

## 금강의 경관 향상을 위한 보의 위치변화

### Weir Relocation for Scenery Improvement of Geum River

정상만\*, 신광섭\*\*, 박석재\*\*\*, 이주현\*\*\*\*, 한규하\*\*\*\*\*

Sang Man Jeong, Kwang Seob Shin, Seok Chae Park, Joo Heon Lee, Kyu Ha Han,

#### 요    지

현재 우리나라에는 기능을 상실하고 노후화된 보가 경제적인 문제 등으로 인하여 철거되거나 적정한 위치로 이동되지 않고 그대로 방치되어 있다. 이러한 다수의 보는 상·하류간 단절을 가져와 하천 경관을 나쁘게 하고 국부적인 세율로 인하여 하상을 불규칙하게 만든다. 본 연구에서는 공주시의 대표적인 관광지인 공산성이 위치하고 있는 금강의 중류를 대상구간으로 설정하였으며, 해당 구간에는 2003년에 설치된 돌보를 기준으로 하류부에 불량한 경관이 발생하고 있다.

공산성 앞의 하천 구간은 공주대교 아래에 설치된 돌보로 인하여 보의 상류는 충분한 유량으로 인해 하천 경관이 좋은 반면, 하류는 경관을 위한 유지유량이 부족하여 아름다운 하천 경관을 창출하지 못하고 있다. 따라서 경관 향상을 위한 유량을 확보하기 위하여 보의 철거나 위치변화가 필요한 실정이다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 공주대교 아래에 설치된 보의 위치를 공산성 하류로 이동시키는 대안을 선정하여 그 적정성을 검토하였다. 보 위치변화의 적정성을 검토하기 위한 2차원 해석 모형으로는 하천의 흐름 특성 및 하상변동을 모의할 수 있는 SMS(Surface Water Modeling System ver.8.1)의 RMA2와 SED2D를 이용하였다. 2차원 해석 결과 보를 공산성 하류로 이동시켰을 때 유량의 증가와 하상복원으로 인하여 수위가 상승되는 것으로 나타났다.

대상구간에서의 모의 결과 보의 위치변화가 적정한 것으로 판단되었으며, 이로 인하여 공산성에서 바라보는 금강의 경관이 개선될 것으로 기대된다.

핵심용어 : SMS, RMA2, SED2D, 하천 경관, 보의 위치변화

#### 1. 서 론

국내에서 수변경관의 향상을 위해 수치모형을 적용하여 하천의 흐름특성을 분석한 연구는 외국에 비해 절대적으로 빈약하며, 최근에 와서 하천의 환경기능과 맞물려 그 중요성이 부각되고 있는 실정이다. 아름다운 하천 경관(River Scenery)을 창출하기 위해서는 경관의 유지를 위한 최소한의 유량이 확보되어야 한다.(건설교통부, 1999) 하지만 공주시의 대표적인 관광지인 공산성 앞의 하천 구간은 보가 하류부에 수량을 차단하여 불량한 경관이 발생하고 있다. 본 연구에서는 보의 위치를 공산성 하류로 이동시키는 대안을 선정하여 그 적정성을 검토하였으며, 1차원 모형의 문제점을 보완한 2차원 모형인 SMS(Surface Water Modeling System ver 8.1)의 RMA-2와 SED2D를 이용하여 보의 이동으로 인해 필연적으로 발생하게 되는 하천에서의 흐름특성과 하상변동을 모의하였다.

\* 정회원·공주대학교 건설환경공학부 교수 E-mail : smjeong@kongju.ac.kr

\*\* 정회원·공주대학교 건설환경공학과 석사과정 E-mail : ksshin@kongju.ac.kr

\*\*\* 공주대학교 건설환경공학과 박사과정 E-mail : ssanairo@empal.com

\*\*\*\* 정회원·중부대학교 사회기반시스템공학과 부교수 E-mail : leejh@joongbu.ac.kr

\*\*\*\*\* 공주대학교 건설환경공학과 석사과정 E-mail : khhan@kongju.ac.kr

## 2. 대상지역 현황

금강유역의 종류에 속하는 대상구간은 공주시일원인 청벽에서 곰나루까지 약 9.57 km 구간으로 선정하였으며, 이는 “금강수계 하천정비기본계획(건설교통부, 2002)”에서 No.82+980 ~ No.92+610의 위치에 해당된다. 그리고 공주대교(No.86+500)의 하류에는 해마다 관광객이 늘어나고 있는 관광지인 공산성이 위치하고 있고, 금강교(No.85+070)에는 공주수위관측소가 위치하고 있다. 공주수위관측소는 비교적 장기간에 걸쳐 수문 관측이 이루 어져 수문자료의 신뢰성이 높을 뿐만 아니라 흐름특성을 분석하는데 필요한 수문자료를 확보하는데 용이하다.

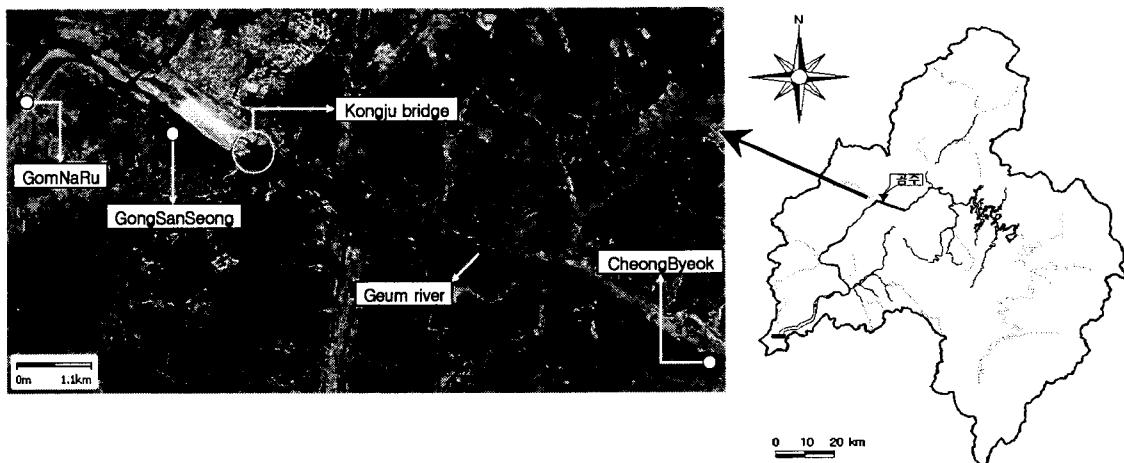


그림 1. 대상구간 위치도

공산성 앞에서 경관유지를 위해 필요한 유량은 이미  $151.4 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 결정된 바 있다.(건설교통부, 1999) 하지만 공주수위관측소에서의 평상시 유량은 경관을 위해 필요한 유량보다 부족한 실정이다. 그리고 공산성 앞 하천구간과 백제대교 지점에서 하상 및 교각의 세굴이 심각한 것으로 관측되었으며, 이러한 세굴은 아름답지 못한 하천 경관을 야기시킨다. 그림 2는 보의 상·하류 및 백제대교의 전경을 보여주고 있다.



그림 2. 보의 상·하류 및 백제대교 전경

공주대교 아래에 설치된 보(No.86+500)는 공주시의 상수원 취수목적으로 2003년에 설치되었으며, 돌을 쌓아서 만든 돌보의 형식을 취하고 있다. 이 보가 설치된 이후 여러 문제점이 발생하고 있는데 그 중 대표적인 문제점은 보가 하류로의 수량을 차단하여 경관을 위한 유지유량을 만족하지 못하고 있는 점이다. 그리고 한국수자원공사에서 시행하고 있는 광역상수도망 사업으로 인해 공주시는 2008년부터 대청댐으로부터 상수원을 취수할 계획에 있다. 이렇게 되면 취수용 보로써의 그 설치목적을 상실하게 될 것이다. 이밖에도 보 하류의 하상 및 교각에 많은 세굴이 작용하는 등 여러 문제점들이 있다. 따라서 경관과 교각세굴의 문제점을 해결하기 위하여 보의 위치를 기존위치에서 하류방향으로 1.9 km 떨어진 지점(No.84+600)으로 이동시키는 대안을 선정하였다.

### 3. 모형의 적용 및 결과분석

#### 3.1 모형의 소개

SMS(Surface water Modeling System ver8.1)는 1차원, 2차원 그리고 3차원 동수역학적 모형을 위한 원도우용 활용프로그램으로 미 육군공병단의 수리실험국과 미 연방도로국이 연계하여 Brigham Young University에서 개발하였다.(EMRL, 2000) SMS는 4가지 부모형으로 구성되는데 본 연구에서는 흐름특성과 하상변동을 모의할 수 있는 RMA-2 모형과 SED2D 모형을 사용하였다.

##### 3.1.1 RMA-2 모형

하천의 구간에서 자유표면, 상류흐름의 수평방향 유속성분과 수위를 계산하는 RMA-2 모형은 Navier-Stokes 방정식에 난류의 흐름을 고려한 Reynolds 방정식으로 유한요소의 해를 계산하며, 정상류뿐만 아니라 부정류에서도 모의가 가능하다.

##### 3.1.2 SED2D 모형

SED2D 모형은 모래하상과 점토질하상에 대하여 하상변동과 부유사농도를 분석할 수 있는 모형으로 STUD-H라고 불리우는 프로그램의 개정판이다. SED2D 모형은 자체적으로 수위와 유속을 계산할 수 없기 때문에 RMA-2 모형에서 계산된 수위와 유속 값을 사용한다. 이 때 SED2D 모형에서 계산되는 하상의 변동으로 인해 흐름에 막대한 영향을 미치지 않는다는 기본가정이 주어져 있다.(EMRL, 2000)

#### 3.2 입력자료

공산성 앞 하천 구간에서 수위변화를 분석하기 위한 RMA-2 모형의 입력자료는 상류와 하류의 경계조건, 난류환산계수, 조도계수 값 등이 있다. 상류와 하류의 경계조건인 유량과 수위 값은 공주수문관측소의 2000년부터 2006년까지 7년간의 자료 중 하상의 변동에 영향을 미칠 수 있는 홍수시 15개 사상의 값을 이용하였다.

하상변동을 모의할 수 있는 SED2D 모형은 RMA-2 모형을 실행시킨 후 이의 동력학적 출력파일을 이용하여 실행하게 된다. SED2D 모형의 입력자료는 부유사 농도, 하상재료에 대한 자료 등이 있으며, 부유사 농도는 금강의 유하량-유사량 상관도의 방정식에 의해 이미 산정된 값을 이용하였다.(건설교통부, 2002)

표 1. RMA-2와 SED2D의 입력자료(EMRL, 2000, 건설교통부, 2002)

Item	Value	Model
Upstream boundary condition(mean)	1,926 m <sup>3</sup> /s	RMA-2
Downstream boundary condition(mean)	16.42 m	
Turbulent exchange coefficient	1,500 N·sec/m <sup>2</sup>	
Roughness coefficient	0.027	
Water temperature	15 °C	
Floating company consistency(mean)	542 ppm	
Crank-Nicholson $\theta$	0.67	
Dispersion coefficient	100 m <sup>2</sup> /sec	
Settling velocity	0.155 m/sec	
Grain shape factor	0.67	
Characteristic deposition length factor	1.0	SED2D
Characteristic erosion length factor	10.0	
Thickness	1 m	
Sand grain roughness	0.032	
Sand grain size	0.07 mm	

#### 3.3 모형의 검증

대상구간의 흐름특성 및 하상변동을 분석하기 위하여 사용된 모형의 신뢰성을 확보하기 위하여 RMA-2 모

형에서 모의된 수위값과 1차원 HEC-RAS 모형에서 모의된 수위값 그리고 금강수계 하천정비기본계획의 수위값(건설교통부, 2002)을 비교하여 모형의 검증을 수행하였다.

### 3.4 유한요소망(Finite element mesh)

“금강수계 하천정비기본계획(건설교통부, 2002)”의 종횡단면도와 1:5,000 수치지도를 이용하여 대상구간의 지형자료를 구축하였으며, 이 지형자료를 바탕으로 유한요소망(Finite element mesh)을 작성하였다. 전체구간은 총 8,582개의 절점(node)과 총 3,003개의 요소망(element)으로 구성된다. 그림 3은 대상구간의 유한요소망을 보여주고 있으며, 교량과 보가 위치한 지점에서는 보다 세밀한 흐름분석을 위하여 조밀한 요소망이 구축된 것을 알 수 있다.

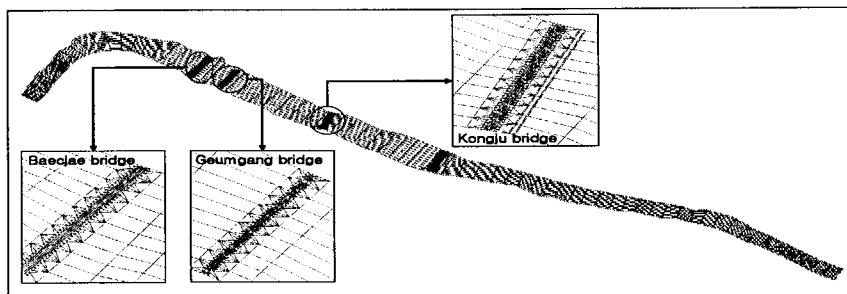


그림 3. 대상구간의 유한요소망

### 3.5 2차원 해석 결과

본 연구에서는 보 위치변화의 적정성을 검토하기 위하여 보의 위치가 현재일 때(No.86+ 500)와 이동되었을 때(No.84+ 600)의 지형자료를 각각 구축하였으며, 이를 토대로 2000년부터 2006년까지 7년간의 자료중 하상의 변동에 영향을 미치는 15개 홍수사상(Flood events)에 대하여 RMA-2 모형을 이용하여 부정류 해석을 실시하였다. 그리고 RMA-2 모형에서 계산된 결과를 이용하여 동일한 시간간격으로 SED2D 모형을 실행하였다. RMA-2와 SED2D에 의해 모의된 전체 대상구간의 결과에서 공산성 앞의 하천구간 약 1.9 km에 대하여 흐름특성과 하상변동을 분석하였으며, 표 2에 나타내었다.

표 2. 각 홍수사상(Flood events)에 대한 수위 및 하상변동 비교

Flood events	Stage(m)			Riverbed change(m)	
	Observed	Existing weir	Relocated weir	Existing weir	Relocated weir
1('00 7.23)	6.68	7.54	8.17	-0.33	0.05
2('00 8.25)	5.45	5.99	6.49	-0.28	0.14
3('00 9.15)	8.25	9.10	10.02	-0.25	-0.02
4('02 8.07)	7.26	7.87	8.64	-0.36	0.11
5('02 9.01)	5.67	6.02	6.65	-0.30	0.12
6('03 7.09)	4.83	5.56	6.10	-0.31	0.09
7('03 7.13)	5.91	6.34	7.12	-0.21	0.12
8('03 7.22)	5.90	6.40	7.45	-0.25	0.11
9('03 9.13)	5.46	6.15	7.19	-0.29	0.03
10('04 6.20)	6.27	6.74	7.57	-0.32	-0.08
11('04 7.16)	5.82	6.08	6.71	-0.38	-0.01
12('05 7.11)	7.13	7.86	8.73	-0.29	0.14
13('05 9.18)	5.50	6.37	7.18	-0.26	0.11
14('06 7.16)	6.08	7.01	8.12	-0.34	0.14
15('06 8.19)	12.11	12.56	13.10	-0.30	0.13
Mean	6.55	7.17	7.95	-0.30	0.08

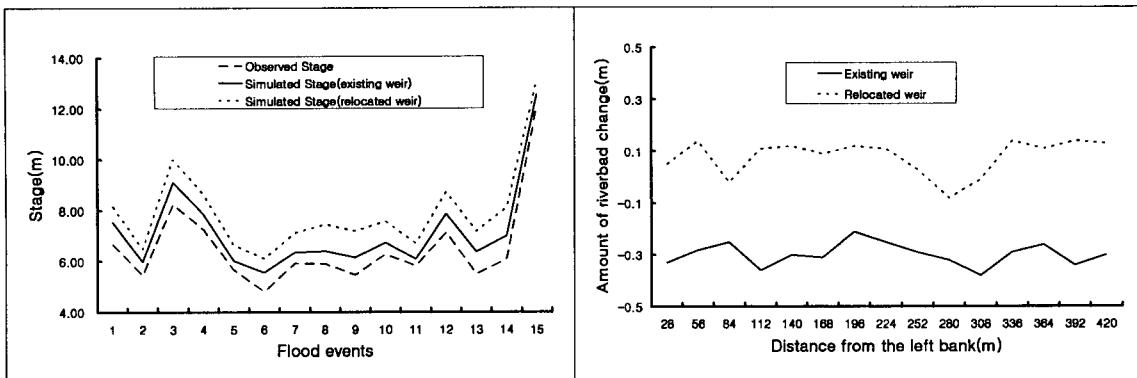


그림 4. 수위 비교(공산성 앞 1.9km 구간)

그림 5. 하상변동 비교(공주수위관측소 단면)

RMA-2 모형을 이용하여 공산성 앞 하천 구간에서 수위를 분석한 결과 보의 위치가 이동되었을 때 현재위치에 있을 때 보다 수위가 0.78 m 상승되는 것으로 모의되었으며, SED2D 모형을 이용하여 하상변동을 분석한 결과 보가 현재위치에 있을 때 공주수위관측소의 횡단면에서 평균 0.3 m의 침식이 발생한 반면, 보의 위치가 이동되었을 때는 평균 0.08 m의 퇴적이 발생되는 것으로 모의되었다.

그리고 보가 현재위치에 있을 때와 이동되었을 때의 유속분포는 각각 0.31~2.27 m/sec 및 0.27~1.97 m/sec로 모의되었다. 특히, 교각세굴이 심하게 관측된 백제대교 지점에서의 최대유속은 보가 이동되었을 때 0.25~0.37 m/sec만큼 감소되는 것으로 나타났다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 공산성에서 바라보는 금강의 경관을 향상시키기 위하여 보를 기존 위치에서 하류방향으로 1.9 km를 이동시키는 대안을 선정하였으며, 이로 인해 발생되는 흐름특성 및 하상변동을 2차원 모형에 의해 정량적인 분석을 실시하였다. 그리고 모형의 검증을 위하여 HEC-RAS 모형의 결과와 비교하였으며, 두 모형에서 계산된 수위가 비교적 일치되는 것으로 나타났다. 또한 대상구간에 적용된 2차원 모형은 1차원 모형에 비해 동일 단면에서 보다 세밀한 흐름특성을 분석할 수 있을 뿐만 아니라 구조물과 지류의 영향까지도 고려할 수 있어서 보다 정확한 수위변화 및 하상변동을 나타낼 수 있었다.

대상구간에 대하여 RMA-2 모형과 SED2D 모형을 이용하여 수리분석을 실시한 결과 변경된 보의 위치에서 공산성 앞 하천 구간의 수위가 0.78 m 상승되는 것으로 나타났다. 이로 인해 유속 또한 적절한 분포를 보였으며, 하상의 퇴적으로 인해 하상복원이 이루어지는 것으로 나타났다. 이러한 2차원 해석결과를 토대로 보의 위치변화가 적정한 것으로 판단되었으며, 수변경관을 위한 유지유량이 확보되어 경관이 개선될 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

- 건설교통부, 대전지방국토관리청(2002). 금강수계 하천정비기본계획.
- 건설교통부, 대전지방국토관리청(1999). 금강수계 하천유지유량 산정 보고서.
- 한국수자원학회(2002). 제10회 수공학 웍샵 교재.
- Environmental Modeling Research Laboratory(2000). SMS(Surface Water Modeling System) RMA-2 version 4.3 User's Manual.
- Environmental Modeling Research Laboratory(2000). SMS(Surface Water Modeling System) SED-2D-WES version 7.0 User's Manual.