

# 보 철거 후 하도내 흐름특성 변화

## The Change of Stream Flow Characteristics after Removing Small Dam

이배성\*, 정소영\*\*, 정동국\*\*\*, 이상진\*\*\*\*

Bae Sung Lee, So Young Jeong, Dong Kug Jeong, Sang Jin Lee

### 요 지

현재 우리나라에서는 하천의 개수사업 및 교량, 제방 등과 같은 수공구조물 설계시 계획 홍수위를 산정하는데 있어 실무에서는 1차원 모형인 HEC-RAS 모형이 널리 이용되고 있다. 그러나 HEC-RAS 모형과 같은 1차원 모형의 경우 모형의 한계로 인해 하폭의 확대, 축소, 만곡부 및 섬 등과 같은 장애물 존재시 하천횡단면에 따른 수위 및 유속변화를 표현하는데 많은 어려움이 있으며, 이런 한계로 인해 1차원 모형만을 이용하여 하도 및 하천공간계획을 수립하기란 사실상 불가능하다. 또한 최근 들어 하천기능에 대한 인식이 과거 홍수소통, 용수이용 등 이·치수중심에서 인간과 다양한 생명체가 공존하는 서식처로서의 기능을 부여하는 생태하천의 개념으로 변화하는 추세이며, 이와 같이 변화된 패러다임하에서 생태하천복원사업 등과 같은 하천 관련 사업추진 시 합리적인 하도 및 하천의 공간계획을 수립하기 위해서는 하도내 2차원 흐름특성 등과 같은 기초자료가 절실히 요구된다. 따라서, 본 연구에서는 합리적인 하도 및 하천의 공간계획을 수립하기 위한 기초자료를 제공함은 물론, 보 철거에 따른 하도내 흐름개선 효과를 분석하기 위해 연구대상 하천인 두계천에 대하여 2차원 수치모의를 통한 하도내 흐름특성 변화를 조사하였다. 본 연구에서 선정한 2차원 모형으로는 유한요소법에 기반을 둔 RMA-2모형의 범용프로그램인 SMS 모형을 선정하였고, 1차원 수치해석을 통하여 선정된 하류단의 경계조건을 적용하여 2차원 수리특성 분석을 실시하였다. 분석결과 철거대상 취수보 15개에 대하여 보철거 후 수위에 대한 개선 효과는 금압보를 제외한 대부분의 보 철거 구간에서는 그리 크지 않은 것으로 나타난 반면, 보 철거에 따른 유속의 개선효과는 대부분 큰 것으로 나타났다.

**핵심용어 : 생태하천, 하천공간, 보 철거, 2차원 흐름분석**

### 1. 서론

현재 우리나라에서는 하천의 개수사업 및 교량, 제방 등과 같은 수공구조물 설계시 계획 홍수위를 산정하는데 있어 실무에서는 1차원 모형인 HEC-RAS 모형이 널리 이용되고 있다. 그러나 HEC-RAS 모형과 같은 1차원 모형의 경우 모형의 한계로 인해 하폭의 확대, 축소, 만곡부 및 섬 등과 같은 장애물 존재시 하천횡단면에 따른 수위 및 유속변화를 표현하는데 많은 어려움이 있으며, 이런 한계로 인해 1차원 모형만을 이용하여 하도 및 하천공간계획을 수립하기란 사실상 불가능하다. 또한 최근 들어 하천기능에 대한 인식이 과거 홍수소통, 용수이용 등 이·치수중심에서 인간과 다양한 생명체가 공존하는 서식처로서의 기능을 부여하는 생태하천의 개념으로 변화하는 추세이며, 이와 같이 변화된 패러다임하에서 생태하천복원사업 등과 같은 하천 관련 사업추진 시 합리적인 하도 및 하천의 공간계획을 수립하기 위해서는 하도내 2차원 흐름특성 등과 같은 기초자료가 절실히 요구된다. 맹승진 등(2005)은 화천댐 하류부에 대해 2차원 수리특성분석을 실시함으로써

\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 위촉연구원 · E-mail : baesung@hannam.ac.kr  
\*\* 정회원 · 동부엔지니어링 수자원환경부 과장 · E-mail : 9dmkby@dongbueng.co.kr  
\*\*\* 정회원 · 한남대학교 공과대학 토목환경공학과 교수 · E-mail : dkjeong@hannam.ac.kr  
\*\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 선임연구원 · E-mail : sjlee@kowaco.or.kr

써 어도설치를 위한 기초자료를 제공하였으며, 김현석 등(2004)은 SMS모형을 이용하여 보 철거로 인한 하상 변동 양상을 분석한 바 있다.

본 연구에서는 합리적인 하도 및 하천의 공간계획을 수립하기 위한 기초자료를 제공함은 물론, 보 철거에 따른 하도내 흐름개선 효과를 분석하기 위해 연구대상 하천인 두계천에 대하여 2차원 수치모의를 통한 하도내 흐름특성 변화를 조사하였다. 본 연구에서 선정된 2차원 모형으로는 유한요소법에 기반을 둔 RMA-2모형의 범용프로그램인 SMS 모형을 선정하였고, 1차원 수치해석을 통하여 선정된 하류단의 경계조건을 적용하여 2차원 수리특성 분석을 실시하였다.

## 2. 2차원 수치모의를 위한 입력자료 구성

본 연구의 분석대상 구간으로는 삼계천 합류후 지점 ~ 두계천의 종점인 갑천합류부로 분석대상 구간의 총 연장은 14.823km이고, 상·하류의 최심하상고 표고차는 50.31m이다. 이와 같은 구간을 하나의 시스템으로 구성하여 2차원 수리특성 분석을 실시하는데 많은 문제점이있다. 따라서, 본 연구에서는 그림 1에서 보는 바와 같이 과업대상 구간을 총 4개의 구간으로 분할하여 2차원 수리특성분석을 실시하였으며, 분할대상 지점으로는 두계천 하천정비 기본계획(대전직할시, 1993)에서 기산정한 홍수량 산정지점으로 하였다.

그림 1에서 보는 바와 같이 본 과업에서는 2차원 수치모의시 분석 대상 하천을 여러 소구간으로 나누어 모의함에 따라 경계조건의 잦은 변화가 수치모의의 결과에 악영향을 미칠 수 있다. 일반적으로 수치모의에서 경계조건 및 합류부에 의한 영향은 1~2km 상·하류까지 발생하는 것으로 알려져 있으며, 본 연구에서는 수치모의의 계산 결과에 영향을 미치는 범위를 명확히 판별함과 동시에 수치모의의 계산결과의 정확도를 높이고자 구간 접합단으로부터 상·하류 약 1km 전·후단면까지 계산 범위를 확장하였다.

2차원 수치모의적용에 앞서 입력자료인 지형자료는 1차원 모형에서와 같이 대상 하천구간의 종단 및 횡단 측량 자료를 이용하여 그림 2와 같이 현상황에 대한 지형자료를 구축하였다. 그림 2의 지형자료 구축시 미소 단면 변화는 고려하지 않았으며, RMA-2 User's Manual(U.S. Army Corps of Engineers, 1997)에 의하면 RAM-2 모형의 주요 한계점 중 하나가 사류흐름 등과 같은 복합흐름 모의가 불가능함을 명시하고 있는 바, 본 과업에서는 낙차공 등과 같은 하천 횡단구조물의 전·후 단면에 대하여 미소 경사 조정을 실시하여 수치발산을 방지하는 지형자료를 구축하였다.

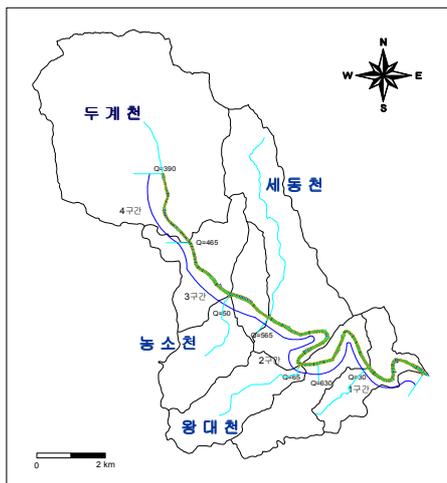


그림 1. 분석 대상구간 설정

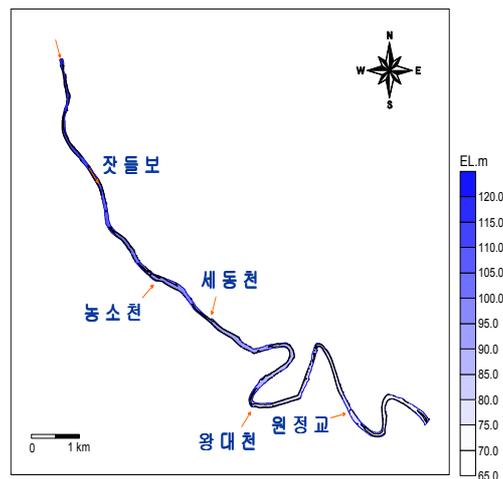


그림 2. 현상황에 대한 지형자료 구축

본 연구에서는 복잡한 지형을 좀더 정확하게 표현하기 위해 1구간은 총 4241개의 요소(Element)와 8420개의 절점(Node), 2구간은 총 3469개의 요소와 6954개의 절점, 3구간은 총 3168개의 요소와 6349개의 절점, 마지막으로 4구간은 총 1741개의 요소와 3524개의 절점으로 구성된 격자 시스템을 구성하였다.

2차원 수치모의 분석시 상류단의 경계조건으로는 1차원 수치모의 시와 같이 두계천 하천정비 기본계획(대전직할시, 1993)에서 기산정한 계획빈도 100년 빈도에 대한 설계홍수량을 각 구간별 상류단의 경계조건으로 하였으며, 각 구간별 상류단의 경계조건으로 1구간은 630 CMS, 2구간은 515 CMS, 3구간은 465 CMS, 그리고, 4구간은 390 CMS이다. 또한 하류단의 경계조건으로는 계획홍수위를 기점수위로 하여 1차원 수치모의를 통해 산정된 수위를 각 구간별 하류단의 경계조건으로 설정하였으며, 모의 대상구간에서의 초기조건을 이와 같은 값으로 하였다. 각 구간별 하류단의 경계조건 및 초기조건으로 사용된 수위는 각각 1구간 EL.74.69m, 2구간 EL.85.77m, 3구간 EL.96.11m, 그리고, 4구간 EL.109.44m이다.

### 3. 현상황에 대한 2차원 수치모의 결과

본 연구에서는 앞서 언급한 바와 같이 2차원 수치모의 시 수치모의상의 한계로 인하여 과업대상 하천인 두계천을 불가피하게 총 4개의 구간으로 분할하여 모의하였다. 따라서, 2차원수치모의계산 결과를 1차원 수치모의의 결과와 비교·검증하기 위해서는 분할 모의된 구간을 두계천 전구간으로 합성하는 작업이 이루어져야 할 것이며, 이는 두계천 전구간에 대한 하도 및 하천의 공간계획을 설정하는데 반드시 필요한 작업이다.

분할된 분석구간을 전 구간으로의 합성은 분할 대상지점을 기준으로 각 구간간의 중첩되는 단면을 합성함으로써 얻어질 수 있으며, 각 구간에서 중첩단면의 2차원 수치모의 분석 오차가 최소가 되는 지점으로 하여 각 구간간을 합성한다면, 상·하류단의 경계조건으로 인해 발생하는 오차를 최소화 할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 분할 구간간의 합성지점으로는 수심, 수위, 그리고, 유속항목 등을 종합적으로 고려하여 각 구간간의 분석 오차가 최소가 되는 지점으로 선정하였다. 분석 결과 1~2구간의 상·하류단 경계조건에 대한 영향이 분할점으로부터 약 400m까지 영향을 받으며, 2~3구간 및 3~4구간에서는 각각 약 200m 및 450m까지 상·하류단 경계조건에 대한 영향이 미치는 것으로 나타났다. 다음 그림 3은 분석대상 하도 중심에서의 유량규모별 상·하류경계조건에 따른 영향분석을 나타낸 것으로 그림에서 영향거리가 (-)인 것은 상·하류경계조건에 대한 영향이 하류방향으로 나타나는 것을 의미한다.

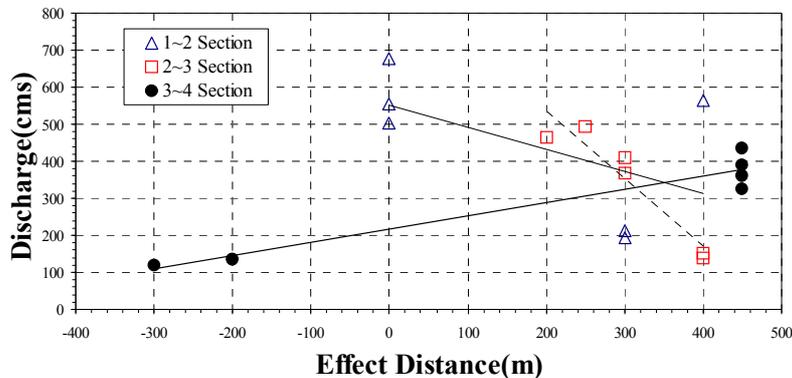
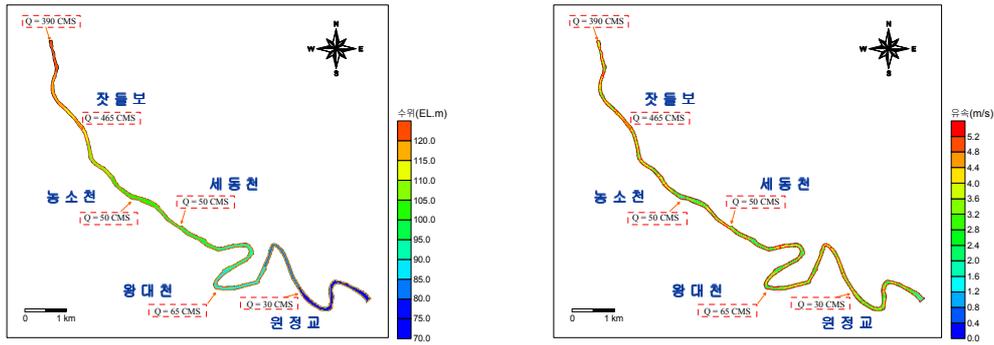


그림 3. 유량규모별 상·하류경계조건에 따른 영향분석

본 연구에서는 위에서 언급한 바와 같이 각 구간별로 분할 모의된 분석결과를 상·하류단 경계조건에 대한 영향이 최소인 지점을 기준으로 합성하였으며, 이로부터 본 연구의 분석대상 하천인 두계천 전 구간에 대하여 2차원 수치모의의 결과를 얻을 수 있었다. 분석대상 하천 전구간에 대한 수위 및 유속분포는 그림 4와 같다.

현상황(취수보 제거 전)에 대한 2차원 수치모의 결과 분석 대상 구간별로 최대 유속은 취수보 인근 단면 및 만곡부가 존재하는 곳에서 발생하였다. 총 4개의 분석대상 구간 중 4m/s 이상의 고유속이 빈번하게 발생하는 구간은 구간내에 가장 많은 보가 존재하는 23구간으로 나타났으며, 이 구간에서는 5m/s이상의 고유속을 나타내는 구간이 발생하였다. 또한, 만곡부의 만곡시점에 보가 존재하는 구간에서는 고유속의 범위가 좀더 확산되어 나타났다.



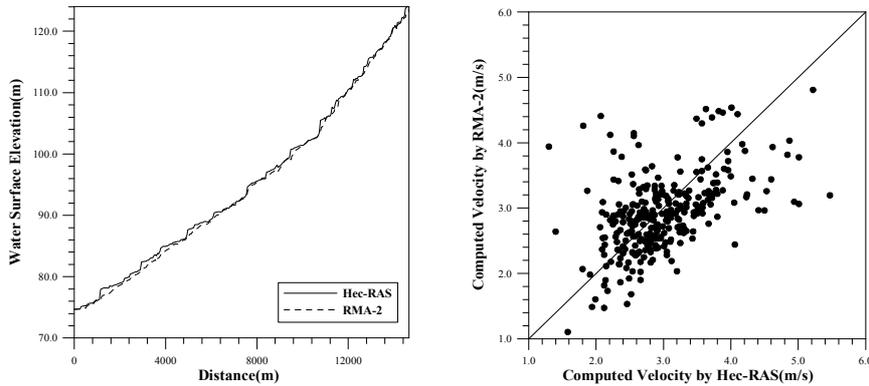
(a) 수위분포

(b) 유속분포

그림 4. 현상황(보철거 전)에 대한 2차원 수치모의 결과

#### 4. 1·2차원 수치모의 결과 비교 및 검증

본 연구의 대상구간인 두계천 전구간의 현상황에 대한 2차원 수치모의 결과를 비교·검증하기 위하여 1차원 수치모의 결과를 이용하였으며, 그 결과는 그림 5와 같다. 그림 5에서 보는 바와 같이 2차원에 대한 수치모의가 비교적 잘 이루어진 것으로 나타났으며, 수위 및 유속분포가 1차원 모형에 비해 다소 작게 모의되었다. 이는 2차원 모형의 대표적인 특성인 중·횡방향 확산으로 인해 발생하는 것으로 판단된다.



(a) 수위분포

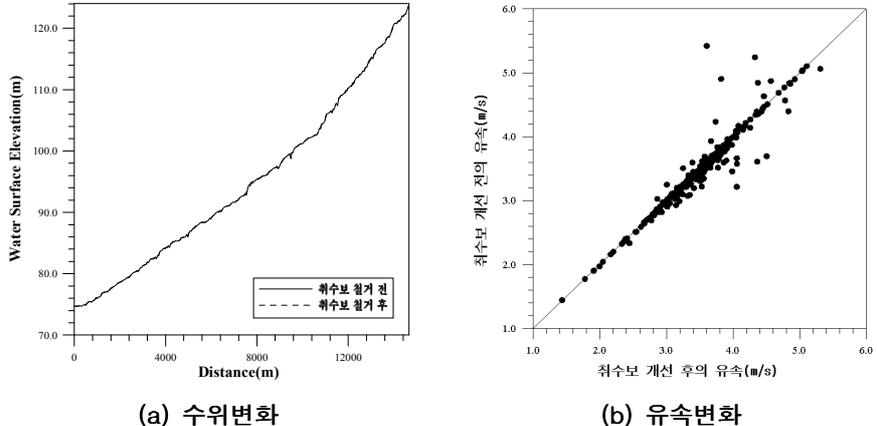
(b) 유속분포

그림 5. 현상황(보철거 전)에 대한 1·2차원 수치모의 결과 비교 및 검증

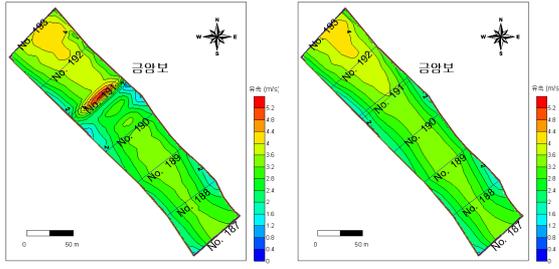
#### 5. 보철거 후 상황에 대한 2차원 수치모의 결과

취수보 철거에 따른 개선효과를 분석하기 위해 취수보 철거 후 상황에 대한 2차원 수치모의를 실시하였으며, 철거 대상 취수보로는 금암보 외 14개 취수보이다. 다음 그림 6은 취수보 철거에 따른 수리특성 개선효과를 나타낸 것으로 그림 6에서 보는 바와 같이 보철거 후 수위에 대한 개선효과는 금암보(0.8m 개선) 단면 부근에서 가장 큰 효과를 나타내었으며, 특히, 취수보 철거 단면의 상류방향으로 뚜렷한 수위 저감 효과(최소 0.1m ~ 최대 0.5m)를 나타내었다. 또한, 보 철거에 따른 유속의 개선효과는 분석대상 전구간에 걸쳐 대부분 큰 것으로 나타났으며, 특히, 금암보 단면 부근에서는 1m/s 이상의 유속이 저감되었다(그림 7). 보 철거에 따른 유속변화의 영향은 철거 단면을 기준으로 상·하류 전반에 걸쳐 개선효과가 큰 것으로 나타났고, 철거 보 단면부근에서 횡방향으로 넓게 나타났던 고유속 분포가 보 철거로 인해 저감되어, 종방향으로 확산·분할되어 나타났다. 그러나, 취수보와 만곡부가 함께 존재하는 새과장보 단면부근(그림 8)에서의 유속분포는 만곡부

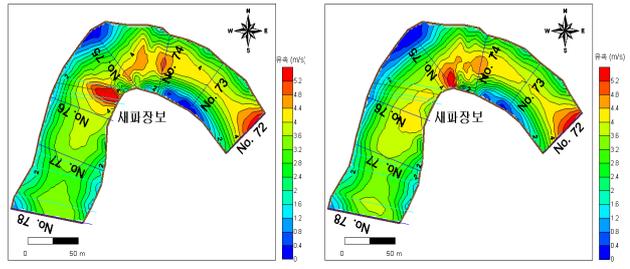
구간에서 지형적인 요인으로 발생하는 고유속으로 인해 다른 보 철거 단면에 비해 개선효과가 그리 크지 않은 것으로 나타났다. 그림 8에서 보는 바와 같이 새파장보 부근에 존재했던 고유속은 만곡부의 시점으로 전이되는 양상을 나타내었으나, 구간 전체적으로 발생했던 고유속의 범위를 저감시키는 기능을 하였다.



(a) 수위변화 (b) 유속변화  
**그림 6. 취수보 철거에 따른 수리특성 개선효과 분석**



(a) 보 철거 전 유속 (b) 보 철거 후 유속  
**그림 7. 금암보 부근에서의 유속변화**



(a) 보 철거 전 유속 (b) 보 철거 후 유속  
**그림 8. 새파장보 부근에서의 유속변화**

**6. 결론**

본 연구에서는 연구대상 하천인 두계천에서의 취수보 철거에 따른 개선효과를 분석·검토하기 위해 2차원 모형을 이용한 수리특성분석을 실시하였으며, 분석결과 철거대상 취수보 15개에 대하여 보철거 후 수위에 대한 개선 효과는 금암보를 제외한 대부분의 보 철거 구간에서는 그리 크지 않은 것으로 나타난 반면, 보 철거에 따른 유속의 개선효과는 대부분 큰 것으로 나타났다. 생태하천복원사업 등과 같은 하천관련 사업추진 시 본 연구에서와 같이 2차원 모형을 이용한다면 합리적인 하도 및 하천의 공간계획을 수립하기 위한 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

**참 고 문 헌**

1. 김현석, 노영신, 이진수, 윤병만(2004). SMS모형을 이용한 보 철거 후의 하상변동, 2004년도 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 241.
2. 대전직할시(1993). 두계천 하천정비 기본계획.
3. 맹승진, 황만하, 이배성(2005). 화천댐 하류 어도설치를 위한 수리특성 분석, 대한토목학회 정기학술대회 논문집, pp. 1859-1862.
4. U.S. Army Corps of Engineers(1997). User's Guide to RMA2 WES Version 4.3, Waterways Experiment Station Hydraulics Laboratory, WexTech System, Inc., New York.