

# FLOW-3D를 이용한 도류벽식 어도내의 흐름해석

## Flow Analysis in the Baffled Fishway using FLOW-3D

최수형\*, 김서준\*\*, 임윤성\*\*\*, 윤병만\*\*\*\*

Soohyoung Choi, Seojun Kim, Yoonsung Lim, Byungman Yoon

### 요 지

최근 자연형하천 조성사업과 하천복원 등을 목적으로 하천의 치수, 이수적인 기능뿐만 아니라 생태적인 기능을 고려한 하천설계를 위하여 많은 노력들을 하고 있다. 이와 같은 목적으로 하천의 생태적 통로가 단절되는 것을 막기 위해 하천 횡단 구조물인 보와 낙차공에 어도를 설치하고 있다. 하지만 현재 어도 설계는 어도내의 흐름특성을 정확히 고려하지 못하고 설계되어 어도 본래의 기능을 수행하지 못하는 경우가 많았다. 그 이유는 현장 상황에 따라 어도의 종류와 형태가 다양하게 설계되고 있는 것에 반해 이를 검토할 수 있는 방법이 수리실험으로 한정되어 있어서 어도내 흐름특성을 결정하기 어렵기 때문이다.

어도 설계를 위한 수리실험은 시간적, 공간적 및 경제적인 제약으로 인해 다양한 형태의 어도 조건과 수리조건을 검토하기에는 현실적으로 어려움이 있는 반면에 수치모의는 매개변수 결정에 어려움이 있지만 수리실험에 비해 다양한 형태와 수리조건에 대해 간편하게 흐름특성을 예측할 수 있는 장점이 있다.

따라서 본 연구에서는 어도 설계시 간편하게 어도내 흐름특성을 예측할 수 있도록 기존에 사용되고 있는 수리실험 결과와 수치모의 기법을 이용한 흐름해석 결과를 비교하여 보았다. 수치모의는 3차원 흐름모형인 FLOW-3D를 이용하였고, 어도 형태는 도류벽식 어도를 대상으로 수행하였다. 수행 결과 수리실험과 비교하여 수심별로 최대 13% 정도의 오차를 보이고 있으며, 최대유속 발생 지점을 비교한 결과 하폭의 6% 정도 오차를 보였다. 따라서 최종 설계 이전에 어도의 흐름특성을 예측하기 위한 방법으로 FLOW-3D를 사용하면 충분히 활용 가능할 것으로 판단된다.

**핵심용어** : 도류벽식 어도, Flow-3D, 유속분포

### 1. 서 론

최근 자연형하천 조성사업과 하천복원 등을 목적으로 하천의 치수, 이수적인 기능뿐만 아니라 생태적인 기능을 고려한 하천설계를 위하여 많은 노력들을 하고 있다. 이에 하천의 생태적 기능이 단절되는 것을 막기 위한 방법으로 하천 횡단 구조물인 보와 낙차공에 어도를 설치하여 생태통로로써 사용하고 있다. 하지만 현재 어도 설계는 대상 지역의 어류특성을 정확히 고려하지 못하고 설계되어 어도 본래의 기능을 수행하지 못하는 경우가 많았다.

하천설계기준(2005, 한국수자원학회)에서는 대상어종의 범위를 회유성 어류이외에 하천에 서식하는 모든 어종이 산란기뿐만 아니라 연중 소상하는 특성을 가지므로 이러한 물고기의 생태적 특성을 고려하여 어도가 조성되도록 제시되어 있다. 하지만 물고기의 생태적 특성을 파악하기 위한 기준이 대부분 국외 어종을 대상으로 실험한 국외의 실험결과로 국내 어종에 적용하는데 어려움이 있을 뿐만 아니라 어도내의 흐름특성을

\* 정회원·명지대학교 토목환경공학과 석사과정 E-mail: soolovego@hanmail.net

\*\* 정회원·명지대학교 토목환경공학과 박사과정 E-mail: seojuny@paran.com(공동저자)

\*\*\* 정회원·명지대학교 토목환경공학과 석사과정 E-mail: heyoops@hanmail.net

\*\*\*\* 정회원·명지대학교 토목환경공학과 교수 E-mail: bmyoon@mju.ac.kr

과약하기 위한 방법에 대한 연구가 부족하여 현재 수리실험을 수행하는 방법 외에 명확한 방법이 제시되지 못하고 있다. 지금까지 어도에 관한 연구는 주로 수리실험과 현장조사를 통해 수행되었다. 박상덕(1996)은 계단식 어도와 도류벽식 어도에서 송어, 연어, 은어, 산천어에 대해 어도 능력평가를 위한 수리실험을 수행하였고, 김동하 등(2001)은 현장에 설치된 어도에서 회유성 어류에 대한 소상효과를 조사하고 분석하여 어도가 설치된 하천의 특성과 회유성 어류의 생태특성을 고려한 어도 설계와 유지관리에 필요한 기초 자료를 제공하였다. Minnan(2006), S. Wu(1999)는 수리실험을 통하여 어도 내의 흐름특성을 분석하였다. 이와 같은 수리실험은 시간적, 공간적, 경제적인 제약으로 인해 다양한 형태의 어도 조건을 검토하기에는 현실적으로 어려움이 있기 때문에 어도내 흐름 특성을 과약하기 위해 수치모의 기법의 활용이 요구된다. 수치모의 기법은 매개변수 결정에 어려움이 있기는 하지만 수리실험에 비해 다양한 형태와 수리조건에 대해 간편하게 흐름특성을 예측할 수 있는 장점이 있으므로 수리실험의 한계를 극복 할 수 있는 최선의 방법이다.

최근 백경오와 안성식(2008)은 HEC-RAS를 이용한 어도내 1차원 흐름해석과 RMA-2를 이용한 2차원 흐름해석을 수행하였고, Cea(2007)는 Vertical slot식 어도에 대해 수치모의의 적용성을 검토하는 등 수치모의를 이용한 어도내 흐름특성 분석이 수행되어 적용 가능성을 확인하였다. 하지만 어도내의 흐름이 복잡하여 1차원, 2차원 수치모의로는 한계가 있기 때문에 본 연구에서는 도류벽식 어도를 대상으로 수리실험과 FLOW-3D 수치모형을 이용한 3차원 수치모의를 수행하여 어도내 유속분포를 비교 및 평가하여 보았다.

## 2. 실험방법

### 2.1. 수리실험장치

본 실험에서 사용한 수리실험장치는 그림 1(a)과 같은 길이 25m, 높이 0.8m, 폭 0.8m의 개수로 실험장치를 이용하였고, 개수로 실험장치 중앙에 0.45m×0.007m×0.4m의 도류벽을 0.5m 간격으로 5개 배치하였다(그림 1(b)).



(a)개수로 실험 장치



(b)어도 설치 후

그림. 1 개수로 실험 장치 및 어도 설치

### 2.2. 실험조건

수리실험 조건은 개수로 실험장치의 조건을 고려하여 최대 유량 조건인 46 l/s일 경우에 대해 표.1과 같이 수행하였으며, 수치모의 조건은 수리실험과 동일한 조건에 대해 수행하였다.

표. 1 수리실험 및 수치모의 조건

유량(l/s)	접근유속(m/s)	수심(m)	
		상류	하류
46	0.16	0.35	0.053

5개의 도류벽 중 수리실험과 수치모의 비교 구간은(그림 1(b))에서와 같이 어도내 흐름특성을 대표할 수 있는 ②번 도류벽에서 ④번 도류벽 사이로 정하여 분석을 하였다.

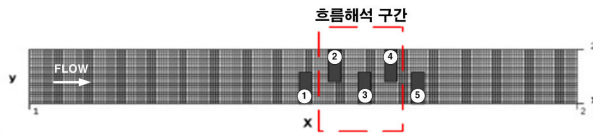


그림 2. FLOW-3D 격자 망

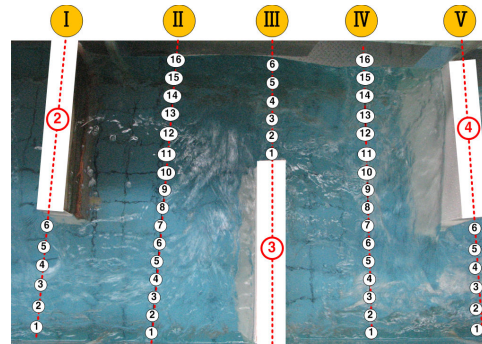


그림 3. 유속측정 지점

### 3. 실험결과

#### 3.1. 유속 분포 비교

수리실험과 3차원 수치모의의 유속분포 결과 비교는 그림 3과 같이 어도내 5측선을 정하여 수행하였고, 측 유속측정 결과 비교는 그림 4와 같이 수심방향으로 바닥과 중앙 수표면으로 나누어 분석하였다. 수리실험과 수치모의 결과 I, III 및 V번 측선인 도류벽 중앙의 유속분포는 접근유속의 13%정도 나타났으며 이는 조도 계수 결정에 따른 영향으로 판단된다. II번과 IV번 도류벽 사이 구간의 측점 시작과 끝부분에서 발생하는 유속의 차이는 도류벽에 부딪히는 흐름 때문으로 판단된다.

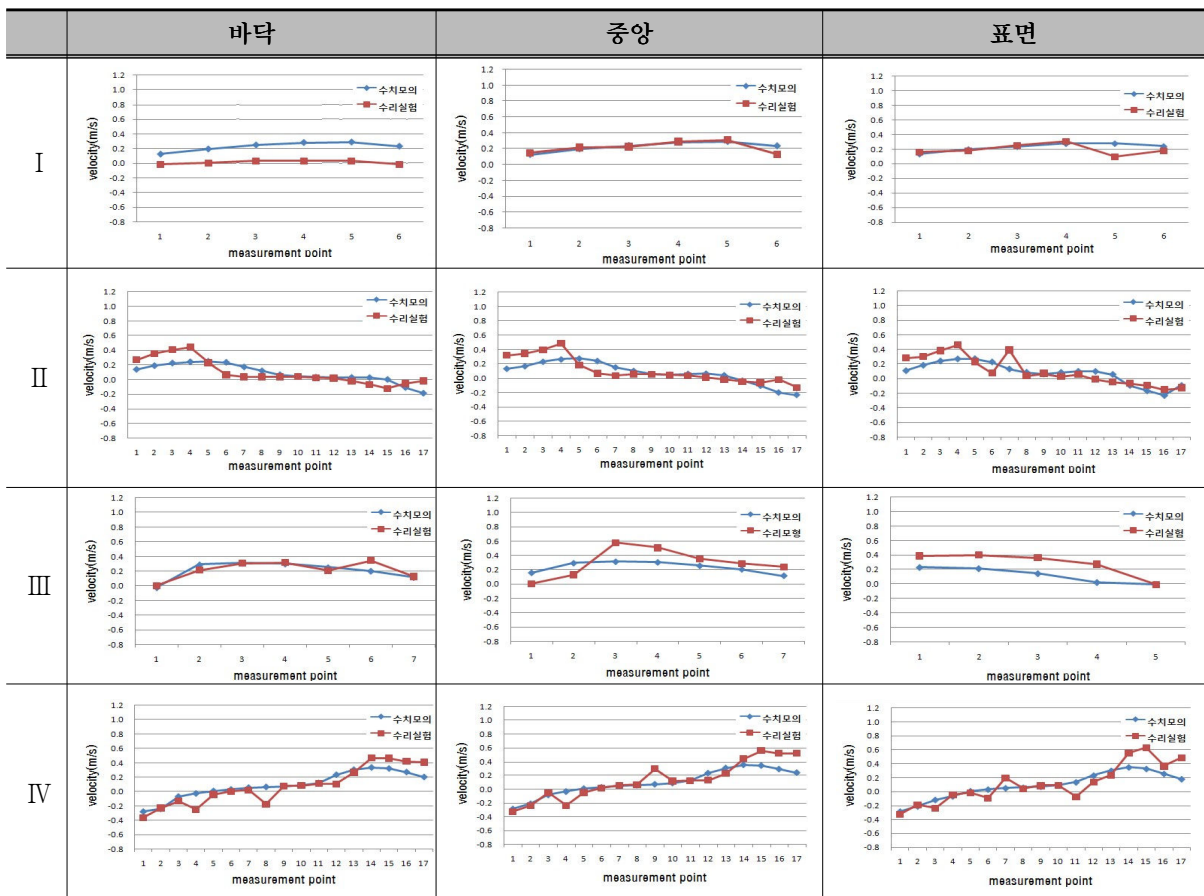


그림 4. 수리실험과 수치모의 유속 분포 비교

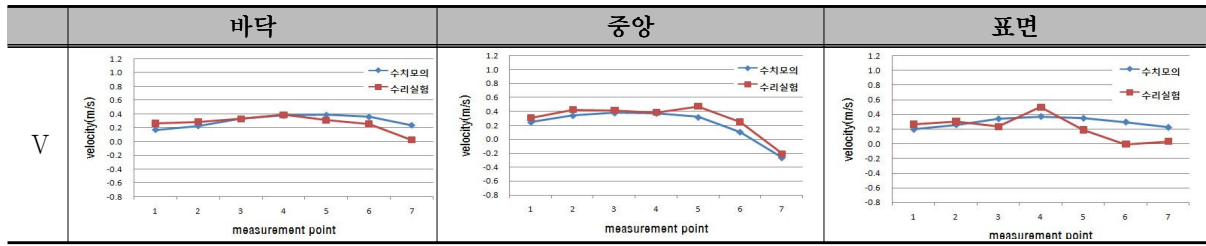


그림 4. 수리실험과 수치모의 유속 분포 비교(계속)

### 3.2. 최대 유속선 비교

어도내 최대 유속 발생 지점을 비교하여 보았다. 최대 유속 발생 지점은 그림 5와 같이 수심별 유속분포가 수리실험과 수치모의의 결과가 유사한 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다. 발생 지점간의 오차는 약 6%로 확인하였다.

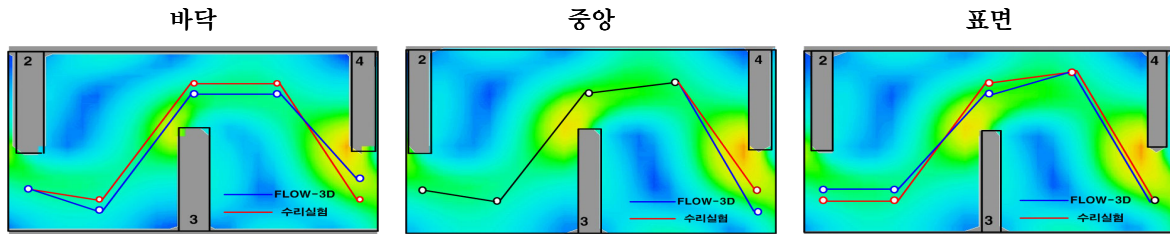


그림 5. 수리실험과 수치모의 유속 분포 비교

## 4. 결론

본 연구에서는 도류벽식 어도내의 흐름특성을 수리실험과 FLOW-3D 모형을 이용한 수치모의를 통하여 비교 분석하였다. 도류벽이 설치된 중앙부에서는 수심별로 최대 13% 정도 차이를 보였으며, 도류벽과 도류벽 사이 구간에서는 도류벽에 의한 흐름 집중 현상에 의하여 측정 시작부분과 끝부분에서 다소 차이가 발생하였지만 최대 오차가 20%로 비교적 유사한 것으로 확인되었다. 또한 최대 유속 발생 지점을 비교한 결과 최대 6%의 오차를 보였으며 최대 유속의 발생 지점은 유사한 것으로 분석되었다. 따라서 향후 다양한 어도 조건에 대해 모의를 수행하여 검증한다면 어도내 흐름특성 예측시 FLOW-3D의 적용이 가능 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원 건설기술혁신사업 연구비지원(06건설핵심B01)에 의해 수행되었습니다.

## 참고 문헌

- 백경오, 안성식(2008). “ 효율적인 어도설치를 위한 흐름해석:왕속천을 대상으로”. 한국수자원학회 학술발표대회 논문집 pp 2100~2104
- 한국수자원학회(2005) “하천설계기준”
- L. Cea, L. Pena, J. Puertas, M.E. Vazquez-Cendon, E. Pens(2007) "Application of Several Depth-Averaged Turbulence Models to Simulate Flow in Vertical Slot Fishways" J. of Hydraulic, ASCE, pp.160-172
- Minnan Liu, Nallamuthu Rajaratnam, David Z. Zhu(2006) "Mean Flow and Turbulence Structure in Vertical Slot Fishways" J. of Hydraulic, ASCE, pp.765-777
- S. Wu, N. Rajaratnam, C. Katopodis(1999) "Structure of Flow in Vertical Slot Fishway" J. of Hydraulic, ASCE, pp.351-360