

# 합류부에 도류제 설치에 따른 흐름 개선효과에 관한 실험적 연구 An Experimental Study on the Change of Hydraulic Characteristics by the Training Wall

최계운\*, 채신애\*\*, 장연규\*\*\*, 황영만\*\*\*\*

Choi, Gye Woon · Chae, Sin Ae · Chang, Yun Gyu · Hwang, Young Man

## 요 지

하천의 본류와 1개 이상의 지류가 만나는 합류부에서는 본류 흐름과 지류 흐름이 충돌함에 따른 흐름 정체가 빈번하게 일어난다. 이로 인하여 태풍이나 집중호우 시 유속저하와 수위증가로 통수능이 크게 저감되어 홍수피해위험이 크게 증가하는 경향을 보인다. 도류제는 흐름의 원활한 소통을 위하여, 흐름방향을 조정해주는 인공구조물로서 수계의 한 종류이며, 합류부에서의 흐름 정체현상을 해소할 수 있는 한 방법으로 알려져 있으나, 국내에서는 도류제의 적용이 주로 해안의 사빈방지 등에 이루어지고 있으며, 하천의 합류부에서의 적용사례를 찾아보기는 힘들다. 이 연구에서는 본류와 지류가 만나는 합류구간을 지닌 자연형 사행하천을 대상으로 한 수리모형 실험장치를 이용하여, 도류제의 합류부의 흐름개선 효과를 분석하였다. 수리모형실험의 조건은 도류제 설치 전·후, 도류제 길이 변화에 따라 구성되었으며, 실험결과 도류제의 설치는 본류흐름, 지류흐름, 합류 후 흐름의 수위, 유속, 흐름방향 등의 흐름 특성을 변화시켰다. 특히, 실험조건에 따라 하도의 통수능 증대효과가 다르게 나타났으며, 도류제 설치길이에 따른 변화를 확인하였다.

본 연구 결과를 통해 하천 합류부에 도류제 등의 홍수저감시설을 적용할 시 합류부의 수위 및 유속 등의 수리특성 변화를 예측함으로 합류부 흐름개선을 위한 하천개수계획 등에 유용한 자료로 활용될 것으로 사료된다.

**핵심용어 : 합류부, 도류제, 투수성, 홍수피해, 수리모형실험**

## 1. 서론

자연 상태의 하천은 유역 내 지형조건에 따라 복잡한 하천망을 구성한다. 따라서 단순히 유량 이송을 위한 인위적인 수로와는 형태 및 특성에 큰 차이가 있다. 자연 상태의 하천은 단일 하천이 아닌 몇 개의 지천이 만나는 복잡한 형태의 망상하천으로 구성되어 있으므로 전체 하천망 시스템을 일체적으로 해석하는 일은 매우 어려운 문제이다. 특히, 하천과 하천이 만나는 합류부에서의 흐름은 합류부를 중심으로 상,하류에 영향을 주게 된다.

본류와 지류가 만나는 합류부에서는 태풍이나 집중호우로 인한 홍수 유출량 증가 시에 홍수위와 유속, 유량 및 배수효과 등과 같은 수리학적 특성이 매우 민감하게 나타나므로 하천의 기능을 안정적으로 유지하기 위하여 하천의 개수나 설계는 물론 유지 관리 시에는 반드시 합류부의 수리학적 특성을 세심하게 검토하고 연구하여 적용할 필요가 있으나, 이에 대하여 많은 연구가 이루어지지 않은 실정이다.

\* 정회원 · 인천대학교 토목환경공학과 교수 · E-mail : gyewoon@incheon.ac.kr  
\*\* 정회원 · 인천대학교 토목환경공학과 박사과정 · E-mail : youngm@mopas.go.kr  
\*\*\* 정회원 · 인천대학교 토목환경공학과 박사과정 · E-mail : ravage@incheon.ac.kr  
\*\*\*\* 정회원 · 인천대학교 토목환경공학과 석사과정 · E-mail : csa0614@nate.com

특히, 홍수피해위험을 저감하기 위해서 합류부 내에 도류제를 설치 할 때의 시설물 설치 효과와 합류부 내 흐름의 수리학적 특성 변화에 대한 연구는 미미한 상태이다.

본 연구에서는 도류제 설치에 따른 합류부 내 흐름의 수리학적 특성 변화를 살펴보기 위하여, 강원도 영월읍 지역에 위치하는 남한강과 평창강 합류부를 대상으로 모형을 제작하여 고정상 수리 모형실험을 실시함으로써 자연상태의 하천의 합류부 흐름특성과 도류제 설치 전·후의 유속, 수위 등의 수리학적 특성 변화를 연구하였다.

## 2 실험장치의 설계 및 설치

실험의 모형은 영월지역의 남한강과 평창강의 합류부인 실제하천을 대상으로 제작되었다. 실험 모형은 실험대상 구간인 강원도 영월지역의 남한강과 평창강이 만나는 합류부를 포함한 6km, 평창강 1.2km 구간으로 하여 수평방향 1/200, 수심방향 1/66.7의 축척을 적용하였으며 왜곡도가 3인 왜곡모형으로 제작되었다. 통상적으로 모형의 축척은 실험의 목적, 실험대상의 지형 및 수리적 특성 등을 고려하여 모형과 원형과의 상사성을 만족시키고, 수리모형의 제작 및 경제적 여건, 실험장의 부지와 측정의 용이성 등을 고려하여 결정하게 되는데, 이 실험에서 활용가능한 실험부지의 면적을 감안하여 수평방향 축척은 1/200로 하였으며, 왜곡도가 없는 정상모형인 경우, 발생하는 수심이 너무 작아 측정기기에 의한 수심, 유속 등의 측정이 어려우며, 원형의 조도가 0.03~0.035의 범위일 때 모형의 조도는 0.014~0.016의 범위로 현실적으로 모형의 제작이 거의 불가능하기 때문에 1/200의 축척에 대하여 모형에서 측정을 위한 최소한의 수심을 유지할 수 있는 수심방향 축척을 1/66.7으로 왜곡도 3의 모형을 제작하였다.



그림 1. 수리모형실험장 전경



그림 2. 합류점의 형상과 폭의 길이

제작된 모형수로의 총 연장은 42m이며 수로를 구성하는 단면의 폭은 1m~5m로 다양하게 변화되고 있다. 이 연구를 위한 측정 단면의 폭은 본류의 폭이 2m, 지류의 폭이 1.6m이며, 합류부의 폭이 3m다. 본류와 지류의 합류각은 모형의 최심하상고를 기준으로 78°~97°범위로 거의 90°에 가깝다. 선행된 문헌연구에서의 합류각 60°이상이고 그 각이 클수록 도류제의 설치효과가 크게 나타난다는 수치모형실험결과와 자연상태에서 조성된 모형의 대상지역의 특성을 고려하여, 도류제 설치에 따른 실험효과를 예상할 수 있도록 구성되었다.

## 3 실험결과의 분석

### 3.1 수위저감 효과

본류, 지류, 합류 후 흐름에 대한 고정상 실험을 통하여 도류제 설치 전·후와 도류제 길이 변화에 따른 수위 특성을 분석하였다. 도류제를 설치 전·후를 비교한 결과 도류제를 설치함으로써 합류부에서 발생하는 와류 현상을 저감시켜 본류, 지류, 합류 후 흐름에서 수위 감소가 타났다. 그림 3은 도류제 설치 전·후에 따른 수위 변화를 나타낸다.

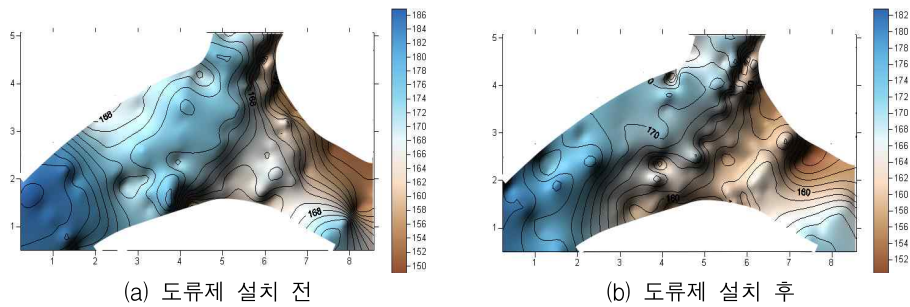


그림 3 도류제 설치 전·후에 따른 합류부 수위 변화

도류제 길이를 3.2m 2.4m 1.6m로 변화를 주어 설치한 경우 3.2m 도류제를 설치 하였을 때 가장 큰 수위 감소 효과가 나타났다. 그림 4는 도류제 길이 변화에 따른 수위변화 그래프를 나타내며, 표 1은 도류제 길이 변화에 따른 수위 비교를 나타낸다.

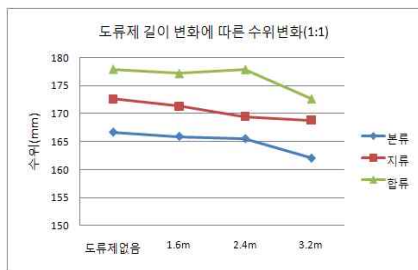


그림 4 도류제 길이 변화에 따른 수위변화

표 1 도류제 길이변화에 따른 수위비교 (단위: mm)

구분	도류제 미설치	도류제 3.2m	도류제 2.4m	도류제 1.6m	비교
본류 평균	166.65	162.04	165.50	165.91	
지류 평균	172.64	168.84	169.47	171.31	
합류 평균	177.91	172.64	177.89	177.15	
전체 평균	171.95	167.29	170.78	171.08	

### 3.2 유속증대 효과

도류제를 설치 전·후의 유속 특성을 비교한 결과 도류제를 설치하는 경우에 유속 증가가 크게 나타났다. 그림 5는 도류제 설치 전·후에 따른 유속변화를 나타낸다.

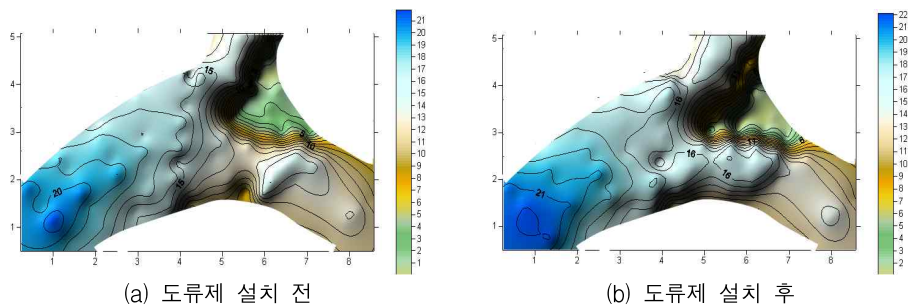


그림 5 도류제 설치 전·후에 따른 합류부 유속 변화 (유량비 1:1)

도류제 길이 변화에 따른 유속 측정 결과 도류제 길이 3.2m의 경우 본류, 지류, 합류 후 흐름에서 가장 큰 유속 증가가 나타났다. 이는 도류제를 설치 함으로서 통수구간이 증대하기 때문이며, 그림 5는 도류제 길이변화에 따른 유속변화를 나타내며 표 2는 도류제 길이변화에 따른 유속비교를 나타낸다.

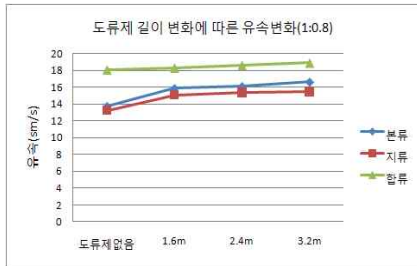


그림 6 도류제 길이 변화에 따른 유속변화

표 2 도류제 길이변화에 따른 유속비교(유량비 1:1)(단위: cm/s)

구분	도류제 미설치	도류제 3.2m	도류제 2.4m	도류제 1.6m	비고
본류 평균	13.27	15.46	15.99	15.32	
지류 평균	15.27	15.64	15.73	15.28	
합류 평균	18.83	19.33	18.85	18.39	
전체 평균	15.47	16.67	16.32	15.76	

#### 4. 결론

본 연구는 합류부내 도류제를 설치하여 본류, 지류 및 합류 후 흐름 특성 변화를 수리모형실험을 통하여 분석하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 합류부내 도류제를 설치하는 경우 수위저감 효과가 있으며 도류제 길이는 설치 이전 본류와 지류의 합류점까지 길어질수록 본류 및 지류의 수위는 저감되고 유속은 증가하는 것으로 나타나, 도류제 길이는 최소한 합류점까지로 결정하는 것이 그 효과를 극대화할 것으로 판단되었다.

둘째, 도류제등의 홍수저감시설을 설치할 때 합류부의 수위 및 유속의 수리특성 변화를 예측함에 있어 유용한 자료로 활용될 것으로 사료된다.

향후 합류부의 각도변화와 도류제의 위치 및 다양한 형상과 재질 등을 이용한 연구가 이루어진다면 하천 합류부의 홍수 피해 저감 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. 김기형(2004), “수중구조물 상태에 따른 하도흐름의 실험적 연구” 인천대학교 박사학위논문.
2. 박용섭(2003), “합류부에서 유량 및 접근각도 변화에 따른 수리학적 특성분석”, 인천대학교 박사학위논문.
3. Taylor, E. H. (1944), Flow Characteristics at Rectangular Open-Channel Junctions, Transactions No. 109, ASCE, pp. 893-902.
4. Ramamurthy, A. S., Carballada, R. and Tran, D. M. (1988), Combining Open Channel Flow at Right Angled Junctions, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 114, No. 12, ASCE, pp. 1449-1460.
5. Culverts. HDS No. 5, Federal Highway Administration (FHWA), USA.
- 8 Norman, J.M., Houghtalen, R.J., and Johnston, W.J. (2001). Hydraulic design of highway culverts. FHWA-NHI-01-020, HDS No. 5, Federal Highway Administration(FHWA), USA.