로 분석되었다. 본 연구결과는 정상상태를 가정하고 평창강을 측방유입량으로 고려한 한계가 있다. 따라서 기존 영월지점에서 실측된 유량과 한강 및 평창강의 상류 유입유량과의 관계를 분석하

여 수치해석결과의 검증이 필요할 것으로 판단된다.

### 감 사 의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기술혁신사업(08기술혁신 F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. 건설교통부(2003). 한국수문조사연보(유량편)
2. 건설교통부(2005). 한국수문조사연보(유량편)
3. 건설교통부(2006). 한국수문조사연보(유량편)
4. 국토해양부(2007). 한국수문조사연보(유량편)
5. 국토해양부(2009). 충주댐 상하류 수리학적 홍수예측모형 개발
6. Fread, D.L.(1998). NWS FLDWAV MODEL : THEORETICAL DESCRIPTION, NWS, NOAA