

# 하천 합류부에서 지류단턱에 따른 수리학적 특성

## Hydrological Properties Depending on River Bed Elevation Gap at Confluence

김현겸\*, 한진영\*\*, 김철문\*\*\*, 안원식\*\*\*\*

Hyun Kyum Kim, Jin Young Han, Chul-Moon Kim, Won Sik An

### 요 지

본 연구에서는 자연하도 합류부의 수리학적 특성을 파악하기 위하여 45° 합류각을 가진 실험수로에서 수리모형실험을 실시하고, 2차원 SMS모형의 RMA2 모듈을 이용한 수치해석을 실시하였다. 연구를 위하여 최근 대두되고 있는 본류를 준설함에 따라 발생하는 본류와 지류의 하상고 차이에 따른 합류부의 흐름특성을 검토 하였다.

**핵심용어 : 합류부, 하상고, 단턱**

## 1. 서론

현재 미국, 일본 등 선진외국에서는 하천 합류부에서의 하천설계, 하천정비, 하도관리 하천시설물 진단 등에서 창의성을 바탕으로 질적 안전성을 높이는 하도설계 기술을 개발하여 적용하고 있으나, 국내에서는 제방 축조 및 표준단면에 의한 양적 안전성을 강화하는 단계에 머물러 있어 하천을 둘러싸고 높아지는 사회적 요구를 충족시키지 못하고 있다.

국내의 합류부에 대한 연구는 외국의 연구에 비해 부족한 상태이며 최근 4대강 살리기 사업과 관련하여 하천 합류부의 관심이 높아지고 있다.

박용섭(2003)은 합류부에서 유량 및 접근각도 변화에 따른 수리학적 특성 분석을 통하여 수로 길이 450cm, 본류의 수로 폭 40cm, 지류의 수로 폭 32cm, 수로 높이 40cm인 개수로 실험 장치를 이용하여 수리모형실험을 수행하였다. 결과 합류부의 접근각도, 상류부 유량 및 본류와 지류의 유량비가 증가할수록 합류부의 정체구간이 증가하며 이로 인해 상류로부터 이동된 유사의 퇴적이 증가할 것 이라고 하였다. 최계운 등(2004)은 90°로 합류되는 자연하천 단면을 재현하여 모형수로에서 합류부에 대한 수리특성을 분석하였으며 합류부를 중심으로 본류와 지류에서 발생하는 흐름변화를 무차원으로 표시하여 합류부 상하류 흐름특성의 연관성을 규명하였다.

국내의 수치모의 연구는 윤태훈 등(1998)은 실험 자료를 토대로 2차원 수리모형을 개발하고 수치모의를 통하여 합류 흐름을 지배하는 매개변수로 본류와 지류의 유량비와 합류각을 제시하였다. 김성훈(2004)은 1차원 모형인 HEC-RAS를 통하여 수리특성을 분석하였고, 실측한 유량과 수위, 지형측량자료, 수치지형도를 이용하여 수치해석망을 구성하였으며 2차원 SMS모델의 RMA-2를 이용하여 수리특성 분석을 시도하였다.

## 2. 이론적 배경

하천 합류부에서 정확한 수리학적 해석은 수로내 정확한 흐름현상 파악과 본류와 지류가 연결된 부분의

\* 정회원 · 수원대학교 일반대학원 토목공학과 석사과정 · E-mail : [vellado@gmail.com](mailto:vellado@gmail.com)

\*\* 정회원 · 수원대학교 일반대학원 토목공학과 석사과정 · E-mail : [zereisdn@naver.com](mailto:zereisdn@naver.com)

\*\*\* 정회원 · 수원대학교 일반대학원 토목공학과 박사과정 · E-mail : [stgate@korea.kr](mailto:stgate@korea.kr)

\*\*\*\* 정회원 · 수원대학교 공과대학 토목공학과 명예교수 · E-mail : [wsan@suwon.ac.kr](mailto:wsan@suwon.ac.kr)

정확한 이해를 위한 모의결과 도출을 위하여 매우 중요하다. 이를 위해 합류부의 힘의 관계를 나타내는 동역학적인 관계를 에너지 또는 모멘트 방정식을 이용하여 설명할 수 있다. 지금까지의 합류점의 모멘트 방정식은 모멘트 방향성분 변화량에 매우 민감하여 많이 이용되지 않고 있다. 상류로부터의 모멘트 분배, 특히 상류와 측면에서 연결된 부분에서의 모멘트 분배는 정의하기가 매우 어려웠다. 가장 많이 사용되는 에너지 방정식은 합류점의 상류와 하류사이의 에너지 관계를 단순화 한 방정식이다. 합류점에서의 지배방정식을 살펴 보기 위하여 가장 많이 사용되는 에너지 방정식과 모멘트 방정식을 검토하였다.

## 2.1 에너지 방정식

합류점에서 흐름의 수리학적 설명은 상류와 하류 단면사이에 에너지 방정식과 합류점의 연속방정식으로 표현한다.

에너지 방정식은 식 (1)과 같다.

$$+ gh_i + gZ_i = \frac{dv}{dt} dx + \frac{V_0^2}{2} + gh_0 + gZ_0 + gh_f \quad (1)$$

합류점에서의 연속방정식은 식 (2)와 같다.

$$Q_i - Q_0 = \frac{ds}{dt} \quad (2)$$

## 2.2 모멘트 방정식

하류에서 모멘트의 합계는 상류로부터의 모멘트의 합계와 동일한 것이며, 합류부에서의 모멘트 방정식은 지배단면에서의 모멘트 보전을 이용하여 식 (3)과 같다.

$$F_x = \sum_{cs} V_x \rho \vec{V} A + \frac{d}{dt} \int_{cv} V_x \rho d\bar{V} \quad (3)$$

## 3. 수리모형실험

### 3.1 수리모형실험 장치

합류부에서의 흐름 특성 및 하상변동 특성 분석을 위한 수리모형실험을 위한 실험 장치는 본류 실험수로의 길이 7.0 m, 폭 1.0 m, 높이 0.5 m, 경사는 1/1000 이며, 지류수로는 본류의 유입부 2.5 m 지점에 본류와 지류의 하폭비 2:1, 1/1000 경사로 합류각 45°의 형태로 제작하였다. 또한 최근 관심을 끌고 있는 본류를 준설하는 경우 본류와 지류의 하상고 차이에 따른 수리특성의 변화를 분석하기 위해 본류의 하상고를 지류보다 5 cm, 10 cm 낮게 설치한 후 실험을 수행하였다.



그림 3.1 합류부 실험수로 및 측정지점

### 3.2 수리모형실험 결과

지류가 있는 경우 즉, 합류부가 있는 수로에 대한 실험을 실시하기 위하여 1 m폭의 본류수로의 유입부 2.5 m 지점에 합류폭 50 cm의 크기로 45° 합류각이 되도록 모형수로를 설치한 후 실험을 수행하였다.

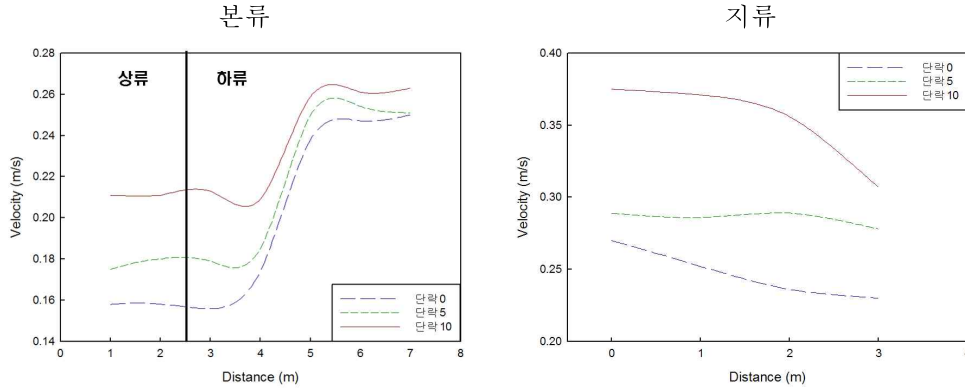


그림 3.2 45° 합류부 수리모형실험 유속분포

그림 3.2는 45° 합류부를 가진 수로의 본류와 지류의 유속분포를 그래프로 나타낸 것이다. 그래프에서 보는바와 같이 본류와 지류의 하상고 차이가 커질수록 본류유속이 점차 증가하며, 본류 수로에서 합류점을 지나게 되면서 유속이 약간 감소한 후 급격히 증가하는 것을 알 수 있었다. 지류 수로 에서는 하상고 차이가 커질수록 전체적인 유속은 증가하지만 합류점 부근으로 갈수록 본류의 배수위 영향으로 유속이 감소하는 경향을 나타내고 있다.

## 4. 수치모의

### 4.1 2차원 수치모형의 개요

하천 합류부에서의 수리학적 흐름특성 변화는 합류부 부근의 합류형태와 본류와 지류의 수문조건에 따라서 변화된다고 가정하고 분석을 위한 합류형태에 관한 변수로는 본류 하상고와 지류하상고의 단락차이를 선정하였고, 수문조건으로는 본류와 지류의 유량비를 선정하였다. 수치모의 결과에 대한 고찰 인자로는 합류점 부근의 전체적인 유속분포와 본류수로의 특정 지점에서의 유속변화를 설정하였다.

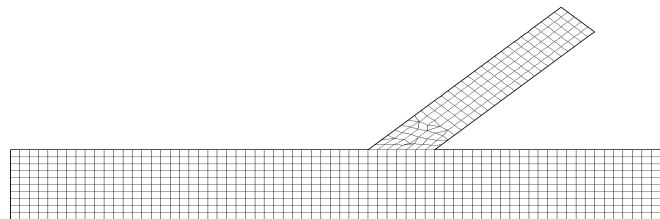
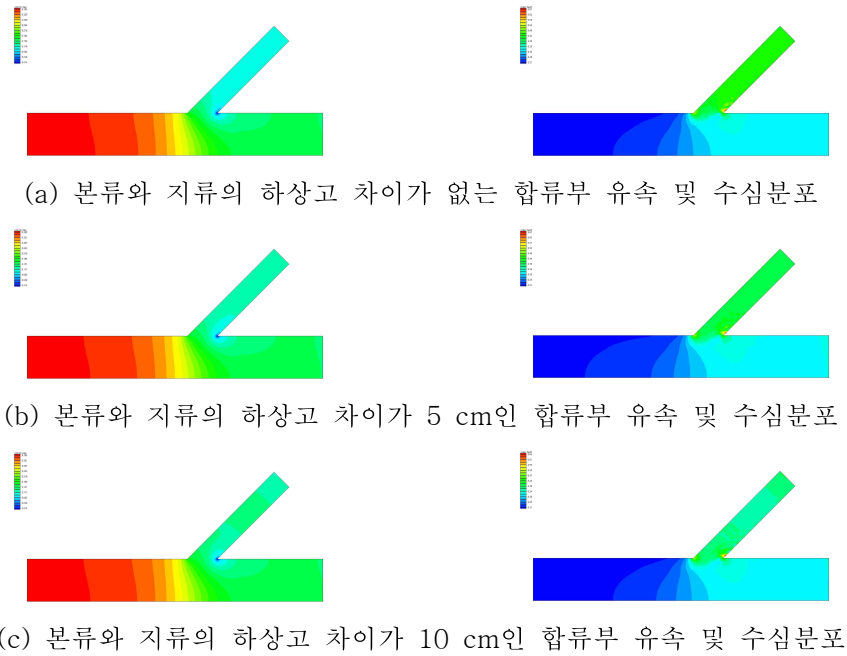


그림 4.1 수치모의 격자망 구성

수치모의에 대한 경계조건은 수리모형실험 결과를 기초로 하였으며 본류유량은 0.0486cms, 지류유량은 0.0243cms, 조도계수는 0.023, 하류단 경계수위는 0.2m로 산정하였다.

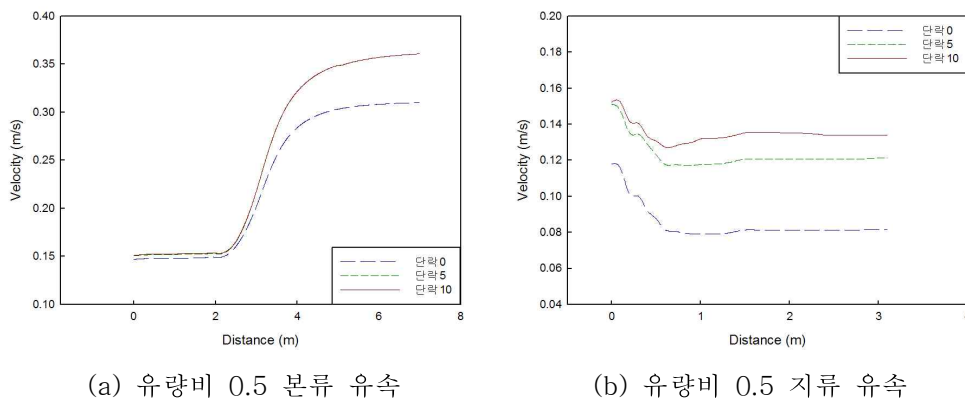
### 4.2 합류각 45° 수치모의

하천 합류부의 수리학적 흐름특성 분석을 위해 합류각 45° 수로에 대하여 본류와 지류의 유량비 및 하상고 차이에 대한 수치모의를 수행하였다.



**그림 4.2 45° 합류부 본류와 지류의 하상고 차이에 따른 유속 및 수심분포**

본류와 지류의 합류각도가 45°인 가상수로에 대하여 본류와 지류의 유량비 1:0.5인 경우 본류와 지류의 하상고 차이에 따른 유속 및 수심을 검토한 결과 그림 4.2와 같다. 그림 4.3에 하상고 차이에 따른 RMA2 모의 결과로 산정된 본류와 지류의 유속분포 그래프를 도시 하였다. 유량비가 1:0.5인 경우 하상고 차이에 관계 없이 전체적인 유속은 0.07 ~ 0.37 m/s의 분포를 보이고 있다.



**그림 4.3 45° 합류부 본류와 지류의 하상고 차이에 따른 본류와 지류의 유속**

## 5. 결론 및 고찰

본 연구에서는 자연하도 합류부의 수리학적 특성을 파악하기 위하여 45° 합류각을 가진 실험수로에서 수리모형실험을 실시하고, 2차원 SMS모형의 RMA2 모듈을 이용한 수치해석을 실시하였다. 연구를 위하여 본류와 지류가 만나는 합류부를 지닌 가상수로에서 합류부 부근의 각종 수리학적 특성 파악과 최근 대두되고

있는 본류를 준설함에 따라 발생하는 본류와 지류의 하상고 차이에 따른 합류부의 흐름특성 검토결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

45° 합류부 수리모형실험 수행결과 본류와 지류의 하상고 차이가 커질수록 본류 유속의 증가폭은 미미하지만, 지류유속의 경우 급격히 증가하는 경향을 보이고 있다.

또한 본류와 지류의 하상고 차이에 따른 수리특성 분석 결과 본류와 지류의 하상고 차이가 커짐으로 인해 최대 유속값 에는 영향을 미치지 못하지만, 본류에서 최대 유속의 발생 지점이 합류부 하류쪽으로 점차 이동되는 것을 확인하였다. 반면 지류에서는 하상고 차이가 커짐에 따라 지류의 전체적인 유속이 증가하고, 합류점 부근의 정체구간의 범위는 작아지는 경향을 보여주었다. 이는 지류의 하상고 차이가 커짐으로 인해 본류흐름에 의한 배수위 효과가 적게 발생되기 때문이라고 판단되었다. 특히 본류와 지류가 만나는 접속부 정체구역에서 유속의 급격한 감소로 인해 수심이 증가할 것으로 판단이 되는데, 안정적인 하도상태 유지를 위해 본류와 지류의 접속부에 대한 적절한 대책이 수립되어야 할 것이다.

향후 다양한 합류각도에 대한 수리모형실험을 수행하고 합류부에서의 유사이송특성을 분석 한다면 더욱 신뢰도 높은 연구 결과를 얻을 수 있을 것이라 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. 건설교통부(2005), 수자원장기종합계획(보완)
2. 김기형, 최계운(2006), 수리모형을 이용한 평창강 합류구간의 횡단면 수위차 분석, 한국방재학회 논문집, 제6권 4호, pp. 57~65
3. 박용섭(2003), 합류부에서 유량 및 접근각도 변화에 따른 수리학적 특성 분석, 박사학위논문, 인천대학교
4. 우효섭(2001), 하천수리학, 청문각
5. 윤태훈, 정의택, 박종석(1998), 2차원 수치모형에 의한 합류흐름 해석, 한국수자원학회논문집, 제 31권 제 5호, pp. 529~538
6. 이원환(1999), 하천공학, 동명사
7. 최계운, 김영규, 김기형(2004), 90° 합류부를 지닌 수로에서 교각 위치에 따른 하상변동, 한국수자원학회논문집, 제 37권 제9호, pp. 781~787
8. Lin, J. D and Soong, H. K.(1979), Junction Losses in Open Channel Flows, Water Resources Research, Vol 15, No 2, pp. 414~418
9. <http://ngi.go.kr/>
10. <http://www.wamis.go.kr>